Sônia Lopes
Sergio Rosso
Editor responsável:
Fabio Martins de Leonardo

MODERNA SUPERAÇÃO!

BIOLOGIA

MANUAL DO PROFESSOR



VOLUME ÚNICO

ENSINO MÉDIO

Área de conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente curricular:
Biologia

MODERNA

Sônia Lopes

Bacharela e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo. Licenciada em Ciências pela Universidade de São Paulo. Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo. Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Professora aposentada do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Sergio Rosso

Licenciado em Ciências pela Universidade de São Paulo. Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo. Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo. Professor aposentado do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Editor responsável:

Fabio Martins de Leonardo

Licenciado em Matemática pela Universidade de São Paulo. Editor.

MODERNA SUPERAÇÃO!

BIOLOGIA

VOLUME ÚNICO

ENSINO MÉDIO

Área de conhecimento: Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Componente curricular: Biologia

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição
São Paulo, 2024

MODERNA

Elaboração de originais:

Fernanda Pardini Ricci
Bacharela e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo. Mestra em Educação pela Universidade de São Paulo. Editora e educadora.

Susana Sarmiento
Bacharela em Comunicação Social pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (SP). Jornalista.

Organização dos objetos digitais: Pâmela Castro

Elaboração dos objetos digitais: Fabio Martins de Leonardo, Glaucia Teixeira

Edição executiva: Fabio Martins de Leonardo, Glaucia Teixeira
Edição de texto: Marcia M. Laguna, Flávio Gomes-Silva, Gabriela Torres, Júlia Lago Matsui, Otávio Augusto de Oliveira, Pâmella Simões T. de Oliveira
Assistência editorial: Edna G. Santos, Ludmila Raggi
Preparação de texto: Malvina Tomáz
Gerência de planejamento editorial e revisão: Maria de Lourdes Rodrigues
Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero, Mônica Rodrigues de Lima
Revisão: Ana Cortazzo, Cárita Negromonte, Leandra Trindade, Maristela Carrasco, Nancy H. Dias, Sirlene Prignolato, Tatiana Malheiro
Gerência de *design,* produção gráfica e digital: Patricia Costa
Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Bruno Tonel, Everson de Paula, Vinicius Rossignol
Capa: Everson de Paula, Paula Miranda Santos
Fotos: Adolescente executando manobras de skate. © Kseniya Bogdanova/Shutterstock
Coordenação de produção gráfica: Aderson Oliveira
Coordenação de arte: Mônica Maldonado, Wilson Gazzoni Agostinho
Edição de arte: Victor Slovac Avila
Editoração eletrônica: Teclas Editorial
Coordenação de pesquisa iconográfica: Flávia Aline de Morais
Pesquisa iconográfica: Luciana Vieira
Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Tratamento de imagens: Ademir Baptista, Ana Isabela Pithan Maraschin, Denise Feitosa, Vânia Maia
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Marcio H. Kamoto
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Lopes, Sônia
Moderna superação! biologia / Sônia Lopes, Sergio Rosso ; editor responsável Fabio Martins de Leonardo. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2024.

Obra em volume único do 1°, 2° e 3° anos do ensino médio.
Componente curricular: Biologia.
Área de conhecimento: Ciências da natureza e suas tecnologias.
ISBN 978-85-16-14047-2 (aluno)
ISBN 978-85-16-14048-9 (professor)

1. Biologia (Ensino médio) I. Rosso, Sergio. II. Leonardo, editor responsável Fabio Martins de. III. Título.

24-227381 CDD-570

Índices para catálogo sistemático:

1. Biologia : Ensino médio 570

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
Todos os direitos reservados.

EDITORA MODERNA LTDA.
Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Canal de atendimento: 0303 663 3762
www.moderna.com.br
2024
Impresso no Brasil

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

APRESENTAÇÃO

Conversando com você, estudante,

Estamos vivenciando um momento sem precedentes de integração mundial e de produção e fluxo de informação, promovidos principalmente pelo uso disseminado de tecnologias da comunicação. Nesse cenário, as contribuições das Ciências da Natureza e suas Tecnologias ganham ainda mais importância, trazendo novos dados acerca dos fenômenos naturais e novas interpretações daquilo que já conhecíamos, desvendando fronteiras tecnológicas cada vez mais amplas.

Diante dessa realidade, almejamos uma educação de qualidade amplamente acessível, pautada em dados científicos e no desenvolvimento de senso crítico, fornecendo instrumentos para que você faça escolhas conscientes a fim de melhorar a sua qualidade de vida e a das demais pessoas. Afinal, entender a natureza nos possibilita adotar posturas mais adequadas diante dos enormes desafios do mundo atual.

Por meio desta coleção, vamos analisar como a Biologia, Física e Química e suas tecnologias estão integradas na resolução de problemas reais. Nosso objetivo é que você encontre o estímulo para despertar seu olhar para a natureza de modo crítico, analítico, ético e responsável. Para isso, selecionamos temáticas atuais e relevantes que serão abordadas à luz dessas ciências ao longo de cada uma das unidades. Com essas escolhas, procuramos valorizar o desenvolvimento de competências e habilidades fundamentais para sua formação como indivíduo e cidadão de um mundo em constante transformação.

Assim, convidamos você a desfrutar do prazer de entender a natureza, de fazer parte dela e desvendar sua beleza.

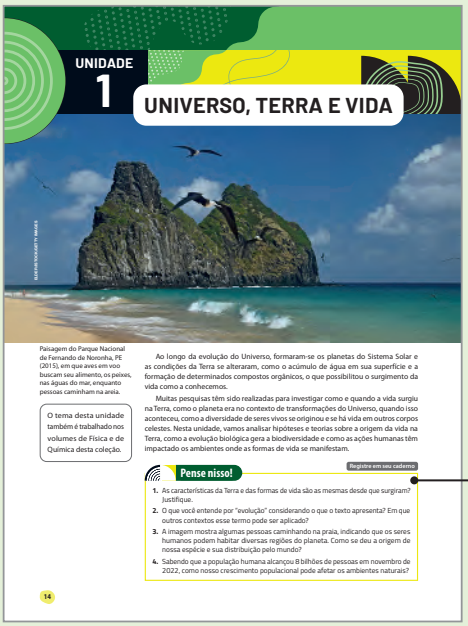
Com carinho,

Os Autores.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONHEÇA SEU LIVRO

Este volume está dividido em seis unidades temáticas, cada uma com quatro capítulos que abrangem diferentes tópicos e seções. Entenda, a seguir, a estrutura do seu livro e como cada parte dele pode auxiliar o seu processo de aprendizagem.


UNIDADE 1

UNIVERSO, TERRA E VIDA

Paisagem do Parque Nacional da Fernando de Noronha, PE (2015), em que aves em voo buscam seu alimento, os peixes, nas águas do mar, enquanto pessoas caminham na areia.

O tema desta unidade também é trabalhado nos volumes de Física e de Química desta coleção.

Ao longo da evolução do Universo, formaram-se os planetas do Sistema Solar e as condições da Terra se alteraram, como o acúmulo de água em sua superfície e a formação de determinados compostos orgânicos, o que possibilitou o surgimento da vida como a conhecemos.

Muitas pesquisas têm sido realizadas para investigar como e quando a vida surgiu na Terra, como o planeta era no contexto de transformações do Universo, quando isso aconteceu, como a diversidade de seres vivos se originou e se há vida em outros corpos celestes. Nesta unidade, vamos analisar hipóteses e teorias sobre a origem da vida na Terra, como a evolução biológica gera a biodiversidade e como as ações humanas têm impactado os ambientes onde as formas de vida se manifestam.

Pense nisso!

Registre em seu caderno

1. As características da Terra e das formas de vida são as mesmas desde que surgiram? Justifique.
2. O que você entende por "evolução" considerando o que o texto apresenta? Em que outros contextos esse termo pode ser aplicado?
3. A imagem mostra algumas pessoas caminhando na praia, indicando que os seres humanos podem habitar diversas regiões do planeta. Como se deu a origem de nossa espécie e sua distribuição pelo mundo?
4. Sabendo que a população humana alcançou 8 bilhões de pessoas em novembro de 2022, como nosso crescimento populacional pode afetar os ambientes naturais?

14

Abertura de unidade

A imagem (ou composição de imagens) e o texto proporcionam contextualização atual relacionada à temática da unidade, convidando você a refletir.

As questões do boxe **Pense nisso!** ajudam a estabelecer relações entre o que você já sabe e o que será estudado na unidade.


Capítulo 24

Biotecnologia

A

B

Em **(A)**, peças de roupas feitas com algodão naturalmente colorido. Em **(B)**, novas linhagens de algodão naturalmente colorido, oriundas do cruzamento entre as espécies *Gossypium barbadense* e *Gossypium hirsutum*. Nessas espécies, as plantas têm de 1 m a 3 m de altura.

Algodão naturalmente colorido foi desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na região de Campina Grande (PB), utilizando métodos tradicionais de melhoramento genético a partir da seleção e cruzamento de variedades selvagens de algodão. Com várias cores, esse tipo de algodão tem sido usado na confecção de roupas, redes, bolsas e outros materiais, gerando renda para famílias de assentados e outros agricultores familiares em estados do Nordeste brasileiro. Além dessas vantagens, esse tipo de algodão dispensa a tintura, que pode ser prejudicial ao meio ambiente, e, por não conter corantes, as roupas feitas com ele não causam alergias. Esse é um exemplo de como cientistas podem contribuir para o aprimoramento socioeconômico da população por meio da biotecnologia.

Além das técnicas tradicionais, a biotecnologia engloba processos laboratoriais cada vez mais sofisticados que permitem isolar e manipular genes de interesse, compondo a chamada Engenharia Genética ou Tecnologia do DNA recombinante. Exemplos já foram abordados de modo simplificado no capítulo anterior: a amplificação do DNA pela técnica da PCR e a identificação de pessoas por meio de seu material genético.

Neste capítulo, vamos abordar esses e outros aspectos da biotecnologia e de suas aplicações.

423

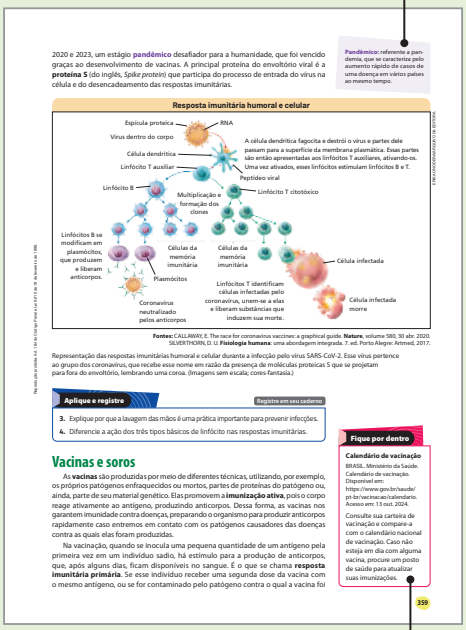
Abertura de capítulo

Texto e imagem que introduzem o assunto a ser estudado ao longo do capítulo.

Glossário

Significado de termos que talvez você ainda não conheça.

Os termos são destacados com uma cor diferente do texto e o significado é apresentado em um quadro de mesma cor.


2020 e 2023, um estágio **pandêmico** desafiador para a humanidade, que foi vencido graças ao desenvolvimento de vacinas. A principal proteína do envoltório viral é a **proteína S** (do inglês, *Spike protein*) que participa do processo de entrada do vírus na célula e do desencadeamento das respostas imunitárias.

Pandêmico: referente a pandemia, que se caracteriza pelo aumento rápido de casos de uma doença em vários países ao mesmo tempo.

Resposta imunitária humoral e celular

Epícrula proteica
Vírus dentro do corpo
Célula dendrítica
Linfócito T auxiliar
Linfócito B
RNA
A célula dendrítica fagocita e destrói o vírus e partes dele passam para a superfície da membrana plasmática. Essas partes são então apresentadas aos linfócitos T auxiliares, ativando-os. Uma vez ativados, esses linfócitos estimulam linfócitos B e T.
Peptídeo viral
Linfócito T citotóxico
Multiplicação e formação dos clones
Linfócitos B se modificam em plasmócitos, que produzem e liberam anticorpos.
Células da memória imunitária
Células da memória imunitária
Plasmócitos
Célula infectada
Célula infectada morre
Coronavírus neutralizado pelos anticorpos
Linfócitos T identificam células infectadas pelo coronavírus, unem-se a elas e liberam substâncias que induzem sua morte.

Fontes: CALLAWAY, E. The race for coronavirus vaccines: a graphical guide. **Nature**, volume 580, 30 abr. 2020. SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação das respostas imunitárias humoral e celular durante a infecção pelo vírus SARS-CoV-2. Esse vírus pertence ao grupo dos coronavírus, que recebe esse nome em razão da presença de moléculas proteicas S que se projetam para fora do envoltório, lembrando uma coroa. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Aplique e registre

Registre em seu caderno

3. Explique por que a lavagem das mãos é uma prática importante para prevenir infecções.
4. Diferencie a ação dos três tipos básicos de linfócito nas respostas imunitárias.

Vacinas e soros

As **vacinas** são produzidas por meio de diferentes técnicas, utilizando, por exemplo, os próprios patógenos enfraquecidos ou mortos, partes de proteínas do patógeno ou, ainda, parte de seu material genético. Elas promovem a **imunização ativa**, pois o corpo reage ativamente ao antígeno, produzindo anticorpos. Dessa forma, as vacinas nos garantem imunidade contra doenças, preparando o organismo para produzir anticorpos rapidamente caso entremos em contato com os patógenos causadores das doenças contra as quais elas foram produzidas.

Na vacinação, quando se inocula uma pequena quantidade de um antígeno pela primeira vez em um indivíduo sadio, há estímulo para a produção de anticorpos, que, após alguns dias, ficam disponíveis no sangue. É o que se chama **resposta imunitária primária**. Se esse indivíduo receber uma segunda dose da vacina com o mesmo antígeno, ou se for contaminado pelo patógeno contra o qual a vacina foi

Fique por dentro

Calendário de vacinação
BRASIL. Ministério da Saúde. Calendário de vacinação. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/vacinacao/calendario. Acesso em: 13 out. 2024.

Consulte sua carteira de vacinação e compare-a com o calendário nacional de vacinação. Caso não esteja em dia com alguma vacina, procure um posto de saúde para atualizar suas imunizações.

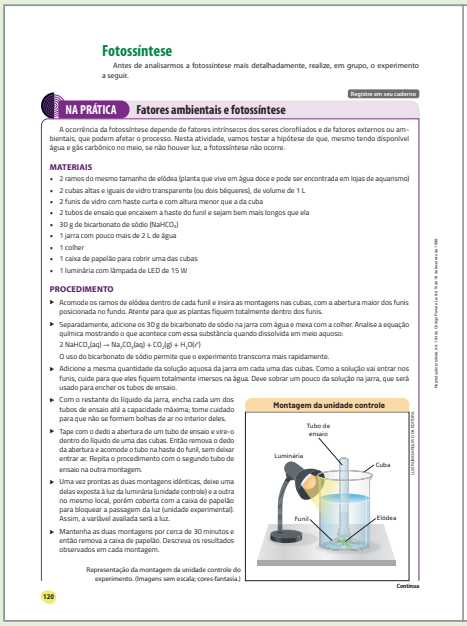
359

Fique por dentro

O boxe traz sugestões que complementam as informações do livro (como filmes, simuladores, artigos, livros), contribuindo para que você seja protagonista do seu aprendizado e da construção do conhecimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Fotossíntese

Antes de analisarmos a fotossíntese mais detalhadamente, realize, em grupo, o experimento a seguir.

Registre em seu caderno

NA PRÁTICA Fatores ambientais e fotossíntese

A ocorrência da fotossíntese depende de fatores intrínsecos dos seres clorofilados e de fatores externos ou ambientais, que podem afetar o processo. Nesta atividade, vamos testar a hipótese de que, mesmo tendo disponível água e gás carbônico no meio, se não houver luz, a fotossíntese não ocorre.

MATERIAIS

- 2 ramos do mesmo tamanho de elódea (planta que vive em água doce e pode ser encontrada em lojas de aquarismo)
- 2 cubas altas e iguais de vidro transparente (ou dois béqueres), de volume de 1 L
- 2 funis de vidro com haste curta e com altura menor que a da cuba
- 2 tubos de ensaio que encaixem a haste do funil e sejam bem mais longos que ela
- 30 g de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$)
- 1 jarra com pouco mais de 2 L de água
- 1 colher
- 1 caixa de papelão para cobrir uma das cubas
- 1 luminária com lâmpada de LED de 15 W

PROCEDIMENTO

- Acomode os ramos de elódea dentro de cada funil e insira as montagens nas cubas, com a abertura maior dos funis posicionada no fundo. Atente para que as plantas fiquem totalmente dentro dos funis.
- Separadamente, adicione os 30 g de bicarbonato de sódio na jarra com água e mexa com a colher. Analise a equação química mostrando o que acontece com essa substância quando dissolvida em meio aquoso:
  $2\ NaHCO_3(aq) \rightarrow Na_2CO_3(aq) + CO_2(g) + H_2O(\ell)$
  O uso do bicarbonato de sódio permite que o experimento transcorra mais rapidamente.
- Adicione a mesma quantidade da solução aquosa da jarra em cada uma das cubas. Como a solução vai entrar nos funis, cuide para que eles fiquem totalmente imersos na água. Deve sobrar um pouco da solução na jarra, que será usado para encher os tubos de ensaio.
- Com o restante do líquido da jarra, encha cada um dos tubos de ensaio até a capacidade máxima; tome cuidado para que não se formem bolhas de ar no interior deles.
- Tape com o dedo a abertura de um tubo de ensaio e vire-o dentro do líquido de uma das cubas. Então remova o dedo da abertura e acomode o tubo na haste do funil, sem deixar entrar ar. Repita o procedimento com o segundo tubo de ensaio na outra montagem.
- Uma vez prontas as duas montagens idênticas, deixe uma delas exposta à luz da luminária (unidade controle) e a outra no mesmo local, porém coberta com a caixa de papelão para bloquear a passagem da luz (unidade experimental). Assim, a variável avaliada será a luz.
- Mantenha as duas montagens por cerca de 30 minutos e então remova a caixa de papelão. Descreva os resultados observados em cada montagem.

Montagem da unidade controle

Representação da montagem da unidade controle do experimento. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

LUCAS KAUFMANN DA SILVEIRA

Continua

120

Continuação

1. Comparando os resultados obtidos em cada montagem, o que pode ser concluído?
2. O experimento permitiu testar a hipótese de que a luz é importante para a fotossíntese? A hipótese foi corroborada ou refutada? Explique.
3. Apoiando-se nos resultados do experimento, no que você já sabe sobre fotossíntese e na equação geral dessa processo (apresentada a seguir), responda.

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

a. É possível associar as alterações observadas a um componente da equação da fotossíntese. Identifique-o e justifique sua escolha.
b. Na descrição do procedimento da atividade, é informado que a dissolução de bicarbonato de sódio na água visa acelerar a realização do experimento. Reflita sobre esse fenômeno e formule uma hipótese para explicá-lo. Em seguida, proponha um experimento para testar a hipótese com base no que foi feito até aqui.

A radiação solar inclui ampla gama de comprimentos de onda, que vão desde os muito longos até os muito curtos, formando o **espectro eletromagnético**. Desse espectro, o olho humano consegue perceber um pequeno intervalo, que vai de 380 a 780 nanômetros (nm), chamado **espectro eletromagnético da luz visível** ou luz branca. Quando a luz é decomposta, os comprimentos de onda podem ser percebidos como cores pelos nossos olhos, como acontece no arco-íris, havendo uma ordem crescente de comprimentos de onda correspondentes às luzes violeta, anil (ou índigo), azul, verde, amarela, laranja e vermelha.

Como os pigmentos absorvem determinados comprimentos de onda e refletem os demais, a cor deles depende dos comprimentos de onda refletidos. Portanto, para cada pigmento há um **espectro de absorção de luz** típico.

Na fotossíntese, os principais pigmentos responsáveis por captar a luz são as clorofilas, que são verdes. Há vários tipos de clorofila, que diferem ligeiramente em suas moléculas e nos comprimentos de onda que absorvem.

A clorofila *a* é a mais abundante na natureza, ocorrendo em todos os fotossintetizantes eucariontes e nas cianobactérias, o que é mais uma evidência que reforça a hipótese da simbiogênese em relação à origem evolutiva dos cloroplastos. Esse tipo de clorofila é essencial para que ocorra a fotossíntese com liberação de gás oxigênio, por isso chamada **fotossíntese oxigênica**. Nas plantas, além da clorofila *a*, há a clorofila *b* e pigmentos carotenoides (carotenos e xantofilas).

A importância dos comprimentos de onda da luz na fotossíntese pode ser estimada avaliando-se as taxas de fotossíntese, que são medidas pela quantidade de gás oxigênio liberado ao expor as plantas a cada intervalo de comprimento de onda. Com isso, obtém-se o gráfico do **espectro de ação da luz na fotossíntese**.

Pela análise do gráfico, pode-se notar que a fotossíntese é mais intensa nos comprimentos de onda das luzes violeta-azul e vermelha, que correspondem, em especial, ao espectro de absorção da clorofila *a*. Esse é o pigmento fundamental da fotossíntese, sendo a clorofila *b* e os carotenoides considerados pigmentos acessórios, pois ampliam o espectro de absorção e transferem a energia para a clorofila *a*.

Há também bactérias que realizam um tipo de fotossíntese em que não ocorre liberação de gás oxigênio, chamada

Gráfico do espectro de ação da luz na fotossíntese e de absorção da luz pelos pigmentos fotossintetizantes

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Espectro de ação da fotossíntese associado ao espectro de absorção da luz pelos pigmentos fotossintetizantes clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides.

121

Na prática

A seção propõe uma atividade prática articulada com algum tema abordado no capítulo, para que você tenha contato com procedimentos próprios do fazer científico.



Registre em seu caderno

EM FOCO Redução da cobertura vacinal no país é preocupante

O Programa Nacional de Imunização (PNI) é referência mundial. O Brasil foi pioneiro na incorporação de diversas vacinas no calendário do Sistema Único de Saúde (SUS) e é um dos poucos países no mundo que ofertam de maneira universal um rol extenso e abrangente de imunobiológicos. Porém, a alta taxa de cobertura, que sempre foi sua principal característica, vem caindo nos últimos anos [...].

[...]

Até chegar aos cidadãos, as vacinas passam por um rigoroso processo de produção, começando com estudos e pesquisas, passando por inúmeros testes até serem validadas e disponibilizadas nos postos de saúde. Esse esforço também passa pelos gestores da saúde, responsáveis pela distribuição dos imunizantes e pela preparação dos profissionais de saúde para a aplicação das vacinas.

Apesar dos números inegáveis que demonstram a eficácia e importância da vacina, cresce o número de pessoas que se recusam a vacinar seus filhos, fomentando um movimento perigoso que pode trazer de volta doenças como o sarampo e a poliomielite. [...]

Em tempos de excesso de informações e superficialidade de conteúdos, muitas pessoas em todo o mundo, principalmente na Europa, vêm aderindo a um movimento conhecido como antivacina. Seja por questionarem a segurança da vacina, por temerem os efeitos colaterais, ou por acreditarem que não estão suscetíveis às doenças, esses grupos estão crescendo cada dia mais [...]. Cabe reafirmar que é inevitável o fluxo de pessoas entre os países, tanto pelo turismo quanto pelos negócios, e o fato de algumas delas não estarem vacinadas pode provocar seu adoecimento e trazer de volta doenças extintas e todos os problemas de saúde pública que elas acarretam.

Especialistas explicam que a vacina, como qualquer outro medicamento, pode trazer eventos adversos. No entanto, ponderam que eles são infinitamente mais leves do que as doenças e suas possíveis sequelas. [...]

"[...] O esclarecimento rápido e efetivo é o melhor instrumento de prevenção contra os movimentos antivacinação, destaca [Alexander Roberto Precioso, diretor da Divisão de Ensaios Clínicos e Farmacovigilância do Butantan].

[...]

O diretor de Bio-Manguinhos [Mauricio Zuma] explica que, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o sarampo ainda mata 400 crianças por ano, mesmo em países avançados, onde o movimento antivacinação se propagou, principalmente por meio das redes sociais. "O movimento aconteceu com a disseminação de inverdades, boatos sem fundamentação científica ou fraudes comprovadas, como a que relacionara as vacinas e o autismo, baseando-se em um artigo publicado em 1998 pelo inglês Andrew Wakefield. Descobriu-se posteriormente que ele falsificou dados e teve sua licença cassada pelo Conselho Médico Britânico em 2010", alerta Zuma.

[...]

Fonte: A QUEDA da imunização no Brasil. **Conselho Nacional de Secretários de Saúde**, Brasília, 8 jan. 2018. Disponível em: https://www.conass.org.br/queda-da-imunizacao-no-brasil/. Acesso em: 13 out. 2024.

Esse texto foi publicado em 2018 e já refletia uma preocupação com os efeitos negativos dos movimentos antivacina. Esses movimentos não são novos, mas com a pandemia de covid-19 eles ganharam força.

1. Sintetize os principais argumentos mencionados no texto que contribuem para o crescimento dos movimentos antivacina.
2. Explique a preocupação sobre a diminuição da cobertura vacinal em relação ao fluxo internacional de pessoas.
3. Com os colegas, pesquisem em fontes confiáveis mais informações sobre os motivos que têm gerado controvérsias a respeito das vacinas. Busquem dados que possam subsidiar vocês em um debate com pessoas de grupos antivacina, de modo que vocês possam elaborar contra-argumentos que levem esses indivíduos a rever suas ideias negacionistas. Abordem tópicos como exemplos de doenças erradicadas ou controladas graças às vacinas; doenças locais e regionais que demandam vacinas; comparação de taxas de vacinação local e nacional; como se caracteriza a segurança das vacinas; como ocorre a disseminação de notícias falsas sobre vacinas.
   Em seguida, preparem uma apresentação resumindo os principais pontos pesquisados, relatando os argumentos antivacina mais comuns e os contra-argumentos que poderiam ser utilizados com base em evidências científicas. Em classe, com a orientação do professor, exponham os dados e assistam à apresentação dos demais colegas. Por fim, discutam sobre as seguintes questões:
   - Quais argumentos antivacina mais chamaram a atenção da turma?
   - Quais contra-argumentos vocês considerariam mais eficazes para combater movimentos antivacina?
   - Que estratégias vocês adotariam para combater movimentos antivacina?

363

Em foco

Seção com textos autorais ou de terceiros acompanhados de atividades que integram o conteúdo a outras áreas de conhecimento e favorecem o exercício da argumentação, leitura inferencial e pensamento crítico.



Registre em seu caderno

TRABALHO E JUVENTUDES

Quando a aparência vira produto

Distúrbios de autoimagem são comuns no mundo atual, em especial entre as mulheres.

A busca por um padrão de beleza socialmente construído, muitas vezes considerado um referencial de corpo saudável, faz parte da história humana; entretanto, segundo pesquisadores, as redes sociais estão intensificando essa relação, forçando a busca por um padrão inalcançável. Filtros e outros tipos de manipulação digital, fotos com iluminação e ângulos ideais, além de cirurgias, procedimentos estéticos, maquiagens, cintas modeladoras e horas dedicadas a exercícios físicos levam para o mundo digital corpos que não são reais ou são inacessíveis para a maioria das pessoas.

Considerando as elevadas taxas de uso das redes sociais por jovens e o fato de a adolescência ser uma fase importante de construção de autoimagem, essa população pode sofrer grande impacto por conta das redes sociais. A comparação do corpo real com padrões inalcançáveis gera uma sensação de inadequação, tanto autoimposta como provocada por outros – quando a pessoa sofre algum tipo de preconceito, violência ou *bullying*. Ainda são necessários mais estudos, mas os pesquisadores têm percebido uma correlação positiva entre o excesso de uso de redes sociais e os distúrbios da imagem corporal, os transtornos alimentares (como bulimia e anorexia), a baixa autoestima, a vergonha do corpo e a piora da saúde mental.

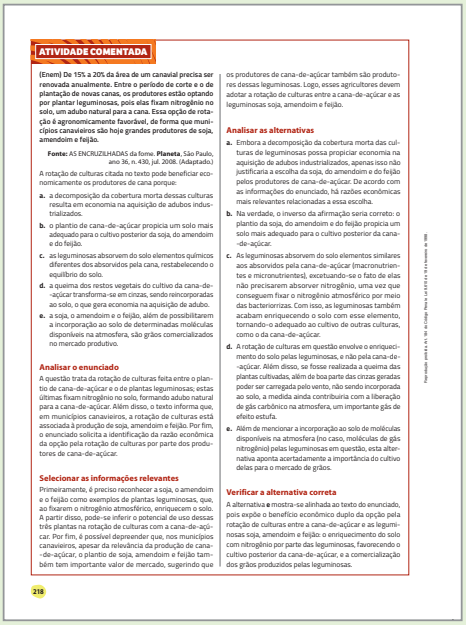
Além de interferir na relação dos jovens em seus grupos sociais, a aparência, a autoimagem e a confiança podem afetar sua entrada e permanência no mercado de trabalho. Dessa forma, a obesidade pode ser um fator que afeta homens e mulheres de maneira diferente. O estudo brasileiro "Impacto da obesidade adulta no mercado de trabalho brasileiro: uma análise das diferenças entre homens e mulheres" identificou que a obesidade interfere negativamente na participação no mercado de trabalho e no salário de mulheres; os dados para os homens foram menos conclusivos. Entre as possíveis causas, estaria o fato de parte das mulheres obesas ter menor desempenho em alguns trabalhos e maior número de dias afastadas do trabalho por conta de problemas de saúde e necessidade de se ausentar para o tratamento deles. Outro fator seria a discriminação sofrida por essas mulheres no ambiente de trabalho.

1. ODS 5 Redes sociais têm contribuído para o surgimento de distúrbios de imagem corporal em adolescentes. Discuta com os colegas possíveis ações e atitudes a serem realizadas por escolas, famílias, amigos e pelo próprio adolescente que possam promover a autoaceitação de sua imagem corporal. Discuta como essa pressão social pode divergir entre gêneros. Anote no caderno suas principais ideias.
2. Se você é usuário de redes sociais, já se deparou com anúncios ou recomendações (por *influencers*, por exemplo) de produtos voltados à aparência, como aplicativo de exercício, aplicativo de dieta? Você considera que a quantidade de anúncios é elevada? Já teve vontade de comprar algum desses produtos por impulso? Acredita que esses tipos de anúncio deveriam ser regulados de alguma maneira? Justifique suas respostas.
3. A pressão por uma aparência padrão também está presente no mercado de trabalho, podendo ditar até as roupas, os acessórios ou o tipo de penteado a serem utilizados. Discuta com os colegas se você consideraria mudar seu estilo de roupas e acessórios para procurar um emprego ou se já passou por uma situação como essa. Vocês consideram que essas restrições correspondem a formas de discriminação ou de restrição à liberdade de expressão?
4. Muitas vezes, o corpo magro é considerado sinônimo de corpo saudável, gerando discriminação das pessoas acima do peso. Você considera que sua escola tem infraestrutura adequada a pessoas com diferentes estruturas corporais? Acredita que deveria haver uma legislação específica que criminalize a discriminação de pessoas pela massa corporal e que garanta a existência, em locais públicos, de equipamentos adequados ao tamanho de todas as pessoas? Discuta com os colegas sobre situações de discriminação que vocês vivenciaram ou observaram e sugiram possíveis caminhos para evitar essas situações.

347

Trabalho e juventudes

Seção que relaciona o assunto do capítulo com culturas e vivências juvenis, aspectos do mundo do trabalho e/ou do projeto de vida.



ATIVIDADE COMENTADA

(Enem) De 15% a 20% da área de um canavial precisa ser renovada anualmente. Entre o período de corte e o de plantação de novas canas, os produtores estão optando por plantar leguminosas, pois elas fixam nitrogênio no solo, um adubo natural para a cana. Essa opção de rotação é agronomicamente favorável, de forma que municípios canavieiros são hoje grandes produtores de soja, amendoim e feijão.

Fonte: AS ENCRUZILHADAS da forme. **Planeta**, São Paulo, ano 36, n. 430, jul. 2008. (Adaptado.)

A rotação de culturas citada no texto pode beneficiar economicamente os produtores de cana porque:

a. a decomposição da cobertura morta dessas culturas resulta em economia na aquisição de adubos industrializados.

b. o plantio de cana-de-açúcar propicia um solo mais adequado para o cultivo posterior da soja, do amendoim e do feijão.

c. as leguminosas absorvem do solo elementos químicos diferentes dos absorvidos pela cana, restabelecendo o equilíbrio do solo.

d. a queima dos restos vegetais do cultivo da cana-de-açúcar transforma-se em cinzas, sendo reincorporadas ao solo, o que gera economia na aquisição de adubo.

e. a soja, o amendoim e o feijão, além de possibilitarem a incorporação ao solo de determinadas moléculas disponíveis na atmosfera, são grãos comercializados no mercado produtivo.

Analisar o enunciado

A questão trata da rotação de culturas feita entre o plantio de cana-de-açúcar e o de plantas leguminosas; estas últimas fixam nitrogênio no solo, formando adubo natural para a cana-de-açúcar. Além disso, o texto informa que, em municípios canavieiros, a rotação de culturas está associada à produção de soja, amendoim e feijão. Por fim, o enunciado solicita a identificação da razão econômica da opção pela rotação de culturas por parte dos produtores de cana-de-açúcar.

Selecionar as informações relevantes

Primeiramente, é preciso reconhecer a soja, o amendoim e o feijão como exemplos de plantas leguminosas, que, ao fixarem o nitrogênio atmosférico, enriquecem o solo. A partir disso, pode-se inferir o potencial de uso dessas três plantas na rotação de culturas com a cana-de-açúcar. Por fim, é possível depreender que, nos municípios canavieiros, apesar da relevância da produção de cana-de-açúcar, o plantio de soja, amendoim e feijão também tem importante valor de mercado, sugerindo que os produtores de cana-de-açúcar também são produtores dessas leguminosas. Logo, esses agricultores devem adotar a rotação de culturas entre a cana-de-açúcar e as leguminosas soja, amendoim e feijão.

Analisar as alternativas

a. Embora a decomposição da cobertura morta das culturas de leguminosas possa propiciar economia na aquisição de adubos industrializados, apenas isso não justificaria a escolha da soja, do amendoim e do feijão pelos produtores de cana-de-açúcar. De acordo com as informações do enunciado, há razões econômicas mais relevantes relacionadas a essa escolha.

b. Na verdade, o inverso da afirmação seria correto: o plantio da soja, do amendoim e do feijão propicia um solo mais adequado para o cultivo posterior da cana-de-açúcar.

c. As leguminosas absorvem do solo elementos similares aos absorvidos pela cana-de-açúcar (macronutrientes e micronutrientes), excetuando-se o fato de elas não precisarem absorver nitrogênio, uma vez que conseguem fixar o nitrogênio atmosférico por meio das bactériorizas. Com isso, as leguminosas também acabam enriquecendo o solo com esse elemento, tornando-o adequado ao cultivo de outras culturas, como o da cana-de-açúcar.

d. A rotação de culturas em questão envolve o enriquecimento do solo pelas leguminosas, e não pela cana-de-açúcar. Além disso, se fosse realizada a queima das plantas cultivadas, além de boa parte das cinzas geradas poder ser carregada pelo vento, não sendo incorporada ao solo, a medida ainda contribuiria com a liberação de gás carbônico na atmosfera, um importante gás de efeito estufa.

e. Além de mencionar a incorporação ao solo de moléculas disponíveis na atmosfera (no caso, moléculas de gás nitrogênio) pelas leguminosas em questão, esta alternativa aponta acertadamente a importância do cultivo delas para o mercado de grãos.

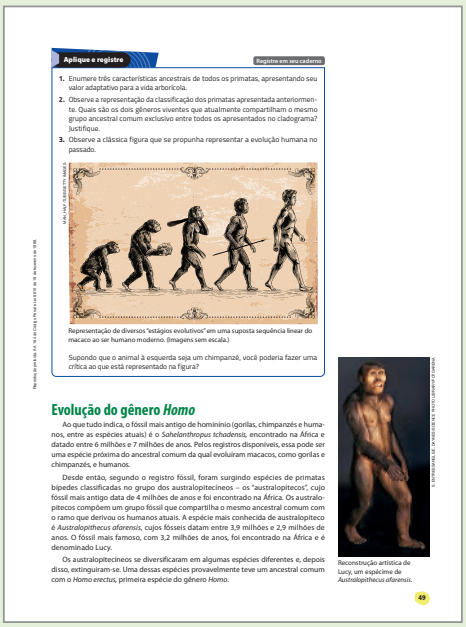
Verificar a alternativa correta

A alternativa **e** mostra-se alinhada ao texto do enunciado, pois expõe o benefício econômico duplo da opção pela rotação de culturas entre a cana-de-açúcar e as leguminosas soja, amendoim e feijão: o enriquecimento do solo com nitrogênio por parte das leguminosas, favorecendo o cultivo posterior da cana-de-açúcar, e a comercialização dos grãos produzidos pelas leguminosas.

218

Atividade comentada

Atividades diversificadas (autorais ou de vestibulares, objetivas ou discursivas) com a resolução apresentada passo a passo. Consiste em uma estratégia de estudo para ajudá-lo na resolução de atividades similares.



Aplique e registre

Registre em seu caderno

1. Enumere três características ancestrais de todos os primatas, apresentando seu valor adaptativo para a vida arborícola.
2. Observe a representação da classificação dos primatas apresentada anteriormente. Quais são os dois gêneros viventes que atualmente compartilham o mesmo grupo ancestral comum exclusivo entre todos os apresentados no cladograma? Justifique.
3. Observe a clássica figura que se propunha representar a evolução humana no passado.

Representação de diversos "estágios evolutivos" em uma suposta sequência linear do macaco ao ser humano moderno. (Imagens sem escala.)

Supondo que o animal à esquerda seja um chimpanzé, você poderia fazer uma crítica ao que está representado na figura?

Evolução do gênero *Homo*

Ao que tudo indica, o fóssil mais antigo de hominínio (gorilas, chimpanzés e humanos, entre as espécies atuais) é o *Sahelanthropus tchadensis*, encontrado na África e datado entre 6 milhões e 7 milhões de anos. Pelos registros disponíveis, essa pode ser uma espécie próxima do ancestral comum da qual evoluíram macacos, como gorilas e chimpanzés, e humanos.

Desde então, segundo o registro fóssil, foram surgindo espécies de primatas bípedes classificadas no grupo dos australopitecíneos – os "australopitecos", cujo fóssil mais antigo data de 4 milhões de anos e foi encontrado na África. Os australopitecos compõem um grupo fóssil que compartilha o mesmo ancestral comum com o ramo que derivou os humanos atuais. A espécie mais conhecida de australopiteco é *Australopithecus afarensis*, cujos fósseis datam entre 3,9 milhões e 2,9 milhões de anos. O fóssil mais famoso, com 3,2 milhões de anos, foi encontrado na África e é denominado Lucy.

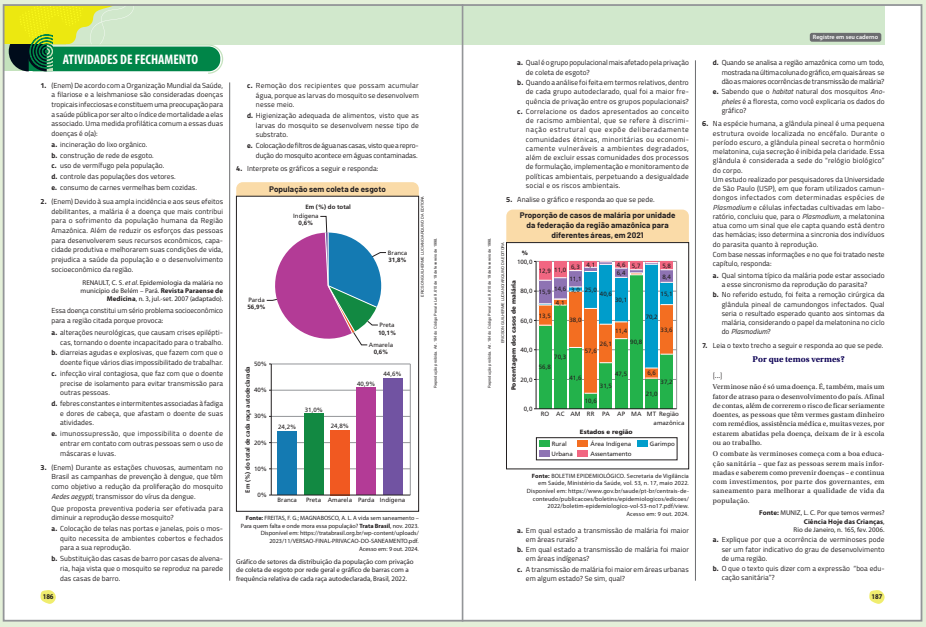
Os australopitecíneos se diversificaram em algumas espécies diferentes e, depois disso, extinguiram-se. Uma dessas espécies provavelmente teve um ancestral comum com o *Homo erectus*, primeira espécie do gênero *Homo*.

Reconstrução artística de Lucy, um espécime de *Australopithecus afarensis*.

49

Aplique e registre

Boxe com atividades para você praticar e verificar a sua compreensão do conteúdo estudado ao longo do capítulo.



ATIVIDADES DE FECHAMENTO

1. (Enem) De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a filariose e a leishmaniose são consideradas doenças tropicais infecciosas e constituem uma preocupação para a saúde pública por ser alto o índice de mortalidade a elas associado. Uma medida profilática comum a essas duas doenças é ola):
   a. incineração do lixo orgânico.
   b. construção de rede de esgoto.
   c. uso de vermífugo pela população.
   d. controle das populações dos vetores.
   e. consumo de carnes vermelhas bem cozidas.

2. (Enem) Davido à sua ampla incidência e aos seus efeitos debilitantes, a malária é a doença que mais contribui para o sofrimento da população humana da Região Amazônica. Além de reduzir os esforços das pessoas para desenvolverem seus recursos econômicos, capacidade produtiva e melhorarem suas condições de vida, prejudica a saúde da população e o desenvolvimento socioeconômico da região.

   RENAULT, C. S. *et al.* Epidemiologia da malária no município de Belém – Pará. **Revista Paraense de Medicina**, n. 3, jul.-set. 2007 (adaptado).

   Essa doença constitui um sério problema socioeconômico para a região citada porque provoca:
   a. alterações neurológicas, que causam crises epilépticas, tornando o doente incapacitado para o trabalho.
   b. diarreias agudas e explosivas, que fazem com que o doente fique vários dias impossibilitado de trabalhar.
   c. infecção viral contagiosa, que faz com que o doente precise de isolamento para evitar transmissão para outras pessoas.
   d. febres constantes e intermitentes associadas à fadiga e dores de cabeça, que afastam o doente de suas atividades.
   e. imunossupressão, que impossibilita o doente de entrar em contato com outras pessoas sem o uso de máscaras e luvas.

3. (Enem) Durante as estações chuvosas, aumentam no Brasil as campanhas de prevenção à dengue, que têm como objetivo a redução da proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor do vírus da dengue.

   Que proposta preventiva poderia ser efetivada para diminuir a reprodução desse mosquito?
   a. Colocação de telas nas portas e janelas, pois o mosquito necessita de ambientes cobertos e fechados para a sua reprodução.
   b. Substituição das casas de barro por casas de alvenaria, haja vista que o mosquito se reproduz na parede das casas de barro.
   c. Remoção dos recipientes que possam acumular água, porque as larvas do mosquito se desenvolvem nesse meio.
   d. Higienização adequada de alimentos, visto que as larvas do mosquito se desenvolvem nesse tipo de substrato.
   e. Colocação de filtros de água nas casas, visto que a reprodução do mosquito acontece em águas contaminadas.

4. Interprete os gráficos a seguir e responda:

População sem coleta de esgoto

Fonte: FREITAS, F. G.; MAGNABOSCO, A. L. A vida sem saneamento – Para quem falta e onde mora essa população? **Trata Brasil**, nov. 2023. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/11/VIESAO-FINAL-PRIVACAO-DO-SANEAMENTO.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Gráfico de setores da distribuição da população com privação de coleta de esgoto por rede geral e gráfico de barras com a frequência relativa de cada raça autodeclarada, Brasil, 2022.

186

Registre em seu caderno

a. Qual é o grupo populacional mais afetado pela privação de coleta de esgoto?
b. Quando a análise foi feita em termos relativos, dentro de cada grupo autodeclarado, qual foi a maior frequência de privação entre os grupos populacionais?
c. Correlacione os dados apresentados ao conceito de racismo ambiental, que se refere à discriminação estrutural que expõe deliberadamente comunidades étnicas, minoritárias ou economicamente vulneráveis a ambientes degradados, além de excluir essas comunidades dos processos de formulação, implementação e monitoramento de políticas ambientais, perpetuando a desigualdade social e os riscos ambientais.

5. Analise o gráfico e responda ao que se pede.

Proporção de casos de malária por unidade da federação da região amazônica para diferentes áreas, em 2021

Fonte: BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, vol. 53, n. 17, maio 2022. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2022/boletim-epidemiologico-vol-53-no17.pdf/view. Acesso em: 9 out. 2024.

a. Em qual estado a transmissão de malária foi maior em áreas rurais?
b. Em qual estado a transmissão de malária foi maior em áreas indígenas?
c. A transmissão de malária foi maior em áreas urbanas em algum estado? Se sim, qual?
d. Quando se analisa a região amazônica como um todo, mostrada na última coluna do gráfico, em quais áreas se dão as maiores ocorrências de transmissão de malária?
e. Sabendo que o *habitat* natural dos mosquitos *Anopheles* é a floresta, como você explicaria os dados do gráfico?

6. Na espécie humana, a glândula pineal é uma pequena estrutura ovoide localizada no encéfalo. Durante o período escuro, a glândula pineal secreta o hormônio melatonina, cuja secreção é inibida pela claridade. Essa glândula é considerada a sede do "relógio biológico" do corpo.
   Um estudo realizado por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), em que foram utilizados camundongos infectados com determinadas espécies de *Plasmodium* e células infectadas cultivadas em laboratório, concluiu que, para o *Plasmodium*, a melatonina atua como um sinal que ele capta quando está dentro das hemácias; isso determina a sincronia dos indivíduos do parasita quanto à reprodução.
   Com base nessas informações e no que foi tratado neste capítulo, responda:
   a. Qual sintoma típico da malária pode estar associado a esse sincronismo da reprodução do parasita?
   b. No referido estudo, foi feita a remoção cirúrgica da glândula pineal de camundongos infectados. Qual seria o resultado esperado quanto aos sintomas da malária, considerando o papel da melatonina no ciclo do *Plasmodium*?

7. Leia o texto trecho a seguir e responda ao que se pede.

Por que temos vermes?

[...]

Verminose não é só uma doença. É, também, mais um fator de atraso para o desenvolvimento do país. Afinal de contas, além de correrem o risco de ficar seriamente doentes, as pessoas que têm vermes gastam dinheiro com remédios, assistência médica e, muitas vezes, por estarem abatidas pela doença, deixam de ir à escola ou ao trabalho.

O combate às verminoses começa com a boa educação sanitária – que faz as pessoas serem mais informadas e saberem como prevenir doenças – e continua com investimentos, por parte dos governantes, em saneamento para melhorar a qualidade de vida da população.

Fonte: MUNIZ, L. C. Por que temos vermes? **Ciência Hoje das Crianças**, Rio de Janeiro, n. 165, fev. 2006.

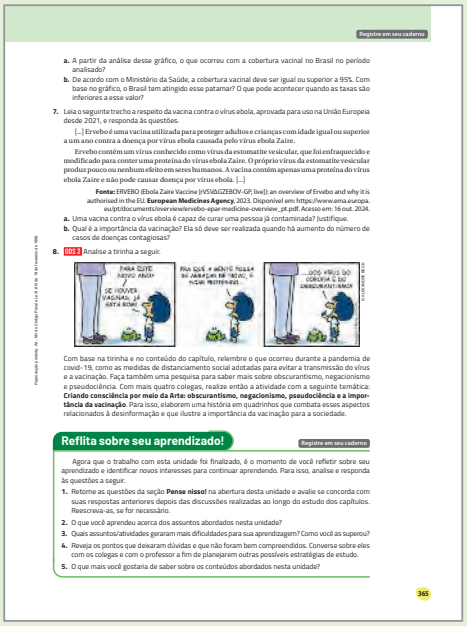
a. Explique por que a ocorrência de verminoses pode ser um fator indicativo do grau de desenvolvimento de uma região.
b. O que o texto quis dizer com a expressão "boa educação sanitária"?

187

Atividades de fechamento

Atividades diversificadas para você aplicar e relacionar conceitos importantes do capítulo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Registre em seu caderno

a. A partir da análise desse gráfico, o que ocorreu com a cobertura vacinal no Brasil no período analisado?
b. De acordo com o Ministério da Saúde, a cobertura vacinal deve ser igual ou superior a 95%. Com base no gráfico, o Brasil tem atingido esse patamar? O que pode acontecer quando as taxas são inferiores a esse valor?

7. Leia o seguinte trecho a respeito da vacina contra o vírus ebola, aprovada para uso na União Europeia desde 2021, e responda às questões.

[...] Ervebo é uma vacina utilizada para proteger adultos e crianças com idade igual ou superior a um ano contra a doença por vírus ebola causada pelo vírus ebola Zaire.

Ervebo contém um vírus conhecido como vírus da estomatite vesicular, que foi enfraquecido e modificado para conter uma proteína do vírus ebola Zaire. O próprio vírus da estomatite vesicular produz pouco ou nenhum efeito em seres humanos. A vacina contém apenas uma proteína do vírus ebola Zaire e não pode causar doença por vírus ebola. [...]

Fonte: ERVEBO (Ebola Zaire Vaccine [rVSVΔG-ZEBOV-GP, live]): an overview of Ervebo and why it is authorised in the EU. **European Medicines Agency**, 2023. Disponível em: https://www.ema.europa.eu/pt/documents/overview/ervebo-epar-medicine-overview_pt.pdf. Acesso em: 16 out. 2024.

a. Uma vacina contra o vírus ebola é capaz de curar uma pessoa já contaminada? Justifique.
b. Qual é a importância da vacinação? Ela só deve ser realizada quando há aumento do número de casos de doenças contagiosas?

8. RDS 1 Analise a tirinha a seguir.

Com base na tirinha e no conteúdo do capítulo, relembre o que ocorreu durante a pandemia de covid-19, como as medidas de distanciamento social adotadas para evitar a transmissão do vírus e a vacinação. Faça também uma pesquisa para saber mais sobre obscurantismo, negacionismo e pseudociência. Com mais quatro colegas, realize então a atividade com a seguinte temática: **Criando consciência por meio da Arte: obscurantismo, negacionismo, pseudociência e a importância da vacinação**. Para isso, elaborem uma história em quadrinhos que combata esses aspectos relacionados à desinformação e que ilustre a importância da vacinação para a sociedade.

Reflita sobre seu aprendizado! Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com esta unidade foi finalizado, é o momento de você refletir sobre seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, analise e responda às questões a seguir.

1. Retorne as questões da seção **Pense nisso!** na abertura desta unidade e avalie se concorda com suas respostas anteriores depois das discussões realizadas ao longo do estudo dos capítulos. Reescreva-as, se for necessário.
2. O que você aprendeu acerca dos assuntos abordados nesta unidade?
3. Quais assuntos/atividades geraram mais dificuldades para sua aprendizagem? Como você as superou?
4. Reveja os pontos que deixaram dúvidas e que não foram bem compreendidos. Converse sobre eles com os colegas e com o professor a fim de planejarem outras possíveis estratégias de estudo.
5. O que mais você gostaria de saber sobre os conteúdos abordados nesta unidade?

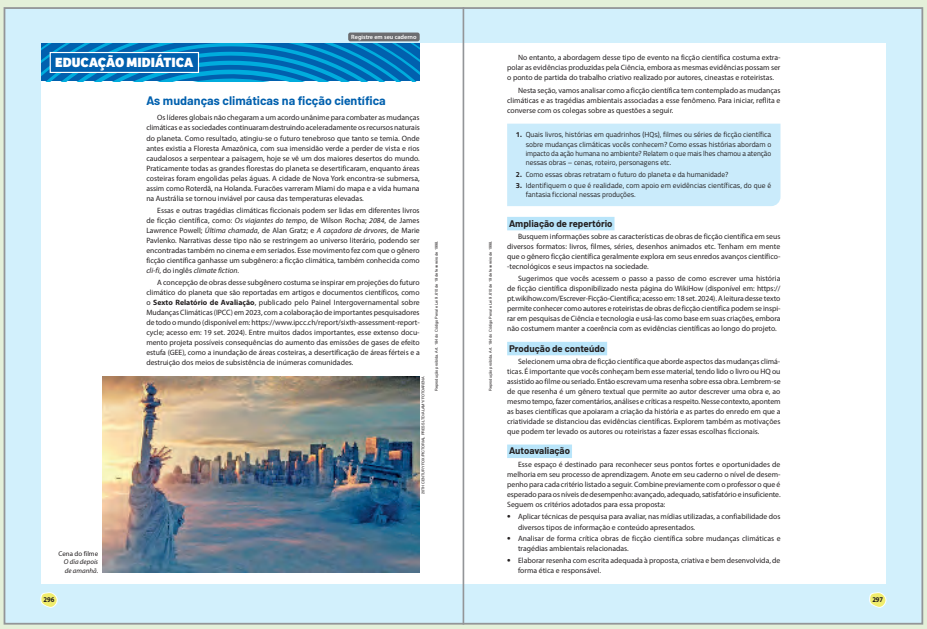
365

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Cuide bem deste livro para que outros colegas possam estudar com ele. Lembre-se de fazer anotações e escrever as respostas no caderno.

Reflita sobre seu aprendizado!

Boxe de autoavaliação, que aparece ao final de cada unidade, propondo a retomada das perguntas do **Pense nisso!** e oferecendo a você a oportunidade de refletir sobre os conhecimentos construídos durante o estudo da unidade.



Registre em seu caderno

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

As mudanças climáticas na ficção científica

Os líderes globais não chegaram a um acordo unânime para combater as mudanças climáticas e as sociedades continuaram destruindo aceleradamente os recursos naturais do planeta. Como resultado, atingiu-se o futuro tenebroso que tanto se temia. Onde antes existia a Floresta Amazônica, com sua imensidão verde a perder de vista e rios caudalosos a serpentear a paisagem, hoje se vê um dos maiores desertos do mundo. Praticamente todas as grandes florestas do planeta se desertificaram, enquanto áreas costeiras foram engolidas pelas águas. A cidade de Nova York encontra-se submersa, assim como Roterdã, na Holanda. Furacões varreram Miami do mapa e a vida humana na Austrália se tornou inviável por causa das temperaturas elevadas.

Essas e outras tragédias climáticas ficcionais podem ser lidas em diferentes livros de ficção científica, como: *Os viajantes do tempo*, de Wilson Rocha; *2084*, de James Lawrence Powell; *Última chamada*, de Alan Gratz; e *A capadora de árvores*, de Marie Pavlenko. Narrativas desse tipo não se restringem ao universo literário, podendo ser encontradas também no cinema e em seriados. Esse movimento fez com que o gênero ficção científica ganhasse um subgênero: a ficção climática, também conhecida como *cli-fi*, do inglês *climate fiction*.

A concepção de obras desse subgênero costuma se inspirar em projeções do futuro climático do planeta que são reportadas em artigos e documentos científicos, como o **Sexto Relatório de Avaliação**, publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em 2023, com a colaboração de importantes pesquisadores de todo o mundo (disponível em: https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle; acesso em: 19 set. 2024). Entre muitos dados importantes, esse extenso documento projeta possíveis consequências do aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), como a inundação de áreas costeiras, a desertificação de áreas férteis e a destruição dos meios de subsistência de inúmeras comunidades.

Cena do filme *O dia depois de amanhã*.

296

No entanto, a abordagem desse tipo de evento na ficção científica costuma extrapolar as evidências produzidas pela Ciência, embora as mesmas evidências possam ser o ponto de partida do trabalho criativo realizado por autores, cineastas e roteiristas.

Nesta seção, vamos analisar como a ficção científica tem contemplado as mudanças climáticas e as tragédias ambientais associadas a esse fenômeno. Para iniciar, reflita e converse com os colegas sobre as questões a seguir.

1. Quais livros, histórias em quadrinhos (HQs), filmes ou séries de ficção científica sobre mudanças climáticas vocês conhecem? Como essas histórias abordam o impacto da ação humana no ambiente? Relatam o que mais lhes chamou a atenção nessas obras – cenas, roteiro, personagens etc.
2. Como essas obras retratam o futuro do planeta e da humanidade?
3. Identifiquem o que é realidade, com apoio em evidências científicas, do que é fantasia ficcional nessas produções.

Ampliação de repertório

Busquem informações sobre as características de obras de ficção científica em seus diversos formatos: livros, filmes, séries, desenhos animados etc. Tenham em mente que o gênero ficção científica geralmente explora em seus enredos avanços científico-tecnológicos e seus impactos na sociedade.

Sugerimos que vocês acessem o passo a passo de como escrever uma história de ficção científica disponibilizado nesta página do WikiHow (disponível em: https://pt.wikihow.com/Escrever-Fic%C3%A7%C3%A3o-Cient%C3%ADfica; acesso em: 18 set. 2024). A leitura desse texto permite conhecer como autores e roteiristas de obras de ficção científica podem se inspirar em pesquisas de Ciência e tecnologia e usá-las como base em suas criações, embora não costumem manter a coerência com as evidências científicas ao longo do projeto.

Produção de conteúdo

Selecionem uma obra de ficção científica que aborde aspectos das mudanças climáticas. É importante que vocês conheçam bem esse material, tendo lido o livro ou HQ ou assistido ao filme ou seriado. Então escrevam uma resenha sobre essa obra. Lembrem-se de que resenha é um gênero textual que permite ao autor descrever uma obra e, ao mesmo tempo, fazer comentários, análises e críticas a respeito. Nesse contexto, apontem as bases científicas que apoiaram a criação da história e as partes do enredo em que a criatividade se distanciou das evidências científicas. Explorem também as motivações que podem ter levado os autores ou roteiristas a fazer essas escolhas ficcionais.

Autoavaliação

Esse espaço é destinado para reconhecer seus pontos fortes e oportunidades de melhoria em seu processo de aprendizagem. Anote em seu caderno o nível de desempenho para cada critério listado a seguir. Combine previamente com o professor o que é esperado para os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente. Seguem os critérios adotados para essa proposta:

- Aplicar técnicas de pesquisa para avaliar, nas mídias utilizadas, a confiabilidade dos diversos tipos de informação e conteúdo apresentados.
- Analisar de forma crítica obras de ficção científica sobre mudanças climáticas e tragédias ambientais relacionadas.
- Elaborar resenha com escrita adequada à proposta, criativa e bem desenvolvida, de forma ética e responsável.

297

Educação midiática

A seção final da unidade traz propostas que desenvolvem a alfabetização midiática e informacional, que pode se relacionar a algum tema abordado na unidade.

Símbolos usados nesta coleção

Registre em seu caderno

Este selo indica que você não deve fazer anotações neste livro, pois ele será usado por outro estudante depois de você.

OBJETO DIGITAL Indica recurso disponível no livro digital.

10 µm

A barra de escala de 1 cm de comprimento indica a proporção entre o tamanho real e o tamanho na imagem do livro.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Você sabia que em 2015 foi assinado, na sede da Organização das Nações Unidas (ONU), em Nova York, nos Estados Unidos, um documento em que 193 países, incluindo o Brasil, se comprometeram a tomar medidas importantes para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e garantir que as pessoas possam desfrutar de paz e de prosperidade? Trata-se da **Agenda 2030**. Nela, são apresentados **17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**, os ODS, que determinam metas transformadoras para promover o desenvolvimento sustentável até 2030. Vamos conhecê-los?



Para que a Agenda 2030 seja cumprida no Brasil e no mundo, é necessário promover engajamento e parcerias entre governos, setor privado e sociedade civil. Além disso, o acompanhamento e a avaliação da implementação devem ocorrer em níveis global, nacional e regional.

RELEITURA DOS ÍCONES DA ONU POR VINICIUS ROSSIGNOL FELIPE

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A seguir, apresentamos cada objetivo da Agenda 2030. No decorrer deste livro, você vai encontrar indicações de ODS sempre que houver propostas, temas ou conceitos relacionados a eles.

ODS 1	**ERRADICAÇÃO DA POBREZA**	Acabar com a pobreza em todas as formas e em todos os lugares.
ODS 2	**FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**	Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável.
ODS 3	**SAÚDE E BEM-ESTAR**	Garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
ODS 4	**EDUCAÇÃO DE QUALIDADE**	Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
ODS 5	**IGUALDADE DE GÊNERO**	Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
ODS 6	**ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO**	Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos.
ODS 7	**ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL**	Garantir o acesso a fontes de energia confiáveis, sustentáveis e modernas para todos.
ODS 8	**TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO**	Promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável, com emprego pleno e produtivo e trabalho digno para todos.
ODS 9	**INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA**	Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
ODS 10	**REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES**	Reduzir as desigualdades no interior dos países e entre países.
ODS 11	**CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS**	Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis.
ODS 12	**CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS**	Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis.
ODS 13	**AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA**	Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos.
ODS 14	**VIDA NA ÁGUA**	Conservar e usar de forma responsável os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
ODS 15	**VIDA TERRESTRE**	Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, reverter a degradação dos solos e preservar a biodiversidade.
ODS 16	**PAZ, JUSTIÇA E INSTITUIÇÕES EFICAZES**	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
ODS 17	**PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO**	Reforçar os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em: 22 set. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

VINICIUS ROSSIGNOL FELIPE

SUMÁRIO

UNIDADE 1 UNIVERSO, TERRA E VIDA 14

Pense nisso! 14

CAPÍTULO 1 Introdução à Biologia e origem da vida 15

Níveis de organização biológica 16

Características gerais dos seres vivos 16

Teorias sobre a origem da vida 18

A Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos 21

Como teriam se formado as primeiras células? 25

O registro fóssil das primeiras células 26

Evolução da célula 27

Surgimento dos multicelulares eucariontes 28

Atividades de fechamento 29

CAPÍTULO 2 Evolução 30

As teorias evolutivas 31

Na prática Jogo presa-predador 31

Evidências da evolução 35

Em foco Contrabando de fósseis 36

Especiação 38

Classificação biológica e sistemática filogenética 40

Atividade comentada 42

Atividades de fechamento 45

CAPÍTULO 3 Evolução humana 47

A espécie humana em seu contexto evolutivo 48

A evolução do gênero *Homo* 49

Dispersão pelo mundo 56

As variações moleculares e físicas do *Homo sapiens* 58

Em foco Conhecimentos científicos podem justificar preconceitos? 60

Atividades de fechamento 62

CAPÍTULO 4 Populações, interações bióticas e comunidades 63

Introdução à Ecologia 64

Propriedades de uma população 64

Trabalho e juventudes Desafios do perfil demográfico brasileiro 68

Interações bióticas 71

Na prática Superpopulação é um problema? 73

Ecologia das comunidades 78

Atividades de fechamento 80

Reflita sobre seu aprendizado! 81

Educação Midiática Comunicação científica 82

UNIDADE 2 ENERGIA E SUSTENTABILIDADE 84

Pense nisso! 84

CAPÍTULO 5 Introdução à Citologia e envoltórios celulares 85

Os primeiros microscópios e a teoria celular 86

Os atuais microscópios de luz 87

Os microscópios eletrônicos 89

Os envoltórios das células 91

Processos de troca entre a célula e o meio externo 92

Em foco Dessalinização 95

Atividades de fechamento 99

CAPÍTULO 6 Citoplasma e núcleo 102

Citoplasma 103

Movimentos celulares e citoesqueleto eucariótico 105

Em foco Efeitos do cigarro sobre o epitélio respiratório 108

Síntese, transporte e armazenamento de macromoléculas 109

Organelas relacionadas ao metabolismo energético 112

Núcleo 113

Atividades de fechamento 115

CAPÍTULO 7 Metabolismo energético 117

Reações químicas e energia 117

Fotossíntese 120

Na prática Fatores ambientais e fotossíntese 120

Atividade comentada 126

Em foco Biocombustíveis, ambiente e sociedade 127

Quimiossíntese 128

Fermentação 128

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respiração celular: noções gerais ... 129
Atividades de fechamento ... 133

CAPÍTULO 8 Consumo e ambiente ... 135
Equilíbrio ambiental ... 136
Alterações bióticas nos ecossistemas ... 136
Alterações abióticas nos ecossistemas ... 139
Em foco O garimpo na Terra Indígena Yanomami ... 145
Desenvolvimento sustentável ... 146
Trabalho e Juventudes Da ansiedade ao engajamento climático ... 148
Conservação biológica ... 149
Atividades de fechamento ... 151
Reflita sobre seu aprendizado! ... 153
Educação Midiática Embalagem: confiável ou enganosa? ... 154

UNIDADE 3 ÁGUA E ALIMENTOS ... 156
Pense nisso! ... 156

CAPÍTULO 9 Recursos hídricos e ecossistemas aquáticos ... 157
A disponibilidade de água doce ... 158
Ecossistemas aquáticos ... 161
Consequências da interferência humana nos ecossistemas aquáticos ... 166
Trabalho e Juventudes Projetos inovadores desenvolvidos em sala de aula ... 169
Atividades de fechamento ... 170

CAPÍTULO 10 Saneamento básico e doenças associadas ... 172
Concepção de saúde e saneamento básico ... 173
Em foco Desigualdade de gênero no acesso ao saneamento ... 174
Estações de tratamento de esgoto e fossas sépticas ... 176
Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas ... 177
Na prática O saneamento básico na região em que moro ... 179
Doenças relacionadas ao saneamento inadequado ... 180
Atividades de fechamento ... 186

CAPÍTULO 11 Biomas brasileiros ... 188
A variedade de biomas no Brasil ... 189
Em foco Marcas humanas indicam grande população na Amazônia antiga ... 192
Em foco A Caatinga pode ser um bioma sustentável ... 200
Atividades de fechamento ... 205

CAPÍTULO 12 Fisiologia das angiospermas e produção de alimentos ... 207
Transpiração e trocas gasosas ... 208
Absorção de água e sais minerais ... 209
Condução da seiva do xilema ... 211
Condução da seiva do floema ... 213
Nutrientes inorgânicos e ciclos biogeoquímicos ... 214
Práticas agrícolas ... 217
Atividade comentada ... 218
Hormônios vegetais ... 219
Em foco A Guerra do Vietnã e os herbicidas ... 222
Atividades de fechamento ... 224
Reflita sobre seu aprendizado! ... 225
Educação Midiática Desinformação em meio a desastres socioambientais ... 226

UNIDADE 4 TRANSFORMAÇÕES E MOVIMENTOS ... 228
Pense nisso! ... 228

CAPÍTULO 13 Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria ... 229
O planeta Terra e a biosfera ... 230
Ecossistemas: definição e componentes estruturais ... 231
Em foco Cimento e ciclo do carbono ... 241
Atividades de fechamento ... 243

CAPÍTULO 14 Padrões climáticos e balanço térmico da Terra ... 246
Atmosfera terrestre e efeito estufa ... 247
Os grandes padrões climáticos ... 248
Fatores naturais e antrópicos que afetam o balanço térmico da Terra ... 254
Em foco Mudanças climáticas e os indígenas ... 257
Atividades de fechamento ... 260

CAPÍTULO 15 Tecidos e saúde humana ... 263
Células-tronco e tecidos do corpo ... 264
Tecidos epiteliais ... 266
Tecidos conjuntivos ... 269
Em foco Os desafios da obesidade ... 274

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tecido muscular ... 276
Tecido nervoso ... 277
Atividades de fechamento ... 278

CAPÍTULO 16 Corpo humano em movimento ... 279
Integração entre os sistemas esquelético, articular, muscular e nervoso na geração de movimento ... 280
Trabalho e Juventudes Esporte para além da aula de Educação Física ... 281
Em foco Próteses e esporte paralímpico ... 286
Atividade comentada ... 287
Sistema cardiovascular ... 288
Na prática Aquecimento físico e frequência cardíaca ... 290
Sistema respiratório ... 291
Sistema urinário ... 293
Atividades de fechamento ... 294
Reflita sobre seu aprendizado! ... 295
Educação Midiática As mudanças climáticas na ficção científica ... 296

UNIDADE 5 SAÚDE HUMANA ... 298
Pense nisso! ... 298

CAPÍTULO 17 Sistemas nervoso, sensorial e endócrino ... 299
Coordenação e regulação ... 300
Sistema nervoso ... 302
Sistema sensorial ... 307
Ação de drogas no sistema nervoso ... 310
Sistema endócrino ... 311
Atividades de fechamento ... 316

CAPÍTULO 18 Sistema genital, saúde sexual e reprodutiva ... 318
Sexualidade ... 319
Sexo biológico, orientação sexual, gênero e identidade de gênero ... 319
Sistema genital ... 321
O controle hormonal da reprodução ... 324
Planejando a vida sexual e reprodutiva ... 326
Gravidez e parto ... 330
Em foco Gravidez na adolescência ... 333
Atividades de fechamento ... 334

CAPÍTULO 19 Nutrição e saúde ... 336
Sistema digestório ... 337
Alimentos ... 341
Características de uma dieta nutritiva ... 343
Em foco Cultura alimentar ... 344
Desnutrição ... 345
Obesidade ... 346
Transtornos alimentares ... 346
Trabalho e Juventudes Quando a aparência vira produto ... 347
Atividades de fechamento ... 348

CAPÍTULO 20 Sistema imunitário, vacinas e soros ... 351
Sangue e células de defesa ... 352
Sistema linfático ... 354
Mecanismos de defesa ... 356
Vacinas e soros ... 359
Atividade comentada ... 361
Campanhas de vacinação: iniciativa das políticas públicas de saúde ... 361
Em foco Redução da cobertura vacinal no país é preocupante ... 363
Atividades de fechamento ... 364
Reflita sobre seu aprendizado! ... 365
Educação Midiática Diversidade e (in)tolerância ... 366

UNIDADE 6 MUNDO TECNOLÓGICO ... 368
Pense nisso! ... 368

CAPÍTULO 21 Dos ácidos nucleicos às proteínas ... 369
A natureza química do material genético ... 370
A molécula de DNA: um pouco de história ... 371
Em foco Efeito Matilda ... 372
Replicação do DNA ... 374
Síntese de RNA: transcrição ... 375
Código genético ... 378
Síntese de proteínas: tradução ... 379
Mutações ... 381
Na prática Montando modelos ... 382
Atividade comentada ... 383
Atividades de fechamento ... 384

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 22 Divisões celulares e seus significados 386
Divisão celular nos eucariontes: noções gerais 387
O ciclo celular 388
Diferenças na mitose entre células animais e vegetais 394
Em foco A radiação que pode matar também pode curar 395
Meiose e os tipos de ciclo de vida 396
Meiose e suas fases 396
Na prática Modelos para compreender a meiose ... 402
Atividades de fechamento 403

CAPÍTULO 23 Hereditariedade e Biologia Forense 405
Um pouco de história 406
O método experimental de Mendel 406
A Primeira Lei de Mendel 407
Noções de probabilidade 410
A Segunda Lei de Mendel 412
Os grupos sanguíneos 415
Identificação de pessoas pelo DNA 417
Herança e cromossomos sexuais 419
Atividades de fechamento 421

CAPÍTULO 24 Biotecnologia 423
Biotecnologia: aspectos gerais 424
Trabalho e Juventudes Quem são as pessoas que fazem ciência? 424
Edição do DNA 425
Clonagem de DNA 428
Técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR) 429
Terapia gênica 430
Vacinas de RNA e de DNA 431
Clonagem de plantas e de animais 432
Transgênicos 434
Proteoma 435
Biologia Sintética 435
Metagenômica 436
Biofortificação 437
Atividades de fechamento 438
Reflita sobre o seu aprendizado! 439
Educação Midiática Os testes genéticos e a proteção de dados pessoais 440

RESPOSTAS 442

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS 444

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

SUMÁRIO DOS OBJETOS DIGITAIS

Infográfico clicável: Galápagos 33
Infográfico clicável: Viagem de Darwin pelo mundo a bordo do Beagle 33
***Podcast*:** Discriminação e segregação racial com base na Genética 61
***Podcast*:** Animais frugívoros e ecologia de comunidades 79
***Podcast*:** Fotossíntese, plantas transgênicas e produtividade no campo 127
Vídeo: A vida na zona de exclusão de Chernobyl 140
Carrossel de imagens: Destinação de resíduos sólidos 141
Carrossel de imagens: Práticas sustentáveis 146
Mapa clicável: Parques nacionais brasileiros 149
Infográfico clicável: A vida no mar poluído 167
Mapa clicável: Aspectos do saneamento básico no Brasil 173
Vídeo: Saneamento básico e sua relação com as taxas de mortalidade infantil 174
***Podcast*:** Agricultura sustentável nos biomas brasileiros: muitos desafios 188
Vídeo: Sabores da Caatinga 200
Vídeo: Saberes tradicionais no manejo de plantas 217
Infográfico clicável: Evidências do aquecimento global no Brasil 258
Carrossel de imagens: Influências culturais na alimentação brasileira 344

UNIDADE 1

UNIVERSO, TERRA E VIDA



ELDER/ISTOCK/GETTY IMAGES

Paisagem do Parque Nacional de Fernando de Noronha, PE (2015), em que aves em voo buscam seu alimento, os peixes, nas águas do mar, enquanto pessoas caminham na areia.

O tema desta unidade também é trabalhado nos volumes de Física e de Química desta coleção.

A abertura da unidade traz uma fotografia de paisagem do Parque Nacional de Fernando de Noronha (PE). Nela é possível identificar componentes da Terra como a conhecemos atualmente: as rochas, a água, o ar e os seres vivos. Ao explorar a imagem, é possível suscitar discussões relacionadas às condições necessárias para o surgimento da vida na Terra. A presença de água em estado líquido é um dos fatores que possibilitou a formação das primeiras moléculas orgânicas, que, ao longo do tempo, originaram as primeiras formas de vida. Ao relacionar as alterações ocorridas na Terra ao longo da formação do Sistema Solar, o acúmulo de água e a formação de compostos orgânicos possibilitando o surgimento de formas de vida como conhecemos, os conteúdos de Química e Física da Unidade 1 se relacionam com os da Biologia.

Ao longo da evolução do Universo, formaram-se os planetas do Sistema Solar e as condições da Terra se alteraram, como o acúmulo de água em sua superfície e a formação de determinados compostos orgânicos, o que possibilitou o surgimento da vida como a conhecemos.

Muitas pesquisas têm sido realizadas para investigar como e quando a vida surgiu na Terra, como o planeta era no contexto de transformações do Universo, quando isso aconteceu, como a diversidade de seres vivos se originou e se há vida em outros corpos celestes. Nesta unidade, vamos analisar hipóteses e teorias sobre a origem da vida na Terra, como a evolução biológica gera a biodiversidade e como as ações humanas têm impactado os ambientes onde as formas de vida se manifestam.

Pense nisso!

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. As características da Terra e das formas de vida são as mesmas desde que surgiram? Justifique.
2. O que você entende por "evolução" considerando o que o texto apresenta? Em que outros contextos esse termo pode ser aplicado?
3. A imagem mostra algumas pessoas caminhando na praia, indicando que os seres humanos podem habitar diversas regiões do planeta. Como se deu a origem de nossa espécie e sua distribuição pelo mundo?
4. Sabendo que a população humana alcançou 8 bilhões de pessoas em novembro de 2022, como nosso crescimento populacional pode afetar os ambientes naturais?

Capítulo 1

Introdução à Biologia e origem da vida

A imagem a seguir busca representar como os cientistas supõem que tenham sido as condições da Terra primitiva durante o chamado éon Hadeano, que durou desde a formação da Terra, há cerca de 4,5 bilhões de anos, até aproximadamente 4 bilhões de anos atrás. Ao longo desse éon, impactos de meteoritos eram frequentes e vulcões dominavam a paisagem.

Cerca de 500 milhões de anos depois da origem da Terra, sua superfície começou a esfriar, permitindo a formação de uma crosta sólida, e começaram a surgir os oceanos. Em um ambiente assim, como a vida poderia ter se originado?

Neste capítulo, vamos analisar as principais ideias acerca da origem da vida, sintetizando uma longa discussão histórica que se estende até os dias atuais. Ao fazermos isso, é importante que você não tenha uma percepção equivocada de que somente as pessoas e os dados citados estão envolvidos nesse debate. Tenha em mente que a Ciência não evolui de forma linear e que as ideias que analisaremos são apenas algumas de maior impacto que ocorreram em diferentes épocas de nossa história.



RICHARD BIZLEY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

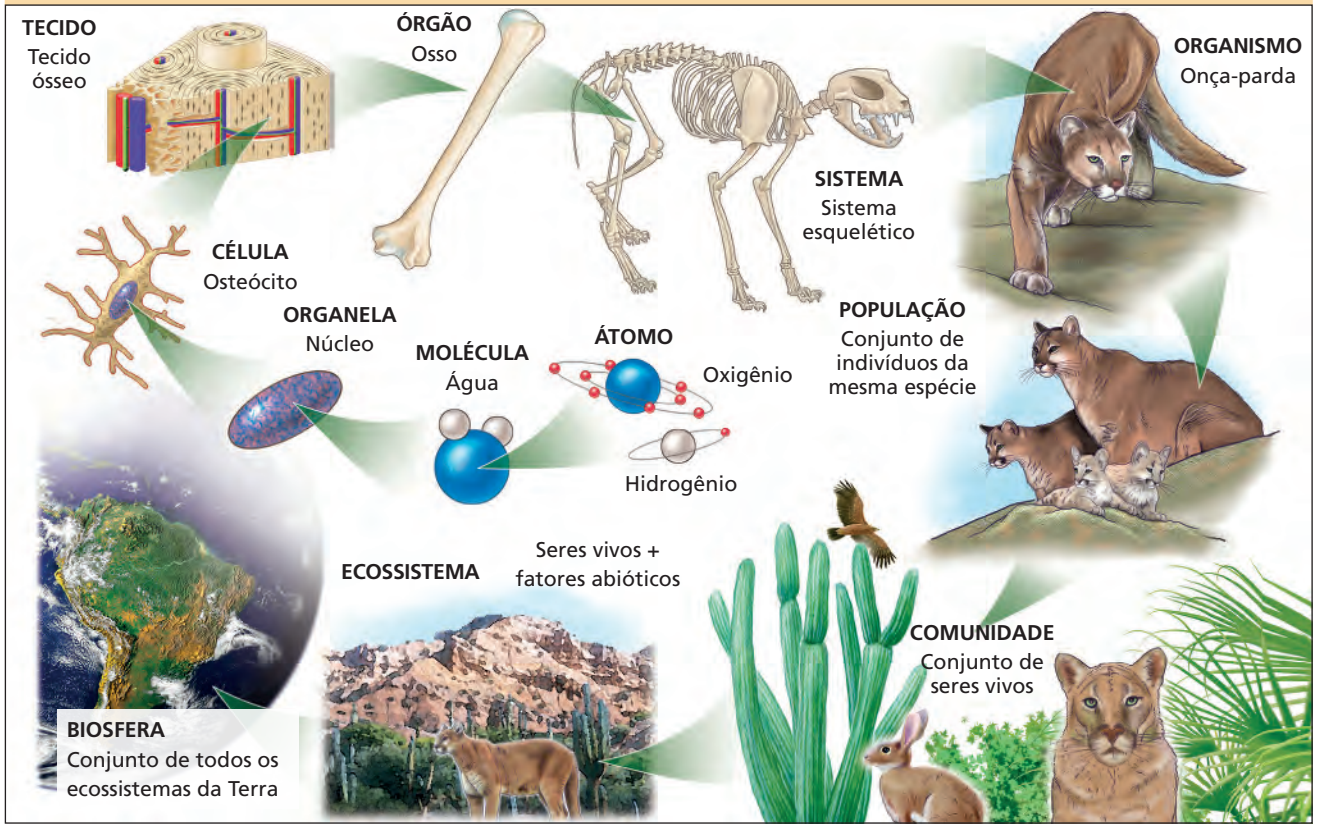
Reconstituição artística das prováveis condições do ambiente da Terra primitiva há cerca de 4 bilhões de anos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Níveis de organização biológica

O estudo dos seres vivos pode ser feito com base em níveis de organização que se estendem desde o nível dos átomos e das moléculas, seguindo pelos níveis das organelas, das células, dos tecidos, dos órgãos, dos sistemas, dos organismos, das populações, das comunidades, dos ecossistemas e chegando ao nível de toda a biosfera.

Níveis de organização biológica



Representação dos níveis de organização biológica. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

AMADEU BLASCO/SHUTTERSTOCK

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Retome cada nível de organização com os estudantes: **molécula:** estrutura química formada por pelo menos dois átomos unidos por ligações químicas; **organela:** estrutura relacionada a determinada função celular; **célula:** unidade morfológica e funcional dos seres vivos; **tecido:** conjunto de células que atuam de modo integrado na realização de funções específicas; **órgão:** conjunto de tecidos que atuam de modo integrado na realização de funções específicas; **sistema:** conjunto de órgãos que atuam de modo integrado na realização de funções específicas; **organismo:** conjunto de sistemas que interagem e formam um indivíduo. Também é um organismo cada ser unicelular, bem como cada ser multicelular que não apresenta tecidos, órgãos e sistemas (como algas e fungos multicelulares); **população:** conjunto de todos os indivíduos da mesma espécie que vivem em determinado ambiente no mesmo intervalo de tempo; **comunidade:** conjunto de todas as populações de espécies distintas que habitam determinado local no mesmo intervalo de tempo; **ecossistema:** conjunto de comunidades e fatores abióticos de determinada área no mesmo intervalo de tempo; **biosfera:** conjunto de todos os ecossistemas da Terra.

Características gerais dos seres vivos

Ao longo da história da Ciência, muitas propostas foram apresentadas e reelaboradas para definir se uma entidade é um ser vivo e, até hoje, não há consenso na comunidade científica. Em alguns casos são fornecidas listas de características, mas elas diferem entre os pesquisadores. Além disso, por mais criteriosa que essas listas possam ser, sempre há exceções. Uma das propostas bem-aceitas assume que a vida como a conhecemos na Terra apresenta três características básicas:

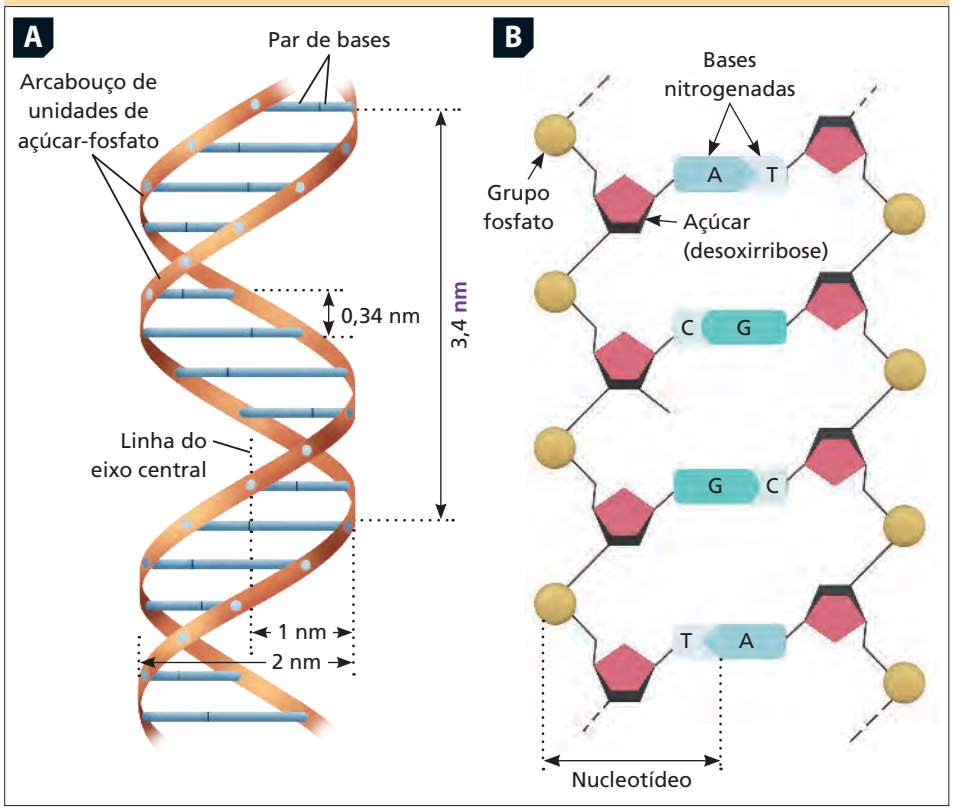
1. **compartimentalização**: todo organismo vivo possui uma maneira de se separar do meio que o circunda. As células usam membranas lipídicas; os vírus, capsídeos proteicos. Essa membrana tem diversos papéis, mas o mais básico de todos é o de concentrar, em seu interior, as moléculas necessárias para seu funcionamento;
2. **informação**: o organismo vivo deve possuir, em si, toda a informação necessária para sua manutenção e continuidade, portanto, para se perpetuar e reproduzir;
3. **metabolismo**: o organismo vivo deve ser capaz de realizar as reações químicas necessárias para garantir sua sobrevivência e reprodução. Essa característica não está completamente presente nos vírus, que usam outros organismos como hospedeiros para realizar essas funções (motivo da controvérsia se vírus estão ou não vivos), o que indica que vírus e células provavelmente coevoluíram durante a história da Terra.

Fonte: GALANTE, D.; RODRIGUES, F. Origem da vida. *In*: GALANTE, D. *et al.* (org.). **Astrobiologia**: uma ciência emergente. São Paulo: Tikinet Edição/IAG-USP, 2016. p. 127.

A **informação** (item 2) presente nas células está contida em macromoléculas do ácido nucleico **DNA** (sigla do inglês ***d****eoxyribo****n****ucleic* ***a****cid*, que significa ácido desoxirribonucleico). A estrutura do DNA foi descrita em 1953 pelos biólogos moleculares James Watson (1928-), estadunidense, e Francis Crick (1916-2004), inglês, como sendo uma dupla hélice.

Na dupla hélice, há duas fitas ou cadeias formadas por uma sequência linear de unidades chamadas **nucleotídeos**. Cada nucleotídeo apresenta uma molécula de açúcar (no caso, a desoxirribose) ligada a um grupo fosfato e a uma base nitrogenada. Esta pode ser adenina (A), guanina (G), timina (T) ou citosina (C). As duas fitas emparelham-se, havendo união específica entre as bases nitrogenadas consideradas complementares: a adenina se liga com a timina, e a citosina, com a guanina.

Estrutura do DNA



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

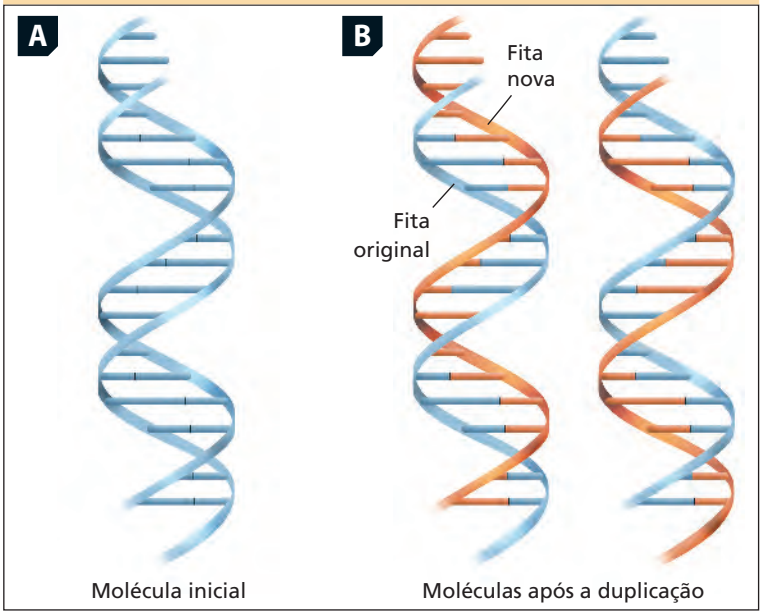
Representação da estrutura do DNA. Em **(A)**, modelo em dupla hélice dessa molécula. Em **(B)**, representação simplificada de um trecho de DNA mostrando os nucleotídeos e a união entre as bases nitrogenadas complementares (A = adenina; T = timina; C = citosina; G = guanina). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

nm: abreviação de nanômetro, unidade de medida que é uma subdivisão do metro (m). Um nanômetro é equivalente a um bilionésimo de metro, ou seja, $1\ nm = 1 \cdot 10^{-9}\ m$.

A molécula de DNA armazena as informações hereditárias que são transmitidas aos descendentes por meio da reprodução. Nesse processo, o DNA sofre **duplicação** ou **replicação semiconservativa**, em que cada molécula formada apresenta uma fita de nucleotídeos do DNA original e uma fita nova, que é sintetizada.

Os ácidos nucleicos serão estudados em maior detalhe no capítulo 21.

Duplicação do DNA



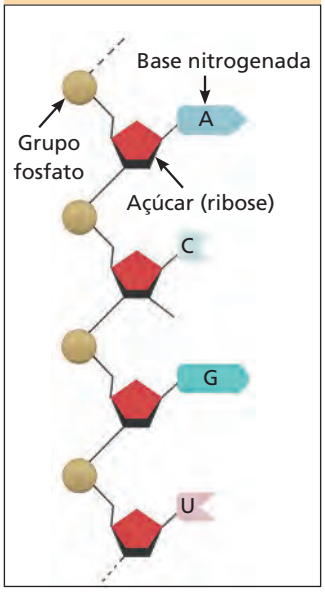
CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação simplificada da duplicação semiconservativa do DNA. Em **(A)**, a molécula inicial; em **(B)**, as duas moléculas finais. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Estrutura do RNA



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

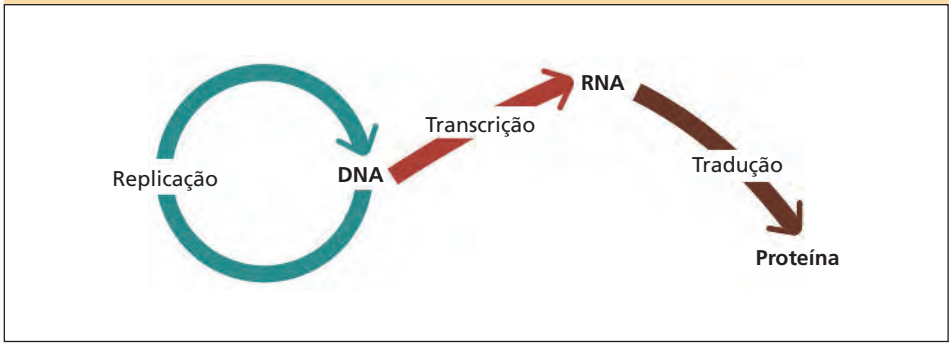
Fonte: elaborado com base em EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação simplificada de um trecho de RNA mostrando seus nucleotídeos e os tipos de base nitrogenada presentes. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Dentro da célula, a transferência da informação contida no DNA depende dos processos de transcrição e tradução. Na **transcrição**, um trecho do DNA é transcrito em outro tipo de ácido nucleico: o **RNA** (sigla do inglês ***ribo****nucleic* ***a****cid,* que significa ácido ribonucleico). Embora também seja uma macromolécula, o RNA é muito menor que o DNA e é formado por apenas uma fita de nucleotídeos. Ele também difere do DNA quanto à composição dos nucleotídeos: o açúcar presente é a ribose e, em vez da base nitrogenada timina (T), ocorre a uracila (U). Como exemplo, um trecho de DNA com sequência de bases ACGT seria transcrito com a sequência UGCA no RNA. Já na **tradução**, a mensagem transportada pelo RNA é traduzida em proteínas.

Pode-se concluir, portanto, que a transferência de informação depende da replicação semiconservativa do DNA, quando ocorre de célula para célula, e dos processos de transcrição e tradução, quando ocorre dentro da célula.

Transferência de informações nas células



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação dos mecanismos celulares de transferência de informações.

Nos itens 1 e 3 da lista de características básicas da vida são citados os vírus. A comunidade científica ainda debate se eles podem ser considerados seres vivos. Alguns pesquisadores não os definem como tal, pois eles não têm organização celular nem metabolismo próprio. No entanto, outros cientistas os consideram formas particulares de vida porque são compartimentalizados (por envoltório proteico e, em muitos casos, também por envoltório lipoproteico), apresentam ácidos nucleicos (DNA ou RNA) e passam por processos evolutivos.

Como citado no item 3, os vírus e as células provavelmente coevoluíram durante a história da Terra. A **coevolução** refere-se a processos biológicos que ocorrem quando duas ou mais espécies interagem de forma próxima e contínua, influenciando reciprocamente a evolução uma da outra. Mudanças em uma espécie, portanto, levam a mudanças adaptativas na outra e vice-versa, resultando em uma constante evolução mútua.

Teorias sobre a origem da vida

Teorias científicas são explicações abrangentes e fundamentadas que descrevem fenômenos relacionados. Ao contrário do uso popular da palavra *teoria* como sinônimo de hipótese ou suposição, em Ciência as teorias devem se basear em observações e testes sistemáticos e ser capazes de prever resultados futuros com precisão. No entanto, teorias não são verdades absolutas, e muitas já foram refutadas ao longo da história da Ciência.

Teorias diferem das **leis**, que descrevem regularidades na natureza, como a lei da inércia, analisada na Física; a lei de Lavoisier, analisada na Química; e as leis de Mendel, analisadas na Biologia. Assim como as teorias, as leis são formuladas com base em investigações científicas e podem ser alteradas ao longo do tempo.

Entre as explicações que foram propostas para a origem da vida está a **teoria da geração espontânea**, também chamada **abiogênese** (do grego, *a* = prefixo de negação; *bíos* = vida; *génesis* = origem, formação). Ela postula que a vida teria surgido da matéria inorgânica ou de transformações do corpo de outros organismos, como a carne em putrefação. No século XVII, com o avanço da Ciência experimental, passaram a ser realizados experimentos que buscaram responder à pergunta sobre a origem dos seres vivos, sendo que a teoria da geração espontânea foi defendida até o final do século XIX. Nessa época, outra explicação já em discussão passou a ser a mais aceita: a teoria da **biogênese**, segundo a qual os seres vivos surgem somente a partir de outros preexistentes, por meio da reprodução. A seguir, comentamos alguns desses estudos históricos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os experimentos de Redi

Francesco Redi (1626-1697), cientista italiano, discordava da interpretação de que "vermes" surgiam espontaneamente na carne em decomposição. Com base em suas observações, ele propôs que os "vermes" seriam, na verdade, larvas originadas de ovos depositados por moscas, atraídas pela carne em decomposição. Testou sua hipótese por meio de experimentos publicados em 1668 com frascos de vidro contendo carne: alguns foram cobertos com gaze, para impedir a entrada de moscas (grupo experimental), e outros foram mantidos abertos (grupo controle).

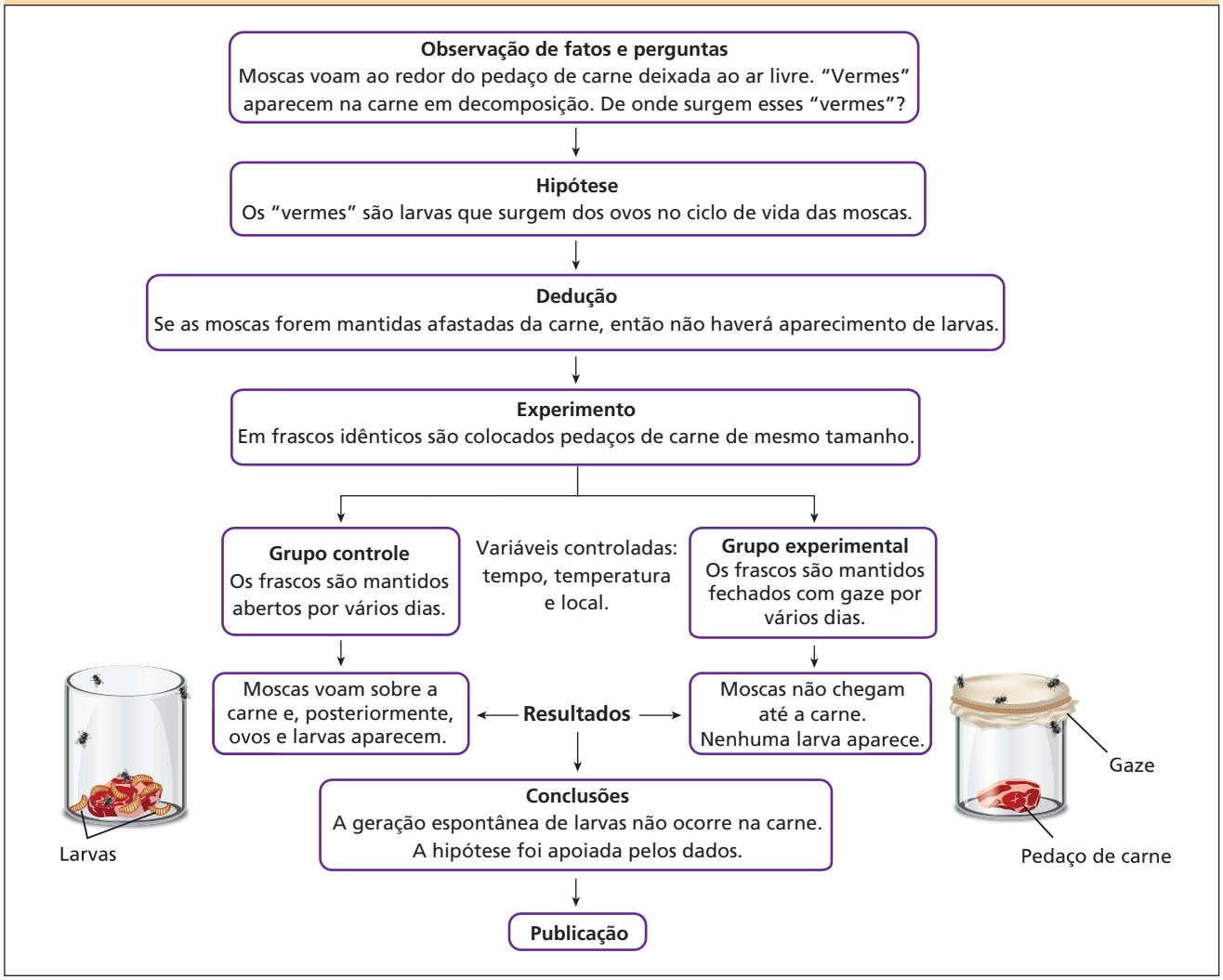
Considera-se **grupo experimental** aquele em que se promove alteração (manipulação) de um dos fatores em estudo, assegurando que os demais fatores se mantenham inalterados e apenas um fator seja manipulado por vez. Já o **grupo controle** é aquele em que todos os fatores são mantidos em sua condição original, sem manipulação. Quando se comparam os resultados obtidos no grupo experimental e no grupo controle e não se notam diferenças, diz-se que o fator analisado não interfere no fenômeno em estudo. Com isso, todo o procedimento se volta para outro fator, reiniciando o ciclo com a proposição de uma nova hipótese e seu respectivo teste. Essas características constituem o chamado **método hipotético-dedutivo**. Em experimentos, é importante utilizar réplicas, ou seja, repetições dos testes, pois isso aumenta a confiabilidade da análise dos dados, reduzindo erros que possam ser atribuídos ao acaso.

Redi notou que a carne de todos os frascos apodrecia e exalava mau cheiro e que as moscas voando ao redor indicavam que a carne as atraía. No entanto, nos frascos fechados não apareciam "vermes", ao contrário dos frascos abertos. Como a única diferença entre os frascos era o isolamento ou não da carne, sua hipótese foi corroborada.

Analise a figura a seguir, que resume os experimentos de Redi e suas conclusões.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Pesquisa experimental de Redi



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Representação da estrutura lógica do estudo experimental de Redi conduzido com base no método hipotético-dedutivo. Foram mostrados apenas um dos frascos do grupo experimental e um do grupo controle. (Imagens sem escala; cores-fantasia.).

Apesar de ter refutado a origem espontânea dos "vermes" na carne em decomposição, Redi ainda admitia a geração espontânea para outros casos, como o surgimento de "vermes" dentro de frutas. Convém pontuar que, na época em que Redi fez seus experimentos, teve início o desenvolvimento dos microscópios, mas ele não chegou a utilizá-los em seus estudos.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Com base nos experimentos de Francesco Redi, analise as afirmações a seguir e responda ao que é pedido, justificando suas respostas.
   a. Com seus experimentos, Redi conseguiu derrubar a teoria da geração espontânea. Podemos considerar essa afirmação correta?
   b. Se a hipótese de Redi em suas experimentações com carne em decomposição tivesse sido refutada, o que ele deveria fazer para continuar tentando responder à sua pergunta?
2. Apesar de parecerem distantes da vida das pessoas, os princípios da Ciência fazem parte do nosso cotidiano, pois são usados mesmo sem percebermos. Por exemplo, é possível que você use seus conhecimentos gerais a respeito de determinado assunto para fazer perguntas e resolver problemas, seja analisando criticamente a situação, seja separando as ideias que considera mais relevantes ou ainda testando-as. Assim, pense com os colegas como solucionariam um problema cotidiano, por exemplo: ao tentar ligar a televisão, vocês percebem que ela não funciona. Como investigariam esse fato observado? Associem seus procedimentos com a estrutura lógica do estudo experimental conduzido por Redi.

Fique por dentro

A história de Louis Pasteur

A HISTÓRIA de Louis Pasteur. Direção: William Dieterle. Produção: Pierri Collings. Estados Unidos: [*s. n.*], 1936. 1 DVD (87 min), *fullscreen*, color.

O filme mostra a trajetória da vida e da carreira do microbiologista francês Louis Pasteur, que enfrentou a descrença da comunidade científica ao defender suas ideias contra a geração espontânea e a favor da biogênese.

Os experimentos de Pouchet e Pasteur

A controvérsia entre os adeptos da teoria da geração espontânea e seus críticos perdurou por muito tempo. Além disso, com os avanços na área de microscopia, os microrganismos passaram a ser descritos, o que contribuiu para reacender as discussões sobre a origem dos seres vivos. Nesse contexto, vamos analisar experimentos históricos realizados no século XIX por dois pesquisadores franceses: Félix Archimède Pouchet (1800-1876) e Louis Pasteur (1822-1895).

Pouchet era adepto da teoria da geração espontânea e realizou vários experimentos muito bem elaborados que reforçavam suas ideias. Em um deles, selou hermeticamente frascos contendo água esterilizada por fervura e os colocou de cabeça para baixo em uma cuba com mercúrio, para evitar a entrada de ar. Depois, introduziu nos frascos gás oxigênio purificado e feno previamente esterilizado a 100 °C. Após alguns dias, notou microrganismos no líquido dos frascos, corroborando mais uma vez suas ideias, pois a preparação não havia entrado em contato com o ar e, portanto, nem com microrganismos que estivessem presentes nele; desse modo, os microrganismos teriam surgido por geração espontânea a partir do feno. O que Pouchet não sabia e que somente mais tarde foi verificado é que pode haver, no feno, determinados esporos (formas de resistência de microrganismos protegidas em envoltórios) que não são afetados pela temperatura de 100 °C, podendo germinar posteriormente no meio.

Para Pasteur, não ocorria geração espontânea de microrganismos em soluções nutritivas esterilizadas, mas sim microrganismos presentes no ar, ao entrarem em contato com essas soluções, proliferavam, aumentando em número por meio da reprodução. Para testar essa hipótese, ele empregou frascos de vidro (balões) com gargalo alongado em formato de "S" (ou "pescoço de cisne"), com os quais pretendia manter a solução nutritiva sempre em contato com o ar externo. O formato curvo em "S" reduz o movimento do ar, permitindo que ele passe de modo lento, por difusão, além de atuar como uma espécie de filtro, retendo os microrganismos, mas permitindo a entrada e a saída do ar.

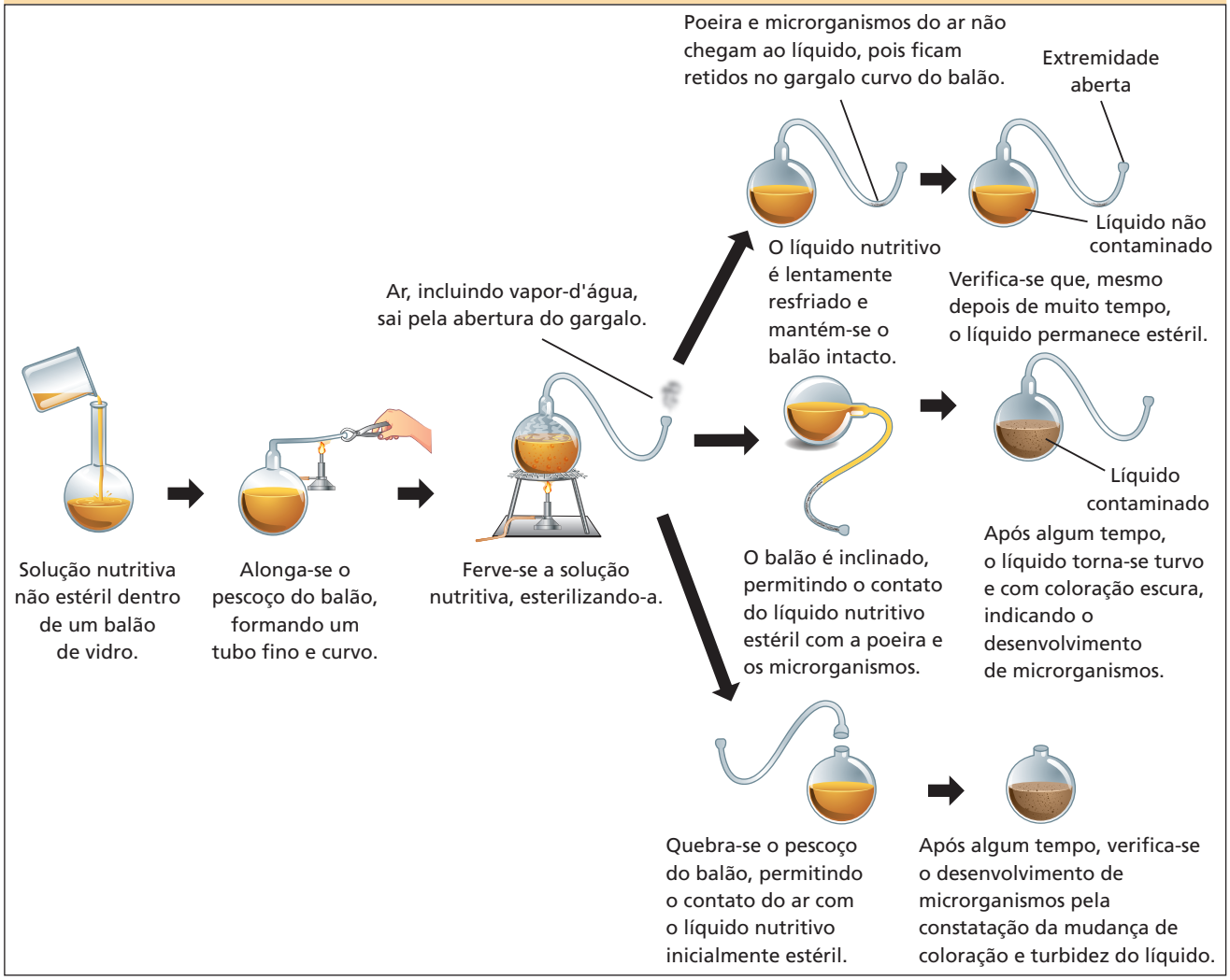
Nos frascos com "pescoço de cisne" mantidos intactos após a fervura, não surgiam microrganismos no líquido nutritivo. Naqueles em que o "pescoço" era quebrado, os microrganismos presentes no ar entravam em contato com o líquido, proliferando ao encontrar condições adequadas. A contaminação também ocorria nos frascos mantidos intactos que, após o resfriamento, tinham seu líquido colocado em contato com a curva em "S", indicando que esse local de fato retinha os microrganismos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Experimentos de Pasteur



Fonte: elaborado com base em MADIGAN, M. T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. p. 16.

Representação simplificada dos experimentos realizados por Pasteur usando balões de vidro com "pescoço de cisne". (Cores-fantasia.)

Com seus experimentos, Pasteur reuniu fortes evidências a favor da teoria da biogênese. Embora a controvérsia entre essa teoria e a da abiogênese ainda tenha perdurado por mais algum tempo, a teoria da biogênese acabou se tornando, a partir do final do século XIX, a explicação científica mais aceita para a origem dos seres vivos nas condições atuais da Terra, o que se mantém até os dias de hoje.

A Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos

Após a teoria da biogênese ter sido bem-aceita, passou-se à seguinte questão: Se todos os seres vivos derivam de outros preexistentes por meio da reprodução, como deve ter surgido o primeiro deles?

Para respondê-la, precisamos saber como eram as condições da Terra primitiva e encontrar evidências da presença de seres vivos ou da atividade metabólica deles. Essas evidências geralmente são registros presentes em rochas que revelam informações importantes sobre o passado do planeta. A mais antiga rocha encontrada até o momento situa-se no Cinturão de Rochas Verdes Nuvvuagittuq, no Canadá, e tem 4,28 bilhões de anos.

Diversos estudos indicam que a Terra, em seus primórdios, devia ser bastante quente e que, com seu resfriamento gradual, a formação da crosta terrestre e dos mares teria iniciado. Já a atmosfera primitiva teria se originado de uma mistura da composição gasosa primordial do período de formação do Sistema Solar com os gases liberados nas erupções vulcânicas e que teriam ficado

Ao longo deste tópico, reconheça com os estudantes como os conhecimentos de Física e Química contribuíram na condução de vários estudos sobre a origem da vida, como a proposição da hipótese de evolução gradual dos sistemas químicos de Oparin e Haldane, o experimento de Miller-Urey e as pesquisas da área de Astrobiologia.

retidos por ação da gravidade. A composição química dessa atmosfera tem sido estimada pela análise dos gases liberados pelos vulcões e dos elementos contidos em rochas muito antigas; porém, ainda há controvérsias, sobretudo em relação a evidências mais antigas que 3,8 bilhões de anos. Todas as hipóteses, no entanto, têm concordado que não havia gás oxigênio ou, se houvesse, seu teor deveria ser muito baixo. Desse modo, sem gás oxigênio na atmosfera, a camada de ozônio que protege a Terra atualmente contra os raios ultravioleta não podia ser formada. Assim, era alta a incidência desse tipo de radiação na superfície terrestre.

Com o resfriamento do planeta, a água teria começado a se acumular nas depressões da crosta, formando os mares primitivos, que eram rasos e quentes. Essa água seria proveniente da condensação de vapores liberados em erupções vulcânicas e da água presente na cauda de cometas. Naquela época, era intensa a queda de meteoritos, asteroides e cometas, o que impactava os processos que ocorriam na Terra.

Em meio a todas essas condições, como teriam surgido os seres vivos? Várias hipóteses foram levantadas. O naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882), em seu livro *A Origem das Espécies* (1859), propôs que todos os seres vivos descendem de um ancestral comum. Mais tarde, em uma carta de 1871, ele escreveu que esse ancestral poderia ter surgido em uma poça de água morna, rica em sais fosfóricos e amônia. Darwin sugeriu que, sob a influência de luz, calor e eletricidade, essas substâncias poderiam ter formado moléculas orgânicas, que, por sua vez, teriam se tornado cada vez mais complexas ao longo do tempo, antecedendo o surgimento dos primeiros seres vivos.

Hipótese de Oparin e Haldane

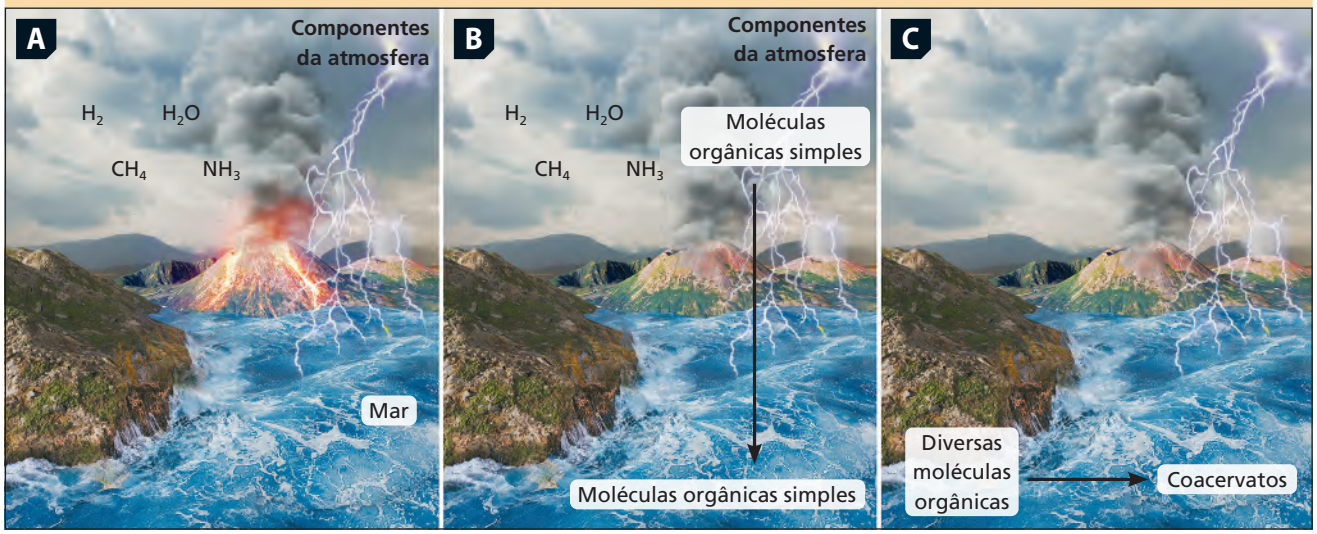
Essas ideias de Darwin passaram a fazer parte das considerações dos cientistas, mas somente cerca de 50 anos depois surgiu uma explicação mais detalhada. Na década de 1920, o cientista russo Aleksandr I. Oparin (1894-1980) e o cientista inglês John Burdon S. Haldane (1892-1964), trabalhando de modo independente, propuseram a hipótese que ficou conhecida como **evolução gradual dos sistemas químicos**.

Segundo eles, a atmosfera primitiva era composta de vapor-d'água e dos gases amônia, hidrogênio e metano. Essas moléculas teriam reagido quimicamente entre si, dando origem a moléculas orgânicas simples em razão da energia proveniente da radiação ultravioleta e das descargas elétricas dos raios, ambas intensas. As chuvas teriam, então, transportado essas moléculas orgânicas simples para os mares quentes e rasos e, com isso, eles teriam se transformado em uma "sopa nutritiva". Com o tempo, as moléculas orgânicas simples teriam se combinado, originando moléculas orgânicas cada vez mais complexas, que teriam se organizado em sistemas semi-isolados do meio: os **coacervatos** (do latim, *coacervare* = "formar grupos"). Por serem semi-isolados, eles poderiam trocar substâncias com o ambiente, possibilitando inúmeras reações químicas em um espaço delimitado.

Não se sabe como a primeira célula surgiu, mas supõe-se que, se foi possível a formação de um sistema organizado como o dos coacervatos, poderiam ter aparecido sistemas similares envoltos por membrana lipoproteica e com várias moléculas orgânicas em seu interior, como os ácidos nucleicos. Uma vez com ácidos nucleicos, esses sistemas teriam adquirido capacidade de reprodução, surgindo assim os primeiros seres vivos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Condições ambientais da Terra primitiva



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em BIOLOGICAL Sciences Curriculum Study. **Biological Science**: molecules to man. 2. ed. Boston: Houghton Mifflin, 1968.

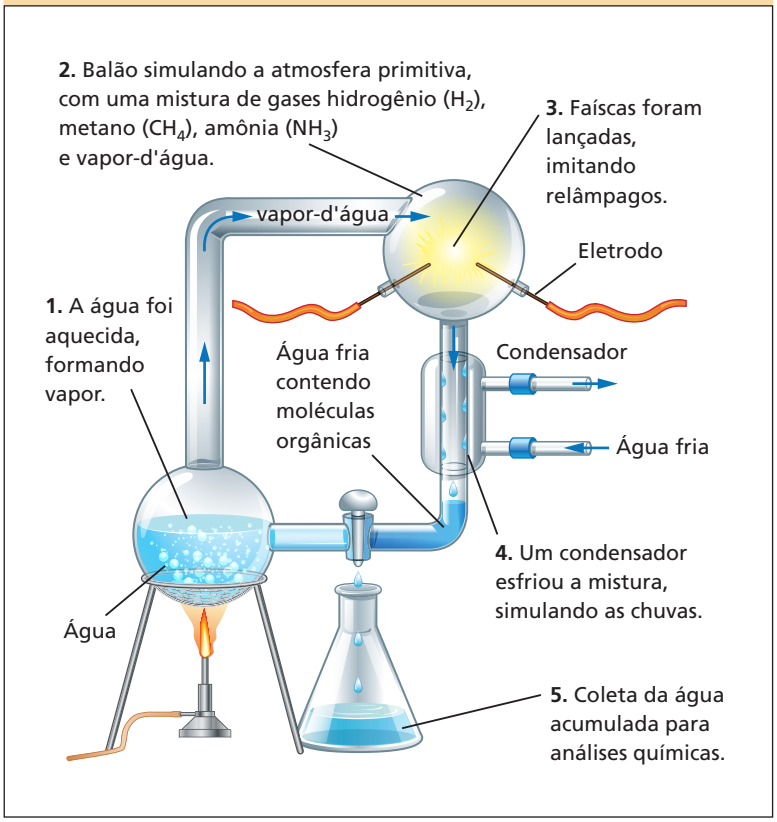
Representação das condições ambientais da Terra primitiva, segundo a hipótese de Oparin e Haldane. Em **(A)**, atmosfera com gás hidrogênio (H_2), vapor-d'água (H_2O), amônia (NH_3) e metano (CH_4). Em **(B)**, surgimento dos compostos orgânicos na atmosfera pela ação de descargas elétricas e radiação ultravioleta; essas moléculas teriam sido levadas para o mar pelas chuvas constantes. Em **(C)**, formação dos coacervatos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

O experimento de Miller-Urey

A hipótese de Oparin e Haldane foi testada pelos químicos estadunidenses Stanley L. Miller (1930-2007) e Harold Urey (1893-1981), em 1953, na Universidade de Chicago, nos Estados Unidos.

Eles construíram um aparelho que simulava as condições da Terra em seus primórdios. Em um sistema fechado, aqueceram um frasco com água, gerando o vapor que promovia a circulação unidirecional em seu interior. Ao circular, o vapor passava por um balão onde os gases mencionados por Oparin e Haldane para a atmosfera primitiva foram introduzidos. Eles então produziram descargas elétricas nesse balão, simulando os raios que possivelmente ocorriam com frequência naquela época. Em seguida, a mistura foi submetida a um resfriamento, imitando a condensação nas altas camadas da atmosfera que provocava as chuvas. A água líquida ficava, por fim, acumulada na parte inferior desse sistema, simulando os mares da época. Ao analisarem essa água em pequenas amostras, Miller e Urey verificaram a formação de moléculas orgânicas, como alguns aminoácidos, que são as unidades que compõem as proteínas.

Experimento de Miller-Urey



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em REECE, J. B. *et al.* **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 57.

Representação simplificada do experimento conduzido por Miller e Urey. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Com esse experimento, Miller e Urey sustentaram a hipótese de Oparin e Haldane de que há possibilidade de formação de moléculas orgânicas a partir de substâncias inorgânicas, sem a presença de seres vivos.

Estudos posteriores, porém, sugeriram que a atmosfera primitiva não deveria ter exatamente a composição pensada por Oparin e Haldane e que o teor de gás carbônico deveria ser alto, gerando um efeito estufa intenso. Além desse gás, deveria haver metano (CH_4), nitrogênio (N_2), monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H_2), gás sulfídrico (H_2S) e vapor-d'água.

Simulações do experimento de Miller-Urey realizadas com outras composições de gases resultaram na síntese de pequena quantidade de moléculas orgânicas ou na completa ausência delas. No entanto, quando foram utilizadas fontes de energia mais intensas, maior quantidade dessas moléculas foi obtida.

Apesar das contestações, o experimento de Miller-Urey foi importante e deu início a um ramo da Ciência chamado **Química Prebiótica**.

Origem por evolução química em fontes termais submarinas

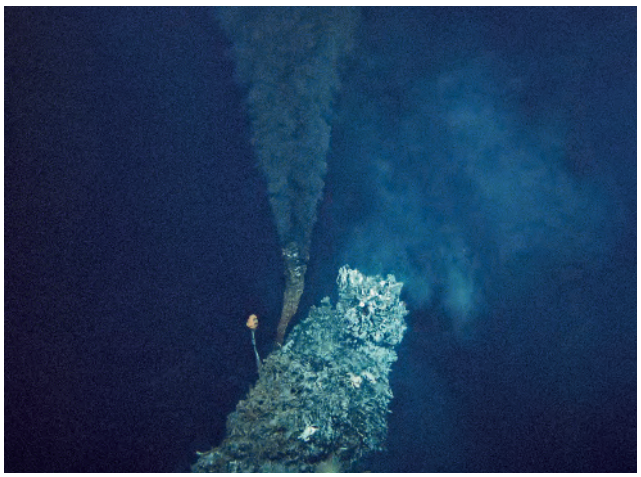
Alguns pesquisadores propõem que moléculas orgânicas podem ter se formado em ambientes semelhantes às atuais fontes termais submarinas, descobertas em 1977. Hoje se sabe que há nas profundezas oceânicas várias delas. Nesses locais, a água do mar se infiltra em fraturas do assoalho marinho e é aquecida pelo calor proveniente do manto terrestre. Esse aquecimento reduz a densidade da água, fazendo com que ela suba em direção à superfície. Durante a subida, ela interage com as rochas,

Ao abordar o efeito estufa, recorde com os estudantes o que foi estudado nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Caso seja necessário, explique o que é o efeito estufa e a importância dele nos dias atuais, comentando ações antrópicas que têm provocado a aceleração do aquecimento global, prejudicial à vida em vários aspectos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

enriquecendo-se com minerais como ferro, cobre e zinco, e transporta gases como metano (CH_4), gás hidrogênio (H_2), gás carbônico (CO_2), amônia (NH_3) e gás sulfídrico (H_2S). A água aquecida é então lançada com força na coluna de água, resfriando-se, ao passo que parte dos minerais se precipita, formando estruturas como chaminés ao longo do tempo.

RALPH WHITE/CORBIS DOCUMENTARY/GETTY IMAGES



Fonte termal submarina localizada no oceano Pacífico.

Em fontes termais do tipo alcalina, estudos têm sugerido que, nas chaminés ricas em depósitos minerais que delimitam câmaras microscópicas, a chance de encontro entre moléculas é maior e, com isso, a probabilidade de formação de moléculas orgânicas simples a partir das substâncias inorgânicas dissolvidas na água também é maior.

A hipótese de formação de moléculas orgânicas nessas condições tem sido submetida a testes experimentais em diversos laboratórios. Uma equipe da Nasa, por exemplo, construiu um equipamento que recriava as condições de fontes termais submarinas. Em seus experimentos, houve a formação de moléculas orgânicas, como aminoácidos e peptídeos, corroborando a hipótese de que moléculas orgânicas podem ter surgido em locais como esse.

NASA/JPL-CALTECH



Lauren White, uma das pesquisadoras da equipe de cientistas da Nasa, manipulando aparato experimental que simula as condições de uma fonte hidrotermal submarina, em 2013. Nesse tipo de experimento, busca-se investigar se nesses locais há possibilidade de formação de moléculas orgânicas e se essas moléculas poderiam se organizar em vesículas semelhantes a células.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre

Registre em seu caderno

3. Quais condições Oparin e Haldane consideravam favoráveis para o surgimento da vida? Como elas teriam contribuído nesse processo?
4. Qual é a importância do trabalho de Miller e Urey?

Fique por dentro

***What was the Miller-Urey experiment?* (Qual foi o experimento de Miller-Urey?, em português)**

WHAT was the Miller-Urey Experiment? [*S. l.*: *s. n.*], 2015. 1 vídeo (7 min). Publicado pelo canal Stated Clearly. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=NNijmxsKGbc&t=31s. Acesso em: 26 set. 2024.

Nesse vídeo em inglês, mas com legendas em português, financiado pelo Centro de Evolução Química, pela National Science Foundation (NSF) e pela Nasa, o pesquisador Jon Perry explica, de modo simples e objetivo, o experimento de Miller-Urey.

A Astrobiologia e a origem da vida

No início do século XX, o químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) propôs que os primeiros seres vivos teriam chegado à Terra em meteoritos, hipótese que ficou conhecida como **panspermia cósmica**.

Atualmente, considera-se pouco provável que isso tenha ocorrido, pois nenhuma evidência de vida foi verificada em outros corpos celestes, incluindo meteoritos e asteroides. Além disso, é pouco provável que algum organismo possa ter sobrevivido ao impacto da queda de um meteorito. Mesmo que a vida tivesse surgido fora da Terra, a questão seria apenas transferida: Onde e como ela teria surgido?

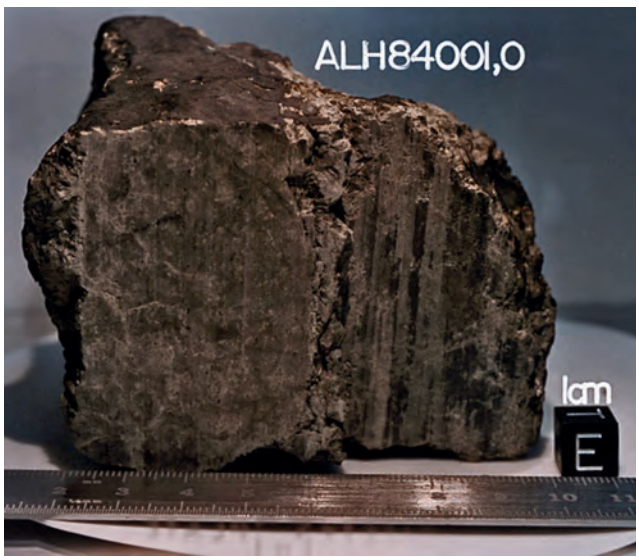
A **Astrobiologia**, muitas vezes também chamada de **Exobiologia**, trouxe novas perspectivas para a hipótese de panspermia cósmica e vem recebendo apoio crescente da comunidade científica. Trata-se de uma área recente da Ciência e está em plena expansão, dedicando-se a entender a origem, a evolução, a distribuição e o futuro da vida na Terra ou fora dela. Envolve estudos de diferentes Ciências, como a Física, a Química, a Biologia e a Astronomia.

Nas pesquisas dessa área, já foram constatadas moléculas orgânicas simples – principalmente aminoácidos e certos açúcares – em outros locais do Universo, sugerindo que a formação dessas moléculas é mais comum do que se imaginava e não se restringe à Terra. Por exemplo, em 2009, em amostras coletadas na cauda de um cometa pela sonda Stardust, foi identificada a presença do aminoácido glicina. Já em 2014, a sonda espacial Rosetta pousou na superfície de um cometa e amostras coletadas por ela continham fósforo e aminoácido glicina.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Comente com os estudantes que, além dos conhecimentos científicos acerca da origem da vida, há outros tipos de conhecimento sobre esse fenômeno.Os mitos, por exemplo, fazem parte do conhecimento tradicional das diferentes populações humanas e abarcam vários temas, como a origem do Universo e da vida. Veja mais informações no Suplemento para o professor.

Além disso, em meteoritos que caíram na Terra, como o ALH84001, descoberto na Antártida em 1984, e principalmente o Murchison, encontrado na Austrália em 1969, há muitos compostos orgânicos. Por isso, eles têm sido valiosos para os estudos de Astrobiologia e evolução química do Sistema Solar.



NASA/JSC/STANFORD UNIVERSITY

Fragmento do meteorito ALH84001, encontrado na Antártida em 1984.

Atualmente considera-se provável que a quantidade de material orgânico produzido na química prebiótica da Terra seja equivalente à que chegou ao planeta por meio de meteoritos e cometas. Assim, esses processos poderiam ter sido complementares na origem de substâncias orgânicas antes do surgimento de seres vivos.

Quanto ao local onde a vida pode ter surgido, há dados que corroboram a hipótese de que a vida pode ter surgido em locais semelhantes ao das fontes termais submarinas. Nessa proposta, portanto, a vida não teria surgido na superfície da Terra, mas nas fontes termais das profundezas oceânicas.

Para os astrobiólogos, caso exista vida em outro corpo celeste, provavelmente será representada por microrganismos, mas nenhuma evidência foi encontrada até o momento. Entre os estudos realizados por esses cientistas estão aqueles que investigam os seres **extremófilos**, que vivem em ambientes terrestres com condições extremas, onde a maioria dos demais organismos não conseguiria sobreviver. É o caso de condições como temperaturas muito altas ou muito baixas, salinidade elevada e pH muito ácido ou muito básico. O estudo desses organismos é importante, pois as condições na Terra primitiva também eram extremas e os primeiros organismos viviam sob essas circunstâncias. Conhecer melhor os extremófilos e a diversidade de vida na Terra possibilita reunir mais elementos para investigar a origem da vida e sua presença em outros corpos celestes.

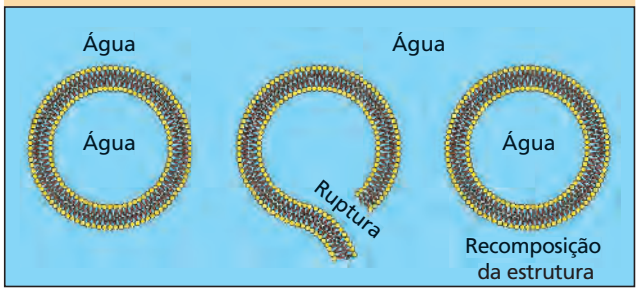
Como teriam se formado as primeiras células?

Embora ainda não se saiba como as primeiras células surgiram, há algumas hipóteses que levam em conta a formação da membrana plasmática e do material genético.

Nos estudos com o meteorito Murchison, por exemplo, foram encontradas moléculas orgânicas com características semelhantes às dos fosfolipídios que formam a membrana plasmática das células atuais. Essa, no entanto, não deve ter sido a única fonte de moléculas com essas características.

As moléculas de fosfolipídios têm uma parte hidrofílica e uma hidrofóbica. Em laboratório, quando essas moléculas são imersas em água, formam naturalmente duas camadas sobrepostas, de modo que a parte hidrofóbica dos fosfolipídios de cada camada fica voltada para dentro e a parte hidrofílica fica em contato com a água. Além disso, essa bicamada une-se em suas extremidades, afastando ao máximo a parte hidrofóbica dos fosfolipídios da água. Como essa conformação em vesículas fechadas é energeticamente mais estável, quando as membranas são rompidas, elas tendem a se unir novamente, o que explica o grande poder de recuperação das membranas das células.

Fosfolipídios em meio aquoso



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em ALBERTS, B. *et al.* **Biologia Molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação da disposição natural das moléculas de fosfolipídios quando colocadas em meio aquoso. Se essa estrutura é rompida, ela tende a se fechar novamente. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Essas constatações indicam a possibilidade de eventos semelhantes terem ocorrido durante a origem da vida, como o surgimento da membrana plasmática, o que teria propiciado a separação física entre o organismo e o meio externo e, assim, a ocorrência das reações químicas que mantêm a célula viva.

Quanto ao material genético, nas células atuais ele é o DNA e, como vimos, o sentido da informação genética se dá do DNA para o RNA, e deste para as proteínas. As moléculas de RNA são menores e mais versáteis que as de DNA e são de vários tipos, desempenhando diversas

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

funções além da síntese de proteínas. Há, inclusive, RNA com função de enzimas, as **ribozimas**. A função enzimática era atribuída apenas a proteínas, mas a descoberta das ribozimas trouxe novas informações aos estudos sobre origem da vida.

Esses e outros dados levaram o microbiologista estadunidense Carl Woese (1928-2012), o biólogo e biofísico britânico Francis Crick (1916-2004) e o químico inglês Leslie Orgel (1927-2007) a proporem, na década de 1960, a hipótese de que o primeiro material genético das células teria sido o RNA, e não o DNA, e que esse RNA poderia ter se formado sem a presença de seres vivos.

Em 1966, Orgel e sua equipe conseguiram sintetizar moléculas de RNA em laboratório usando apenas nucleotídeos e a argila montmorilonita como catalisador (substância que facilita a ocorrência de reações químicas), reforçando a hipótese. Mais tarde, o biólogo inglês Jack Szostak (1952-) e sua equipe usaram a mesma argila para catalisar a formação de **protocélulas**, isto é, vesículas delimitadas por bicamada fosfolipídica contendo RNA em seu interior. Eles verificaram ainda que as protocélulas aumentavam de tamanho e se fragmentavam, repetindo então o ciclo. Com esse e outros estudos, Szostak recebeu, em 2009, o Prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina.

Em 1986, o bioquímico estadunidense Walter Gilbert (1932-) usou pela primeira vez a expressão "mundo de RNA", sugerindo que as primeiras células teriam RNA como material genético. Nesse contexto, o RNA teria acumulado as funções de conter informações genéticas e atuar como catalisador biológico. De acordo com essa hipótese, o DNA teria surgido posteriormente e dado origem ao "mundo de DNA", que perdura até hoje.

Todas essas hipóteses continuam a ser testadas e o debate científico em torno do tema ainda está acontecendo.

O registro fóssil das primeiras células

Os primeiros indícios de atividade biológica foram encontrados em rochas que datam de 3,8 bilhões de anos, na Groenlândia, e baseiam-se em formas de carbono. Além disso, pesquisas recentes têm indicado a existência de supostos microrganismos fossilizados com datação em torno de 4 bilhões de anos, no cinturão Nuvvuagittuq, no Canadá. Fósseis mais estudados, no entanto, foram encontrados em rochas datadas em cerca de 3,5 bilhões de anos, conhecidas como **estromatólitos** (do grego, *strôma* = cama; *líthos* = rocha), na Austrália. Trata-se de estruturas sedimentares formadas por atividade de bactérias que formam colônias laminares e retêm sedimentos marinhos.

Os estromatólitos foram mais abundantes entre 2 bilhões e 1 bilhão de anos atrás, mas ainda há estromatólitos sendo formados nos dias de hoje, como os encontrados na baía dos Tubarões (Shark Bay), na Austrália. Estudar essas estruturas atuais é importante para compreender melhor como poderiam ser as formas mais antigas de vida registradas nos estromatólitos fósseis.



PHOTOTRIP/ISTOCK/GETTY IMAGES

Estromatólitos atuais localizados na baía dos Tubarões, Austrália (2023). Eles apresentam aspecto colunar, sendo sua porção basal a mais antiga.

Os dados disponíveis até o momento também indicam que esses registros fósseis correspondem a células **procarióticas** (do grego, *pro* = antes ou primeiro; *kárion* = núcleo). Os organismos que as apresentam são chamados **procariontes** ou **procariotos**. Atualmente, esses seres são classificados em dois grupos taxonômicos distintos, situados acima da categoria de reino: os **domínios Bacteria** e **Archaea**.

A ausência de gás oxigênio na Terra primitiva indica que os primeiros organismos não eram fotossintetizantes. Somente com o surgimento dos procariontes fotossintetizantes, o gás oxigênio começou a se acumular no ambiente, inicialmente na água e depois na atmosfera. Esse gás propiciou também a formação da camada de ozônio, importante filtro da radiação ultravioleta que, ao reduzir o efeito deletério dessa radiação sobre os seres vivos, foi fundamental para a evolução da vida.

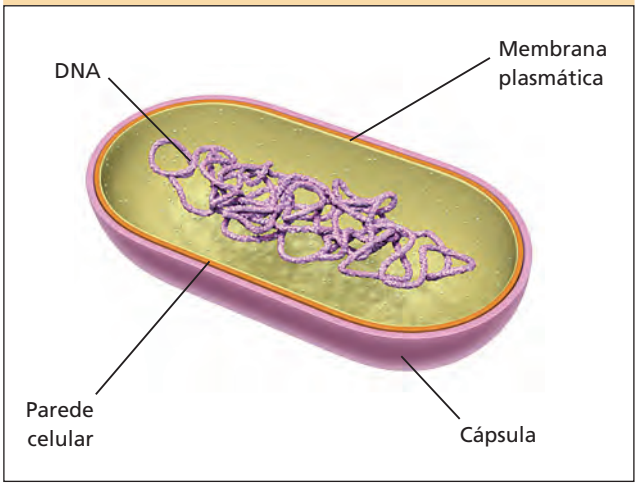
O surgimento do gás oxigênio causou grande mortalidade de organismos no início, pois ele pode provocar danos ao metabolismo celular. No entanto, alguns procariontes ficaram restritos a ambientes anaeróbios, ao passo que outros passaram a usar esse gás em um novo processo metabólico: a respiração celular aeróbia. A partir de então, com o surgimento do metabolismo aeróbio, a diversidade da vida aumentou consideravelmente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Evolução da célula

As células procarióticas apresentam como material genético uma molécula circular de DNA dispersa no citoplasma, não havendo núcleo nem organelas citoplasmáticas membranosas. Na maioria dos casos, há ainda a parede celular, de composição química variada e externa à membrana plasmática. Além disso, há em algumas espécies um envoltório externo à parede celular, a **cápsula**, que é composta principalmente de polissacarídeos e proteínas e exerce funções como proteção e aderência a substratos.

Célula procariótica



ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em TORTORA, G. J. *et al.* **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 76.

Representação de célula procariótica atual, vista em corte. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

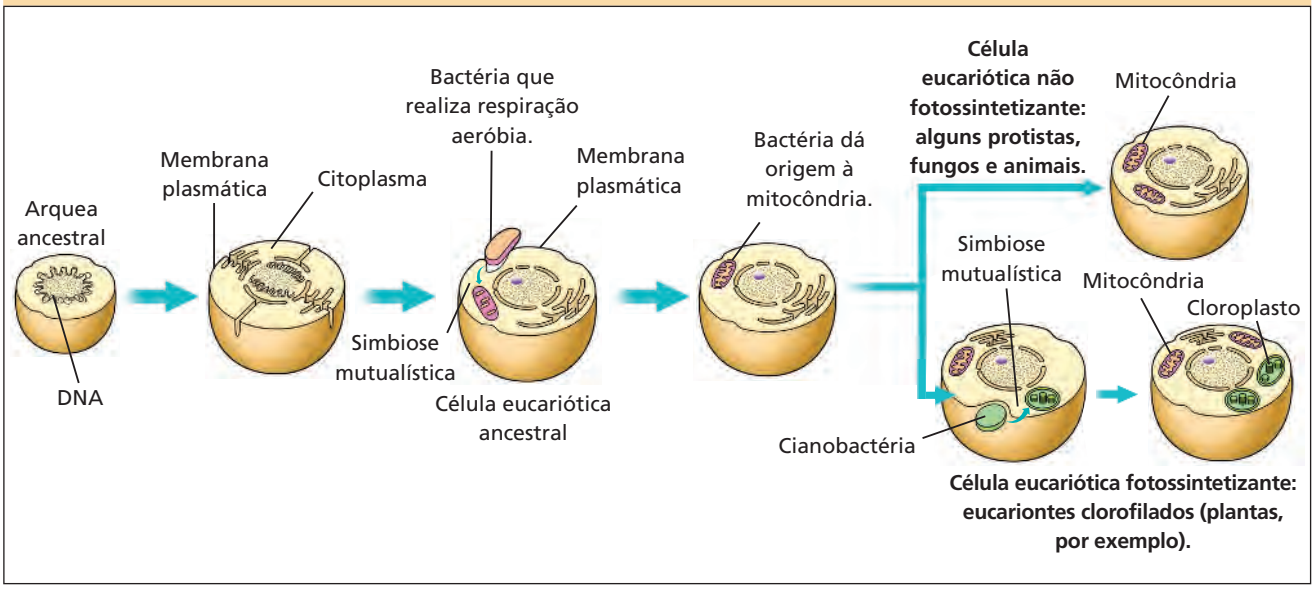
Células **eucarióticas** (do grego, *eu* = verdadeiro; *kárion* = núcleo) devem ter surgido por volta de 1,8 bilhão de anos, data do primeiro registro fóssil desse tipo celular. Os organismos que as apresentam são chamados **eucariontes** ou **eucariotos**.

Células eucarióticas provavelmente surgiram de um grupo ancestral de arquea que teria perdido a parede celular. Depois, a membrana plasmática teria passado a apresentar dobramentos que propiciaram o aumento do tamanho da célula, dando início à diferenciação do núcleo e de organelas citoplasmáticas membranosas, exceto mitocôndrias e cloroplastos.

A origem das mitocôndrias e dos cloroplastos tem sido explicada pela **hipótese endossimbiótica sequencial**, ou **simbiogênese**, que foi formulada inicialmente em 1910 pelo biólogo russo Konstantin Mereschkowsky (1855-1921) e resgatada e aperfeiçoada na década de 1960 pela bióloga estadunidense Lynn Margulis (1938-2011).

Segundo essa hipótese, teria ocorrido associação mutualística da célula eucariótica em diferenciação com um grupo específico de bactérias que realizavam respiração aeróbia. Essa associação teria sido benéfica para ambas as participantes, mantendo-se ao longo do tempo; e as bactérias teriam dado origem às mitocôndrias. Dessa linhagem teria derivado a maioria dos eucariontes heterótrofos, como as amebas, os fungos e os animais. Depois de formadas as mitocôndrias, teria ocorrido outro evento de endossimbiose, dessa vez com cianobactérias (um tipo de bactéria fotossintetizante), que deram origem aos cloroplastos. Dessa linhagem teriam derivado os eucariontes fotossintetizantes, como as plantas e as diatomáceas.

Origem da célula eucariótica



ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

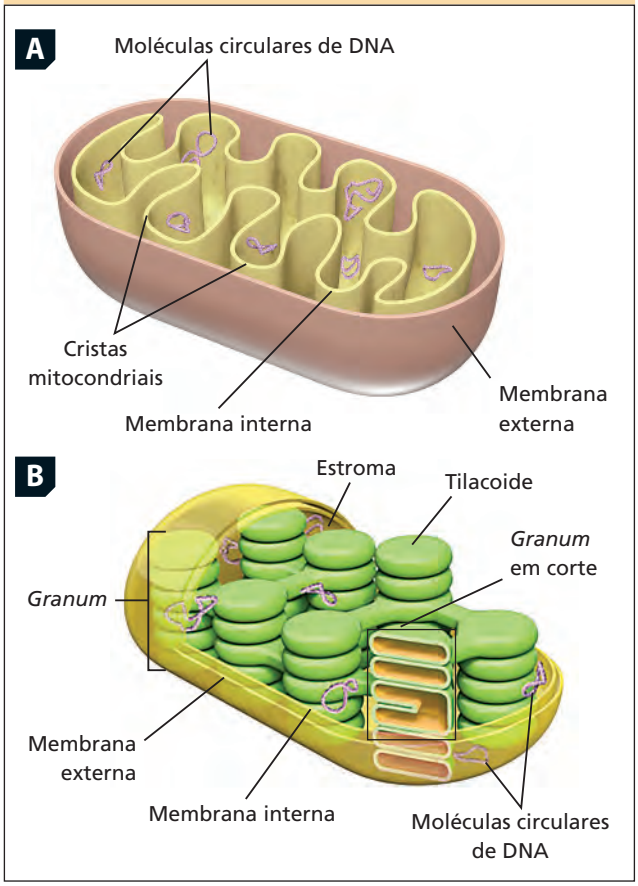
Fonte: elaborado com base em URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. Nova York: Pearson Education, 2020.

Representação da hipótese da origem das células eucarióticas. As células foram representadas em corte para visualização das estruturas internas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Essa hipótese tem sido bem-aceita na comunidade científica, uma vez que existem fortes evidências que a corroboram: presença de duas membranas delimitando essas organelas, ao passo que as demais são delimitadas por apenas uma; são as únicas estruturas citoplasmáticas com o próprio material genético e capazes de se dividir independentemente da divisão da célula; presença de RNA e ribossomos e realização da síntese de algumas de suas proteínas; e, durante o processo de endossimbiose, incorporação de parte do material genético dos procariontes ancestrais no DNA do núcleo da célula.

Mitocôndria e cloroplasto



ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

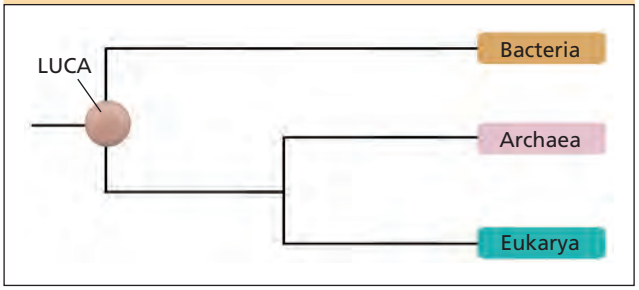
Fonte: elaborado com base em URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. Nova York: Pearson Education, 2020.

Representações de mitocôndria em corte **(A)** e cloroplasto em corte **(B)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Atualmente considera-se que todos os eucariontes estão reunidos em uma mesma categoria taxonômica: o **domínio Eukarya**. Assim, há três domínios de seres vivos: **Bacteria**, **Archaea** e **Eukarya**.

A figura a seguir representa uma hipótese simplificada das relações evolutivas entre os três domínios da vida, mostrando que, a partir de um ancestral comum hipotético, denominado LUCA (sigla em inglês para *last universal common ancestor*, traduzido como "último ancestral comum universal"), teriam surgido duas linhagens: uma que deu origem às bactérias, e outra que, mais tarde, dividiu-se em arqueas e eucariontes.

Parentesco entre os domínios



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

Prováveis relações de parentesco entre os domínios Bacteria, Archaea e Eukarya.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

5. Considerando que a Terra em seus primórdios foi impactada por muitos meteoritos de diferentes tamanhos e composições, como alguns deles podem contribuir para a compreensão da origem da vida na Terra? Compare sua resposta com a hipótese proposta por Oparin e Haldane.
6. Os estudos com meteoritos e cometas sugerem que seres vivos podem ter chegado à Terra por meio de corpos celestes? Justifique.
7. A estreptomicina e o cloranfenicol são substâncias que inibem a síntese de proteínas em procariontes, mitocôndrias e cloroplastos. Essa informação poderia ser associada como evidência da simbiogênese? Justifique.
8. Cite uma característica da estrutura de cloroplastos e mitocôndrias que dão apoio à simbiogênese.

Surgimento dos multicelulares eucariontes

Outro grande evento evolutivo na história da vida foi a origem dos seres multicelulares eucariontes. Muitas evidências sugerem que a multicelularidade surgiu de modo independente em vários grupos de eucariontes. Em todos esses casos, os multicelulares teriam se originado de ancestrais unicelulares eucariontes, cujas células teriam ficado unidas após sucessivas divisões. Além de unidas, essas células teriam passado a se especializar e a cooperar entre si, tornando-se incapazes de viver de forma independente.

Embora não se saiba exatamente quando esses eventos ocorreram, os primeiros fósseis de multicelulares eucariontes conhecidos são de pequenas algas marinhas, datados de aproximadamente 1,2 bilhão de anos.

Já a colonização do ambiente terrestre pelos multicelulares teria ocorrido por volta de 420 milhões de anos atrás. Evidências apontam que os fungos e as plantas foram os primeiros a ocupar esse ambiente, seguidos pelos animais.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Qual alternativa reúne a(s) principal(is) característica(s) para considerar uma entidade como ser vivo com base na proposta que analisamos no capítulo? 1. Alternativa **d**.

a. Apresentar membrana lipídica para separação do ambiente.

b. Realizar reações químicas para garantir a sobrevivência e a reprodução.

c. Ser capaz de realizar fotossíntese.

d. Apresentar compartimentalização, informação e metabolismo.

e. Depender de outros organismos como hospedeiros para realizar funções metabólicas.

2. (Enem) Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea.

Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que: 2. Alternativa **c**.

a. seres vivos podem ser criados em laboratório.

b. a vida se originou no planeta a partir de microrganismos.

c. o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo preexistente.

d. seres vermiformes e microrganismos são evolutivamente aparentados.

e. vermes e microrganismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.

3. (Enem) Segundo a teoria evolutiva mais aceita hoje, as mitocôndrias, organelas celulares responsáveis pela produção de ATP em células eucariotas, assim como os cloroplastos, teriam sido originados de procariontes ancestrais que foram incorporados por células mais complexas.

Uma característica da mitocôndria que sustenta essa teoria é a: 3. Alternativa **d**.

a. capacidade de produzir moléculas de ATP.

b. presença de parede celular semelhante à de procariontes.

c. presença de membranas envolvendo e separando a matriz mitocondrial do citoplasma.

d. capacidade de autoduplicação dada por DNA circular próprio semelhante ao bacteriano.

e. presença de um sistema enzimático eficiente às reações químicas do metabolismo aeróbio.

4. Leia os textos a seguir e associe cada um deles às explicações propostas ao longo do tempo sobre a origem da vida, ressaltando os pontos que respaldam suas respostas.

a. [...] A energia proveniente de descargas elétricas (relâmpagos) e da luz solar (principalmente de alta energia, como a luz ultravioleta) pode ter permitido a realização de reações químicas que formariam vários compostos intermediários importantes para a formação de moléculas orgânicas mais complexas, que coexistiriam no oceano primitivo. [...]

Fonte: MENK, C. F. M. *et al.* Origem da vida: um tempo curto para uma experiência bem-sucedida. *In*: MATIOLI, S. R.; FERNANDES, F. M. C. (org.). **Biologia Molecular e Evolução**. 2. ed. São Paulo: Holos/Sociedade Brasileira de Genética, 2012. p. 14.

b. [...] Outra sugestão interessante é a proposta por Juan Oró (1961), na qual ele considera que a presença de matéria orgânica em meteoritos não só comprova sua origem abiótica como também sugere que [eles trouxeram] vários dos componentes necessários para a origem da vida. [...]

Fonte: MENK, C. F. M. *et al.* Origem da vida: um tempo curto para uma experiência bem-sucedida. *In*: MATIOLI, S. R.; FERNANDES, F. M. C. (org.). **Biologia Molecular e Evolução**. 2. ed. São Paulo: Holos/Sociedade Brasileira de Genética, 2012. p. 16.

5. Dengue, *chikungunya* e zika são doenças que ocorrem no Brasil. Uma das principais recomendações para evitá-las é combater o mosquito vetor, o *Aedes aegypti*, tanto em sua fase larval como em sua fase adulta. O combate à fase larval deve ser feito evitando-se o acúmulo de água em locais como vasos, garrafas e pneus, pois esse inseto deposita seus ovos em água parada. Com base nessas informações, faça o que se pede.

a. Como uma pessoa adepta à teoria da abiogênese explicaria o surgimento das larvas desse mosquito na água? E como explicaria o italiano Francesco Redi?

b. Elabore e descreva um experimento para testar a hipótese de que as larvas do mosquito foram postas na água e não surgiram por geração espontânea.

6. Sobre a atmosfera primitiva, responda.

a. Como a força da gravidade se relaciona com a existência de atmosfera na Terra?

b. Como a alta incidência de radiação ultravioleta (UV) na superfície terrestre influenciou a origem da vida?

c. Sabendo que o ozônio (O_3) é um gás que se forma da dissociação do oxigênio molecular (O_2) em função da radiação UV e posterior recombinação dos átomos de oxigênio com O_2, como a formação da camada de ozônio se relaciona com a vida na Terra?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 2

Evolução



LUIZ PUNTEL/ALAMY/FOTOARENA

Fotografia, em um recife tropical (Recife, PE, 2019), ilustrando pequena parte da enorme diversidade atual de vida.

De acordo com o *Catalogue of life* (disponível em: https://www.catalogueoflife.org/; acesso em: 30 set. 2024), em abril de 2024 contabilizava-se 1.530.977 animais, 381.528 plantas, 154.534 fungos e 76.828 distribuídos em outros grupos de seres vivos.

De acordo com dados do *site Catalogue of life* (Catálogo da vida, em português), que mantém atualizações do número de espécies descritas no mundo, havia, em 2024, cerca de 2,1 milhões de espécies. Apesar dessa quantidade expressiva, estima-se que haja muitas mais a serem conhecidas. Vivemos, no entanto, em uma época de ameaças à biodiversidade e corremos o risco de parte das espécies existentes atualmente ser extinta antes de uma catalogação. Por isso, a ação de todos os setores da sociedade é fundamental para o sucesso e a ampliação de políticas de conservação.

Neste capítulo, analisaremos os processos evolutivos, tema central de toda a Biologia moderna. O estudo desses processos nos habilita a entender como surge a diversidade e como se estabelecem hipóteses de relações de parentesco entre os diferentes grupos de seres vivos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

As teorias evolutivas

O entendimento de que as populações de seres vivos evoluem passou por longa discussão envolvendo pesquisadores e sociedade. A aceitação das ideias evolutivas não foi fácil, nem livre de disputas acirradas. Até hoje há correntes que contestam a evolução, defendendo a criação divina dos seres vivos, corrente chamada **criacionismo**. Uma vez criados, há os que defendem que os seres vivos não mudam ao longo do tempo, falando-se em **fixismo**. As ideias evolutivas, no entanto, são as mais amplamente aceitas na comunidade científica e são a base dos estudos atuais na área biológica.

Vamos analisar as duas principais ideias evolutivas que surgiram ao longo do tempo e a síntese moderna da evolução.

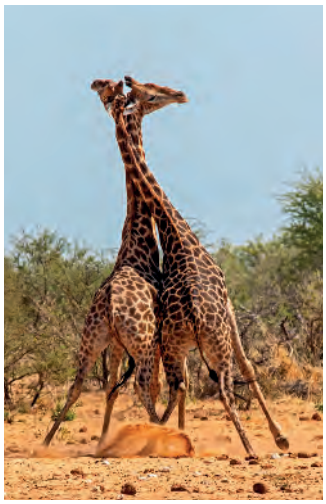
Para ampliar a abordagem histórica do tema da seleção natural dos estudantes, indique a leitura de trechos do artigo: PAPAVERO, N.; SANTOS, C. F. M. dos. Contribuições de Alfred Russel Wallace à Teoria da Evolução. **Revista Brasileira de História**. São Paulo, v. 34, n. 67, p. 159-180, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbh/a/G6z3gmqHCJPXzxrnTNj8mQP. Acesso em: 30 set. 2024.

As ideias de Lamarck

O naturalista francês Jean-Baptiste **Lamarck** (1744-1829) propôs em seu amplo trabalho publicado em 1809 na revista *Philosophie Zoologique* (Filosofia Zoológica, em português) um sistema teórico completo para explicar a evolução biológica, pautando-se em fenômenos observáveis da natureza. Duas de suas leis acabaram recebendo maior destaque: a **lei do uso e desuso** – o uso de determinadas partes do corpo faz com que elas se desenvolvam e o desuso faz com que elas se atrofiem – e a **lei da herança dos caracteres adquiridos** – as características que os indivíduos adquirem em sua vida são passadas aos descendentes.

Um dos exemplos mais clássicos dessas leis é a evolução do pescoço da girafa, que teria se tornado longo pelo contínuo esforço para se alimentar de folhas em árvores altas.

Apesar de hoje sabermos que as girafas se alimentam também de arbustos e que o longo pescoço está relacionado à competição entre machos na disputa pelas fêmeas e à vigilância contra predadores, as características não surgem pelo uso ou desaparecem pelo desuso, e as adquiridas ao longo da vida não são transmitidas aos descendentes. Na época, os mecanismos de herança eram pouco conhecidos, de modo que essas explicações foram dadas com o que se podia inferir dos dados disponíveis.



BILL GOZANSKY/ALAMY/FOTOARENA

Girafas-macho (*Giraffa giraffa*) em disputa por fêmea para acasalamento. Esses animais medem cerca de 5 m de altura. (Parque Nacional Etosha, Namíbia, nov. 2018.)

As ideias de Darwin e Wallace

Os pesquisadores ingleses Charles Robert **Darwin** (1809-1882) e Alfred Russel **Wallace** (1823-1913), trabalhando de modo independente, formularam ideias muito semelhantes entre si: as espécies mudam ao longo do tempo, ou seja, evoluem, e esse processo ocorre por meio da **seleção natural**.

Registre em seu caderno

NA PRÁTICA Jogo presa-predador

Entre muitos fatores que se relacionam com a sobrevivência das espécies e sua evolução, está a obtenção de alimentos, que, em muitos casos, estabelece a relação presa-predador. Um exemplo é o da mariposa da espécie *Biston betularia*, encontrada na Inglaterra, predada por aves. Essa mariposa tem por hábito pousar em troncos de árvore e apresenta uma variedade de cor clara e uma melânica, de tom escuro.



PRISMA BY DUKAS PRESSEAGENTUR GMBH/ALAMY/FOTOARENA



NATURAL HISTORY MUSEUM, LONDON/ALAMY/FOTOARENA

Fotografias das formas clara e melânica da mariposa *Biston betularia* sobre tronco de coloração esbranquiçada **(A)** e sobre tronco coberto de fuligem **(B)**. As mariposas medem cerca de 5,6 cm de envergadura.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

OBJETIVO

Por meio de um jogo, simular o que pode acontecer com as características dos indivíduos que compõem uma população de presas (mariposas), em razão da ação de predadores (aves), em diferentes ambientes.

PREPARE-SE!

Supondo uma população inicial de mariposas em que há indivíduos claros e indivíduos escuros (forma melânica) em iguais proporções, o que ocorreria com essa população diante de seus predadores, as aves, no caso de o tronco da árvore onde pousam ser de cor predominantemente clara? E se for predominantemente mais escura? Elaborem suas hipóteses.

MATERIAL

- Cartolina branca
- Cartolina preta
- Tesoura com pontas arredondadas
- Régua
- Lápis
- Caderno para anotações
- Cronômetro

PROCEDIMENTO

Etapa 1 Montagem dos tabuleiros e das peças

- Recortar um quadrado de 30 cm de lado da cartolina branca e outro da cartolina preta. Eles serão os tabuleiros.
- Recortar 50 quadrados brancos e 50 quadrados pretos com 1 cm de lado. Eles serão as peças e vão representar as presas.

Etapa 2 Como jogar

- Reúnam-se em grupos de, no máximo, seis integrantes.
- Todos os grupos devem começar e terminar cada rodada juntos e sob a direção do professor.
- Sobre o tabuleiro branco, espalhem 12 quadrados brancos e 12 pretos. Cuidado para um não encobrir o outro. Façam o mesmo com o tabuleiro preto.
- Serão feitas cinco rodadas de 10 segundos cada uma. O cronômetro será usado pelo professor para marcar o tempo. Em cada rodada, duas pessoas do grupo assumirão o papel de predador, uma em cada tabuleiro. O objetivo do predador será retirar do tabuleiro, um a um, o maior número possível de quadrados (não importa a cor), em um intervalo de tempo de 10 segundos. Depois disso, restarão apenas alguns quadrados sobre o tabuleiro, que representam as presas sobreviventes.
- Terminada essa rodada, as presas sobreviventes vão se reproduzir. Para representar esse processo, deve ser acrescentado um descendente (um quadrado da mesma cor) para cada sobrevivente da população de presas. Assim, se sobrarem dois quadrados brancos e três pretos, por exemplo, deverão ser acrescentados mais dois quadrados brancos e mais três pretos antes de começar a próxima rodada.
- Em cada rodada, no início e no final da sessão de captura, deve-se contar o número de quadrados brancos e pretos sobre o tabuleiro, registrando em uma tabela o número de quadrados capturados e o número restante. Se possível, elaborem a tabela utilizando um *software* de planilha. Caso uma das variedades fique sem quadrados no tabuleiro, o jogo termina com sua extinção.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Com os dados da tabela, montem gráficos de linha, um para cada tabuleiro, com os números iniciais das cinco gerações, para quadrados brancos e pretos, separadamente. Notem que em cada gráfico aparecerão dois traçados, um para cada variedade de cor. Comparem os traçados, associando a cor dos quadrados com a cor do tabuleiro.
2. Calculem as porcentagens de quadrados brancos e de quadrados pretos (categorias) no início de cada uma das gerações e representem-nas em dois gráficos, sendo um para o tabuleiro branco e outro para o tabuleiro preto. Para isso, utilizem gráficos de barras empilhadas. As barras (em nosso caso, cinco) têm a mesma altura total, correspondendo a 100% dos quadrados. Cada uma é, então, subdividida em segmentos com alturas proporcionais às porcentagens das duas categorias de quadrados.
3. Comparem os resultados entre os tabuleiros. Alguma variedade de cor tornou-se majoritária no decorrer das gerações? Formulem uma explicação para isso e relacionem com a hipótese que seu grupo propôs para o exemplo das mariposas apresentado no início da atividade. A hipótese foi corroborada?
4. O que você acha que aconteceria se, depois da segunda captura e reposição no tabuleiro branco, ele fosse trocado para o de cor preta e o jogo tivesse continuado até a última rodada? O que representaria essa situação na natureza?

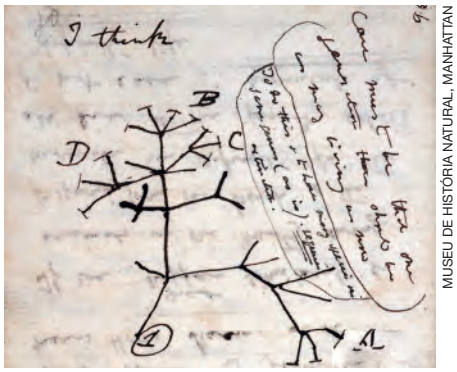
Wallace realizou pesquisas na Amazônia e no arquipélago Malaio e, em 1858, escreveu uma carta a Darwin com suas observações. Ao lê-la, Darwin notou a coincidência com o que já vinha elaborando: a evolução das espécies pela seleção natural.

Nesse mesmo ano, as ideias de Darwin e Wallace foram apresentadas, separadamente, à comunidade científica e, no ano seguinte, Charles Darwin publicou a primeira edição do livro que começaria a mudar a história da Biologia: *A origem das espécies por meio da seleção natural, ou preservação das raças favorecidas na luta pela vida*.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os estudos de Darwin tiveram início com observações da natureza realizadas ao redor do mundo quando viajou de 1831 a 1836 com o navio inglês H.M.S. Beagle. Continuou suas análises após seu retorno à Inglaterra, realizou experimentações, perguntando-se, por exemplo, por que espécies similares variam de local para local e fósseis de animais assemelham-se a espécies viventes.

Com seus estudos, Darwin concluiu que as espécies podem mudar ao longo do tempo, em um processo que chamou de **descendência com modificação**. Para ele, esse processo deve ter ocorrido desde a origem da vida, de modo que todos os seres vivos estariam ligados em uma árvore da vida por um ancestral comum. Essa ideia começou a ser esboçada em 1837, quando ele desenhou, em um caderno de anotações, uma árvore simplificada e escreveu acima dela: "Eu penso".



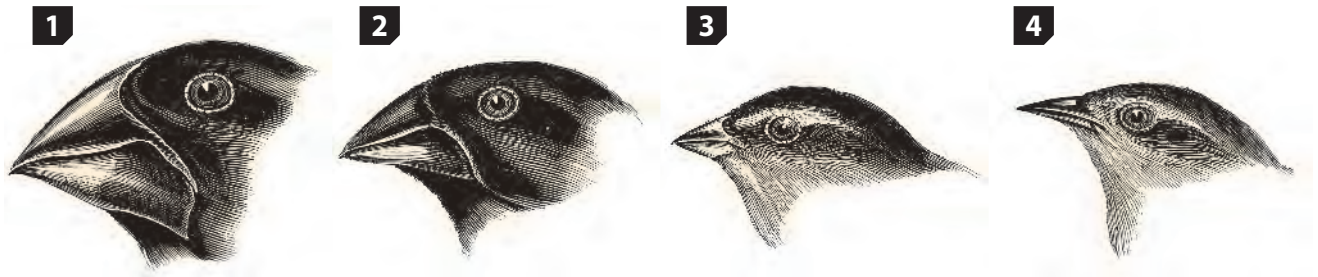
MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL, MANHATTAN

"Eu penso." Esboço de árvore da vida feito por Darwin, em 1837, em seu caderno de anotações.

A seleção natural seria a explicação de como esse processo ocorre.

Entre seus estudos, estão aqueles com as espécies de tentilhão que encontrou no arquipélago de Galápagos no oceano Pacífico, a cerca de mil quilômetros da costa do Equador. Darwin notou que cada espécie apresentava diferenças no tamanho e na forma dos bicos e que essas variações estavam relacionadas ao tipo de alimento disponível em cada ilha.

OBJETO DIGITAL
Infográfico clicável: Viagem de Darwin pelo mundo a bordo do Beagle



JOHN GOULD/CHARLES DARWIN - COLEÇÃO PARTICULAR

Fonte: DARWIN, C. R. **Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world, under the Command of Capt. Fitz Roy, R.N.** 2. ed. London: J. Murray, 1845.

Representação de quatro das treze espécies de tentilhões do arquipélago de Galápagos publicados na obra de Darwin, de 1845.

Ele propôs que essas espécies de tentilhão teriam surgido por seleção natural a partir de uma espécie ancestral que vivia no continente. Ao imigrar para Galápagos, colonizando as diferentes ilhas, a população ancestral foi se diferenciando ao longo do tempo em razão de pressões seletivas distintas em cada ilha. Essas pressões favoreceram as características que conferiam maiores vantagens adaptativas para cada condição ambiental.

OBJETO DIGITAL
Infográfico clicável: Galápagos

As ideias de Darwin também foram influenciadas pelo livro *Princípios de Geologia*, do geólogo inglês Charles **Lyell** (1797-1875), e pelo estudo do economista inglês Thomas **Malthus** (1766-1834) sobre populações humanas.

A obra de Lyell argumenta que a Terra passa por mudanças geológicas graduais ao longo do tempo, o que inspirou Darwin a considerar mudanças evolutivas graduais nas espécies.

Malthus destacou que o crescimento populacional tende a superar o crescimento dos recursos necessários para a sobrevivência dos indivíduos, o que acaba por limitar o crescimento da população.

Darwin viu nessa ideia uma analogia com o que ocorre na natureza. Como nascem mais indivíduos do que o ambiente pode sustentar, nem todos conseguem sobreviver. Somente sobrevivem os que apresentam características que lhes conferem maiores chances de obter recursos, crescer e se reproduzir. Se forem hereditárias, as características vantajosas passam aos descendentes. Ao longo do tempo e em função do meio, esse processo resulta em modificações na população. Mudando a condição ambiental, alteram-se as características selecionadas e a proporção com que elas ocorrem na população.

A síntese moderna da evolução

Para haver evolução, é fundamental que exista variabilidade entre os indivíduos da população. Na época de Lamarck, Darwin e Wallace, as explicações a respeito do que gera a variabilidade e como ocorre a transmissão das características hereditárias ao longo das gerações eram ainda incipientes.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A explicação mais completa a respeito do que gera a variabilidade na população e de como ocorre a transmissão das características hereditárias surgiu somente mais tarde, com o desenvolvimento da **Genética** e da **Biologia Molecular**. Foram necessárias décadas até que as noções dessas áreas fossem incorporadas às explicações evolutivas.

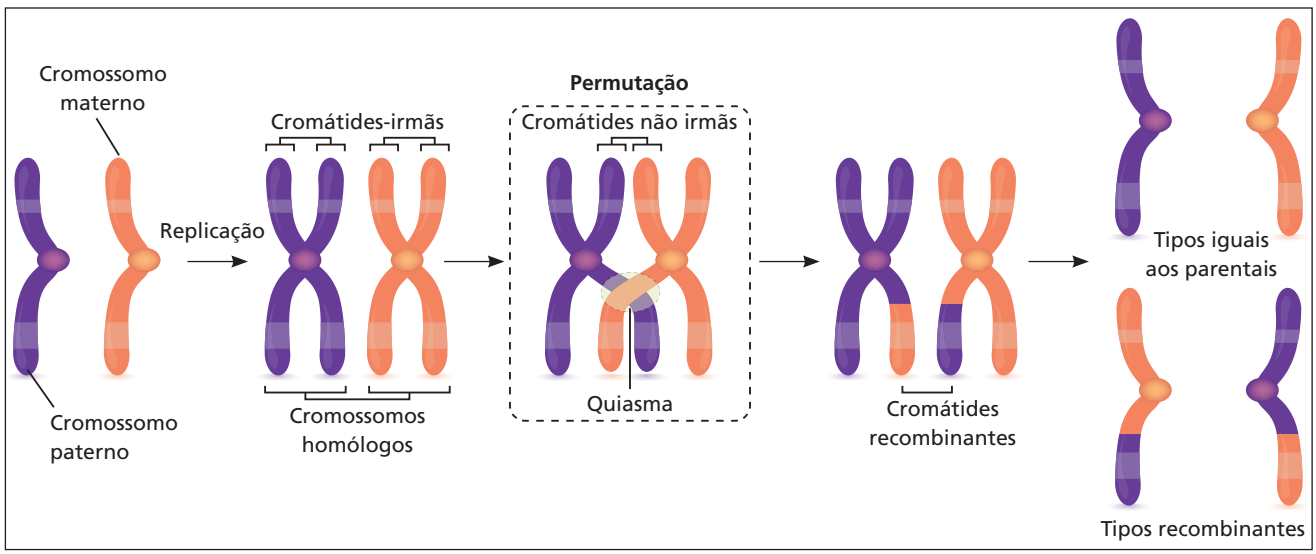
Durante a primeira metade do século XX, os conhecimentos acumulados promoveram o surgimento da **Teoria sintética da evolução**, de cuja formulação vários cientistas participaram. Nessa teoria, são considerados os conjuntos de **fatores evolutivos** atuantes nas populações. Além da seleção natural, os demais fatores são: mutação, reprodução sexuada, migração e deriva genética.

Mutações e meiose serão estudados em maior detalhe na unidade 6.

As **mutações** são alterações no DNA e a fonte primária da variabilidade. Elas ocorrem ao acaso, de modo que não se pode prever em quais trechos do DNA elas vão ocorrer. Podem ocorrer de maneira espontânea durante a replicação do DNA, mas determinados fatores, considerados mutagênicos, podem aumentar a taxa de mutação, caso da radiação ultravioleta, dos raios X e de diversos produtos químicos.

A **reprodução sexuada** promove aumento da variabilidade genética na população tanto em razão da meiose quanto da união aleatória dos gametas na fecundação. A **meiose** é um tipo de divisão celular em que há a separação dos cromossomos homólogos, de modo que de uma célula inicial diploide (com dois conjuntos de cromossomos homólogos) formam-se quatro células-filhas haploides, ou seja, com metade do número de cromossomos da célula inicial. A separação dos cromossomos homólogos é aleatória e sempre ocorre, em cada par, pelo menos uma **permutação**, que é a troca de trechos entre eles. Esses mecanismos geram variabilidade nas células resultantes. Nos animais, a meiose ocorre na formação de gametas. Na fecundação, os gametas masculino e feminino se unem aleatoriamente, o que gera variabilidade genética nos descendentes. Estes herdam metade do número de cromossomos de cada genitor, o que restabelece o número de cromossomos típico da espécie. Os indivíduos formados não serão idênticos aos seus genitores, mas semelhantes a eles.

RUJIRAT BOONYONG/ISTOCK/GETTY IMAGES



Fonte: elaborado com base em ALBERTS, B. *et al*. **Molecular Biology of the Cell**. 6. ed. New York: Garland Science, 2014.

Representação simplificada de meiose com destaque apenas para um par de cromossomos homólogos. Note que de um par de homólogos no início do processo temos, ao final, quatro cromossomos, e em dois deles nota-se o resultado da permutação. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A **migração** corresponde aos processos de entrada (imigração) ou saída (emigração) de indivíduos de uma população. Ela permite que se estabeleça fluxo gênico entre populações de mesma espécie, possibilitando diminuir as diferenças genéticas entre elas. A entrada de novos indivíduos em uma população pode propiciar aumento da diversidade genética, ao passo que a saída pode reduzir essa diversidade, o que depende do tamanho de cada população.

A **deriva genética** corresponde a processos aleatórios, como queimadas ou terremotos, que alteram a variabilidade genética de uma população sem relação com a adaptação dos indivíduos ao meio. Em populações pequenas, os efeitos da deriva sobre a variabilidade genética são mais evidentes, pois, em algumas gerações, determinadas variações podem sumir, e outras podem aumentar de frequência.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. O que as teorias de Lamarck e de Darwin e Wallace têm em comum?
2. Explique quais são os fatores que geram aumento da variabilidade genética em uma população.
3. Analise o esquema a seguir e associe-o a um dos fatores evolutivos considerados na síntese moderna da evolução. Justifique sua resposta.

Exemplo de fator evolutivo



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de população de besouros antes e depois de uma pessoa pisar em alguns indivíduos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: GENETIC Drift. **Understanding Evolution**, Berkeley, *c.* 2024. Disponível em: https://evolution.berkeley.edu/evolution-101/mechanisms-the-processes-of-evolution/genetic-drift/. Acesso em: 30 set. 2024.

4. Em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde declarou a pandemia de covid-19, e o vírus original evoluiu para uma série de variantes, mudando o perfil da doença ao longo do tempo. Qual fator evolutivo explica o surgimento dessas novas variantes? Justifique sua resposta.

Evidências da evolução

Entender a evolução dos seres vivos e suas relações de parentesco exige a análise de muitas evidências. Entre elas, destacam-se os fósseis, as homologias, os órgãos vestigiais, os dados moleculares e a embriologia comparada. Vamos comentar um pouco cada uma dessas evidências.

Fósseis

É considerado fóssil qualquer indício da presença de organismos que viveram há mais de 11 mil anos na Terra.

Apesar da tendência de conservação das partes duras do corpo nos processos de fossilização, como esqueletos e conchas, há casos em que a parte mole também é preservada. Exemplos notáveis incluem mamutes congelados na Sibéria e insetos fossilizados em âmbar, que resulta da fossilização de resina produzida por árvores.

Fósseis incluem também impressões deixadas em rochas sedimentares por organismos do passado, como pegadas de animais, impressões de folhas e de penas de aves, além de ovos e fezes fossilizadas. Estudar esses fósseis permite conhecer organismos de épocas antigas e de ambientes distintos dos atuais, fornecendo evidências de parentesco evolutivo com espécies contemporâneas.

O estudo dos fósseis nos permitiu entender que, durante a história da vida na Terra, houve cinco **eventos de extinção em massa**, em geral associados a alterações climáticas causadas por vulcanismo ou queda de meteoritos. Os eventos de extinção em massa foram seguidos do surgimento de outras espécies.



SOVFOTO/UIG/FOTOARENA

Fóssil de filhote de mamute de aproximadamente 40 mil anos (1,5 m de comprimento) encontrado na região da Sibéria, Rússia, em 2007.



SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA - MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL, LONDRES

Fóssil de abelha em âmbar, perfeitamente preservado. Estima-se que esse exemplar tenha vivido há 2 milhões de anos. Mede cerca de 1,2 cm de comprimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Estudos recentes sugerem que, desde o início do século XX, estamos vivenciando mais um evento de extinção em massa em razão de ações humanas nos ecossistemas, como desmatamentos, queimadas, poluição da água, do solo e do ar, aquecimento global, além de outras interferências que não respeitam o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse contexto, os povos indígenas e as terras indígenas desempenham um papel crucial na conservação ambiental, sobretudo de áreas florestais e de sua biodiversidade associada, em razão dos conhecimentos e dos modos de vida e interação com o ambiente. O ambiente é parte da identidade cultural e um meio de subsistência para os indígenas, que reconhecem a importância de conservar florestas e rios e de combater as mudanças climáticas e a degradação ambiental.

Fique por dentro

A importância dos povos indígenas para a preservação da natureza

KETTLE, W. A importância dos povos indígenas para a preservação da natureza. *Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST*, Brasília, DF, 19 abr. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mast/pt-br/assuntos/noticias/2023/abril/a-importancia-dos-povos-indigenas-para-a-preservacao-da-natureza. Acesso em: 30 set. 2024.

O texto retrata o papel crucial dos indígenas na conservação ambiental no Brasil.

Registre em seu caderno

EM FOCO Contrabando de fósseis

Leia os dois textos a seguir e responda ao que se pede.

Texto 1

No rastro dos fósseis contrabandeados

O Brasil ganhou em dezembro [2020] uma nova espécie de dinossauro. O animal tinha o tamanho de uma galinha, andava sobre duas patas e tinha o corpo coberto por fios longos e finos – uma forma rudimentar de penas –, além de dois pares de uma estrutura alongada e rígida se projetando em V de seus ombros. Estima-se que *Ubirajara jubatus*, como foi batizado, tenha vivido há cerca de 120 milhões de anos onde hoje está o Nordeste brasileiro, alimentando-se de insetos e pequenos vertebrados. [...] A descoberta se deu a partir de análises de fósseis da bacia do Araripe, na divisa dos estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, uma das regiões com o maior número de casos relatados de tráfico desses materiais no país. O holótipo – peça única que serve de base para a descrição de uma nova espécie – está no Museu de História Natural de Karlsruhe, na Alemanha, o que chamou a atenção de pesquisadores brasileiros. Eles desconfiam de que o fóssil foi retirado ilegalmente do país.

[...]

Diferentemente dos Estados Unidos e de alguns países europeus, os fósseis no Brasil são considerados propriedade do Estado, sejam eles encontrados em terras públicas ou privadas, e, por isso, não podem ser retirados do país ou comercializados. [...]

[...] "Desde os anos 1980 o Araripe conta com um museu estruturado e devotado à preservação do patrimônio fossilífero da região", afirma o biólogo Allysson Pontes Pinheiro, do Departamento de Ciências Físicas e Biológicas da Urca. Situado em Santana do Cariri, o Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens abriga um amplo acervo de fósseis, o qual ajudou a impulsionar a pesquisa científica e a formação de novos cientistas em todo o país. "Em 2005, o governo do Ceará deu um passo além e criou o Geopark Nacional da Bacia do Araripe, para tentar preservar os depósitos fossilíferos locais."

[...]

Fonte: ANDRADE, R. O. No rastro dos fósseis contrabandeados. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, ed. 301, mar. 2021. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/no-rastro-dos-fosseis-contrabandeados/. Acesso em: 30 set. 2024.

Texto 2

Alemanha devolve fóssil *Ubirajara jubatus* ao Cariri cearense

Após anos de negociações em quase três décadas desde que foi contrabandeado do Brasil para Alemanha, o fóssil *Ubirajara jubatus* foi devolvido ao Cariri cearense.

[...]

Retirado de forma irregular do Brasil nos anos 90, [...] retornou à origem no dia 4 de junho [2023].

[...]

Fonte: LONGUINHO, D. Alemanha devolve fóssil Ubirajara jubatus ao Cariri cearense. **Agência Brasil**, Brasília, DF, 12 jun. 2023. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-06/alemanha-devolve-fossil-ubirajara-jubatus-ao-cariri-cearense. Acesso em: 30 set. 2024.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Neste livro, você encontrará indicações dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) quando forem trabalhados temas relacionados a eles. Oriente os estudantes a consultarem as páginas sobre ODS no início do livro.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. O nome *Ubirajara jubatus* é considerado inválido, pois a versão do artigo científico que descreve a espécie, disponibilizada na internet sem passar por revisão de outros pesquisadores, foi cancelada. Isso foi motivado, sobretudo, pelos questionamentos legais levantados por pesquisadores brasileiros e pela ampla repercussão do caso nas redes sociais, com a criação de uma campanha com a #UbirajaraBelongsToBR (Ubirajara pertence ao Brasil, em português). Qual é a questão legal envolvida e como as redes sociais contribuem em casos como esse?
2. Com base nas informações fornecidas no texto, discuta as iniciativas de preservação mencionadas na região da bacia do Araripe e como essas medidas buscam proteger o patrimônio fossilífero local. Além disso, quais são as possíveis consequências do tráfico de fósseis para a pesquisa científica e o desenvolvimento de novos cientistas no Brasil?
3. ODS 11 Com dois ou três colegas de classe, pesquisem mais a respeito do tráfico e da comercialização de fósseis brasileiros e reflitam sobre a importância da preservação do patrimônio científico nacional, dos museus científicos e dos materiais de divulgação científica, além do papel de órgãos oficiais que cuidam da regularização das pesquisas, visando impedir a saída para o exterior de exemplares da biodiversidade brasileira. Apresentem medidas que possam fortalecer e salvaguardar esse patrimônio científico e natural brasileiro. Promovam um debate da turma sobre as reflexões e os dados obtidos nas pesquisas e elaborem um material de divulgação para a comunidade local sobre esse tema.

Fique por dentro

Museu de paleontologia Irajá Damiani Pinto

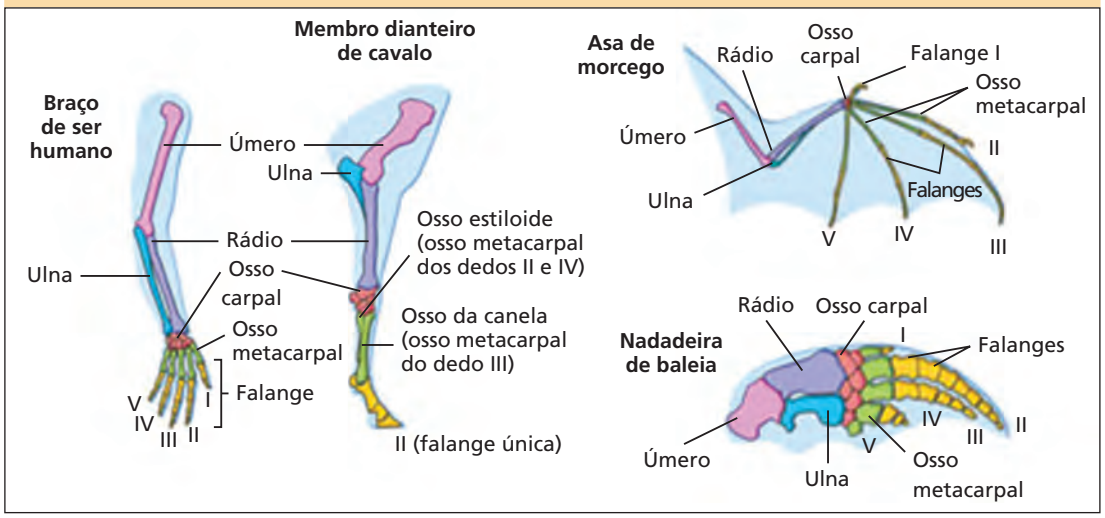
MUSEU DE PALEONTOLOGIA IRAJÁ DAMIANI PINTO. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: https://www.tourvirtual360.com.br/museupaleontologia/. Acesso em: 30 set. 2024.

O endereço eletrônico permite a realização de um *tour* virtual em 360° desse museu de paleontologia e possibilita a interação com algumas peças expostas.

Homologia e analogia

Estruturas **homólogas** são aquelas que compartilham a origem embrionária e derivam de estruturas presentes em um ancestral comum exclusivo, podendo ou não ter modificações relacionadas à mesma função. Um exemplo são os ossos dos membros anteriores de mamíferos, como humanos, cavalos, baleias e morcegos. Nesses casos, como essas estruturas não se relacionam à mesma função, dizemos que houve **divergência evolutiva**, o que pode originar grande variedade de formas adaptativas que exploram de maneira diversificada os recursos do meio.

Estruturas homólogas



ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

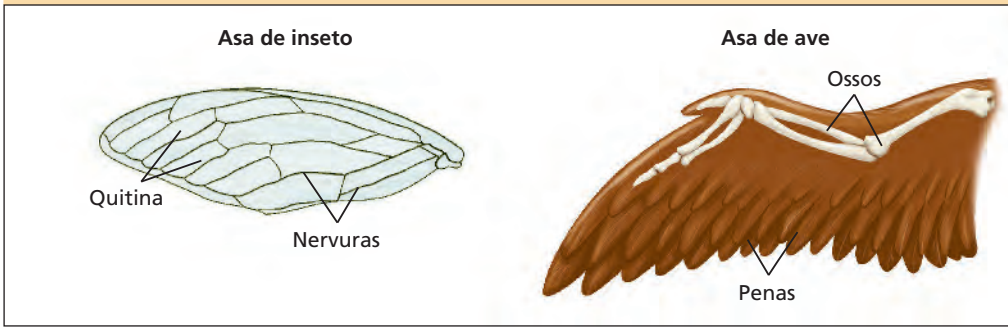
Representação da homologia entre os ossos dos membros anteriores dos mamíferos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Estruturas **análogas**, como as asas de aves e insetos, têm semelhanças apenas funcionais, não compartilham a mesma origem embrionária nem derivam de um ancestral comum exclusivo. Resultam da **evolução convergente**, na qual a adaptação a condições semelhantes do ambiente leva a estruturas similares em grupos de organismos não evolutivamente relacionados.

Estruturas análogas

EDNEI MARX/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Representação de analogia entre a asa de inseto e a de ave. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Estruturas vestigiais

Estruturas vestigiais são partes corporais reduzidas, geralmente sem função conhecida, mas que eram plenamente desenvolvidas e funcionais em ancestrais. No ser humano, um exemplo é o cóccix, formado pela fusão de vértebras da cauda presente em outros mamíferos. Sua persistência é uma evidência da ancestralidade comum com primatas que tinham cauda.

Comparações moleculares

Todos os organismos com estrutura celular apresentam DNA, RNA e proteínas, sendo, por isso, moléculas que podem ser usadas em análises comparativas, visando estabelecer o grau de parentesco entre espécies. Quanto maior for a semelhança nessas moléculas, maior será a proximidade evolutiva entre as espécies.

Embriologia comparada

O estudo comparado da embriologia de diversos animais mostra a grande semelhança de padrão de desenvolvimento inicial. À medida que o embrião se desenvolve, surgem características individualizantes e, por isso, as semelhanças diminuem. Quanto mais distante for a ancestralidade comum entre duas espécies, menor é a semelhança no desenvolvimento embrionário.

Aplique e registre Respostas e subsídios no Suplemento para o professor. Registre em seu caderno

5. Quando se compara os ossos dos braços humanos com os dos membros anteriores de uma onça, qual tipo de similaridade há entre eles: homologia ou analogia? Explique sua resposta.

6. Qual é a importância dos fósseis como evidências da evolução?

Especiação

O surgimento de novas espécies é chamado **especiação**. O conceito de espécie é até hoje alvo de muitas discussões na comunidade científica.

Antes das teorias evolutivas, as espécies eram caracterizadas por uma essência própria, imutável e universal. Essa era a base para o **conceito tipológico de espécie**, que perdurou até a segunda metade do século XIX. Segundo esse conceito, as espécies eram definidas com base em um tipo ideal e todas as variações eram consideradas desvios desse tipo. Nesses casos, as espécies eram definidas com base na semelhança morfológica.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

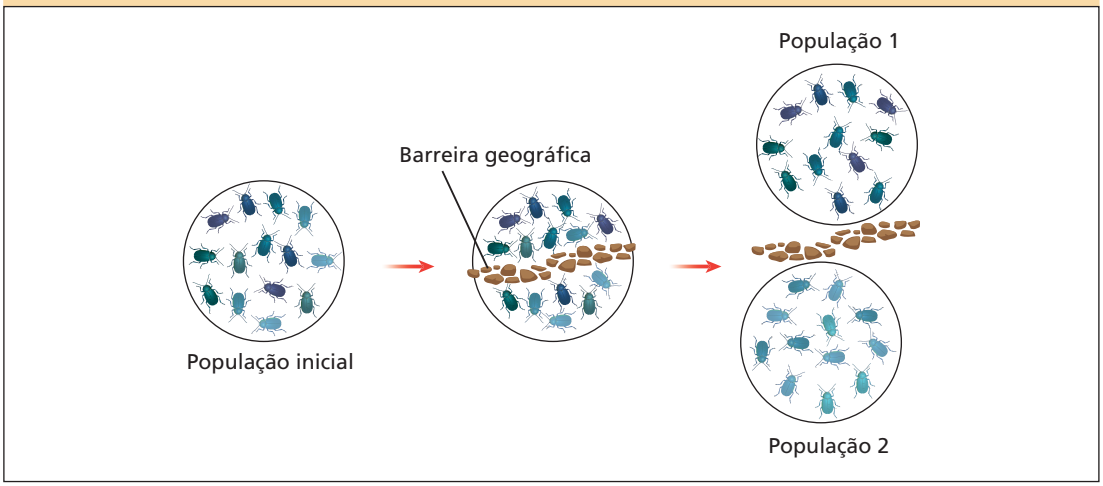
Com a aceitação das ideias evolutivas, surgiu o **conceito biológico de espécie**: grupos de populações naturais com capacidade real ou potencial de cruzar entre si e que são reprodutivamente isoladas de outros grupos de organismos. Esse conceito considera o **isolamento reprodutivo** um fator-chave, mas há exemplos de indivíduos de espécies distintas que podem cruzar entre eles, produzindo híbridos férteis. Além disso, há mais limitações, pois esse conceito é válido apenas para organismos com reprodução sexuada, não possibilita um modo prático para se identificar uma espécie e não se aplica aos fósseis.

Tendo por base o conceito biológico de espécie, vamos analisar a especiação considerando organismos com reprodução sexuada em que se podem distinguir dois tipos principais de processo: a especiação alopátrica, ou geográfica, e a especiação simpátrica.

Na **especiação alopátrica** (do grego, *allos* = outro; *patrã* = pátria) ou **geográfica**, há o surgimento de **barreiras geográficas**, decorrentes, por exemplo, de eventos geológicos como terremotos e formação de montanhas, que separam uma população inicial em duas ou mais. Com isso, deixa de haver fluxo gênico entre indivíduos das populações que foram separadas. Dessa maneira, novas variedades genéticas que surgem em uma das populações não são transmitidas para a outra. Dificilmente as condições do ambiente nas áreas separadas pela barreira são exatamente as mesmas, o que determina diferentes pressões seletivas em cada população. As populações assim separadas vão acumulando diferenças ao longo do tempo, podendo chegar a desenvolver mecanismos de isolamento reprodutivo. Quando isso acontece, considera-se que essas populações pertencem a espécies distintas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Especiação alopátrica



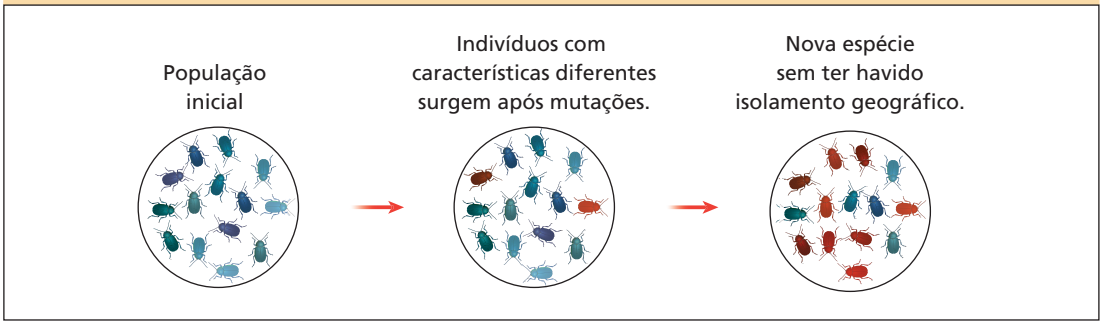
NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Representação de exemplo de especiação alopátrica. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A especiação **simpátrica** (do grego, *sym* = junto) ocorre sem haver o isolamento geográfico. Em uma mesma população, podem surgir mutações gênicas e/ou modificações no comportamento que podem levar ao isolamento reprodutivo, formando novas espécies.

Especiação simpátrica



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Representação de exemplo de especiação simpátrica. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

7. Explique a diferença entre o conceito tipológico de espécie e o conceito biológico de espécie, destacando os critérios utilizados em cada um deles para definir uma espécie. Apresente também algumas limitações do conceito biológico de espécie.

8. A jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*) vive na ilha da Queimada Grande e é evolutivamente próxima da jararaca comum (*Bothrops jararaca*), da Mata Atlântica. Analise as imagens a seguir e responda: qual processo de especiação ocorreu: simpátrico ou alopátrico? Justifique sua resposta.

Modelo de especiação



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em MARQUES, O. A. V.; MARTINS, M.; SAZIMA, I. A jararaca da ilha da Queimada Grande. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 186, 2002.

Representação para explicar a especiação da jararaca da Mata Atlântica e da jararaca-ilhoa. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Classificação biológica e sistemática filogenética

Ao longo do tempo, houve mudanças significativas na classificação dos seres vivos, refletindo a transição do pensamento fixista para a aceitação da evolução como central nos estudos biológicos.

O pesquisador sueco Carl von Linné (1707-1778), também conhecido como **Lineu**, publicou, em 1735, o livro *Systema Naturae* (*Sistema Natural*, em português), que teve várias edições, com modificações e ampliações. Essa obra é um importante marco no estudo dos seres vivos, pois introduziu um sistema de classificação que ordena os seres vivos em categorias hierárquicas, com base em suas semelhanças estruturais e anatômicas, sendo a unidade básica de classificação a **espécie**. Esse modo de classificar é usado até hoje, com algumas modificações, tanto no número de categorias quanto na maneira em que elas são interpretadas. Lineu era criacionista e fixista e seu sistema não buscava refletir relações evolutivas, mas sim organizar a diversidade da vida. Atualmente, são sete categorias hierárquicas obrigatórias constantes do Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (referente aos animais) e do Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Fungos e Plantas, e as categorias taxonômicas buscam refletir relações de parentesco.

Nessa hierarquia, espécies aparentadas são reunidas em um mesmo **gênero**; gêneros aparentados são reunidos em uma mesma **família**; famílias aparentadas em uma **ordem**; ordens aparentadas são reunidas em uma mesma **classe**; classes aparentadas em um mesmo **filo** (para as plantas é comum o uso do termo **divisão**); por fim, os filos estão reunidos em **reinos**. Além dessas, hoje se considera também a categoria de **domínio**, acima de reino. Muitas vezes são utilizadas categorias intermediárias e não obrigatórias, como subfilo e subespécie.

Lineu também estabeleceu regras de nomenclatura utilizadas até hoje. O nome da espécie é binomial, ou seja, é sempre formado por duas palavras escritas em *itálico* ou sublinhadas, ambas em latim ou latinizadas. A primeira palavra é o nome do gênero, escrito com inicial maiúscula, e a

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

segunda é o epíteto específico, com inicial minúscula. O uso de nomes científicos facilita a comunicação entre pessoas que falam idiomas diferentes.

Como exemplo, analise a classificação da onça-pintada, desde a categoria de domínio até a de espécie.

Com os avanços teóricos das ideias evolutivas, surgiu a **sistemática filogenética**, que ganhou destaque a partir de 1966, com os trabalhos do **entomólogo** alemão Willi Hennig (1913-1976).

Essa abordagem entende que a evolução dos seres vivos ocorre basicamente por cladogênese e anagênese.

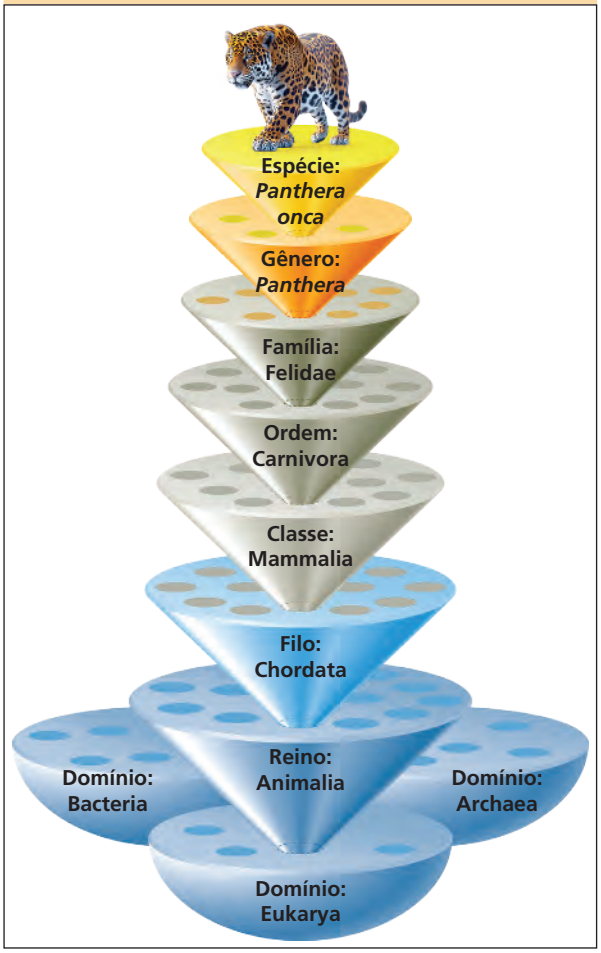
A **cladogênese** (do grego *kládos* = ramo; *génesis* = origem) envolve a separação de populações, que deixam de ter contato.

A **anagênese** (do grego *aná* = para cima) compreende os processos pelos quais um caráter surge ou se modifica em uma população ao longo do tempo, sendo responsáveis pelas novidades evolutivas e pela fixação dessas novidades nas populações por seleção natural. Em razão dos eventos anagenéticos, essas populações modificam-se ao longo do tempo e podem originar espécies distintas.

Esses processos são representados por meio de **cladogramas**, entendidos como hipóteses de parentesco evolutivo entre os grupos de seres vivos. Eles são construídos com base em muitos estudos comparativos, considerando dados morfológicos, moleculares, comportamentais, entre outros. Estão constantemente sendo testados, revisados e atualizados.

Nos cladogramas, a base de onde partem os ramos é chamada **raiz**, e os pontos de onde partem os ramos são chamados **nós**. Estes representam ancestrais comuns hipotéticos para todos os grupos que estão acima do nó. Os grupos que descendem evolutivamente desse ancestral são colocados no ápice dos ramos, compondo os **terminais**.

Classificação da onça-pintada

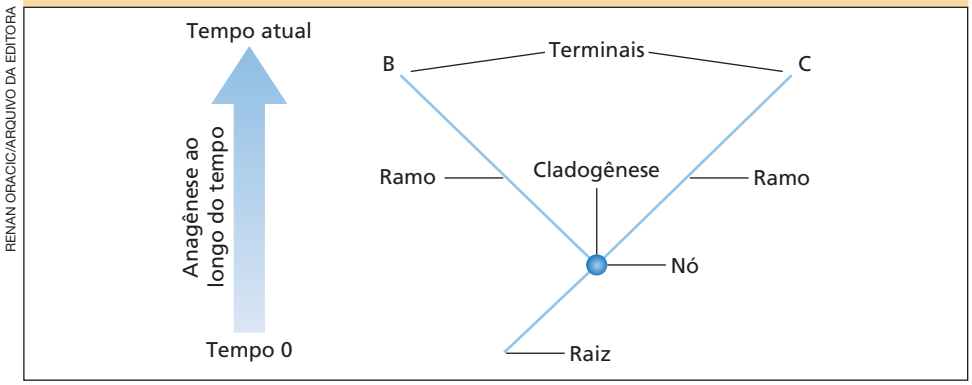


RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Representação do diagrama da hierarquia das atuais categorias taxonômicas. (Imagem sem escala, cores-fantasia.)

Principais partes de um cladograma



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Representação das partes de um cladograma.

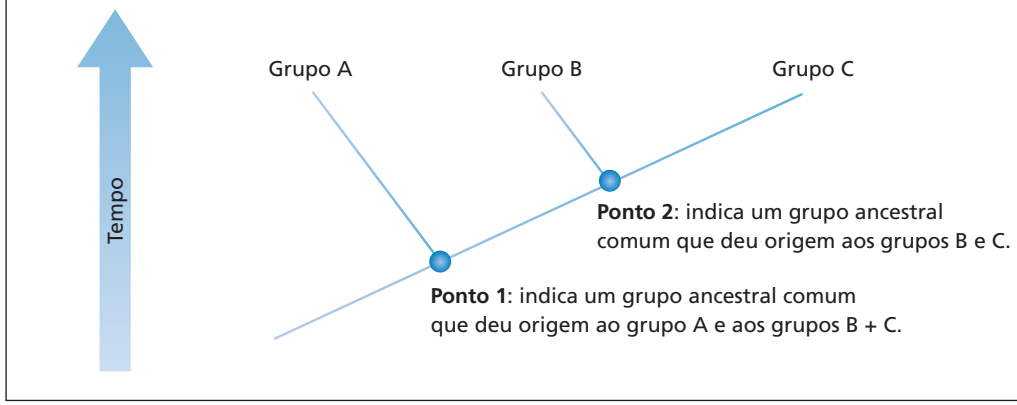
O cladograma a seguir mostra as prováveis relações evolutivas entre os grupos A, B e C e o significado dos nós. O ponto 1 representa um grupo ancestral comum ao ramo que derivou para o grupo A e ao ramo dos grupos B + C. O ponto 2 representa um ancestral comum que é exclusivo dos grupos B e C.

Entomólogo: pesquisador que estuda insetos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Exemplo de cladograma

NEUSA OSIMA/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: elaborado com base em FUTUYMA, D. J.; KIRKPATRICK, M. **Evolution**. 4. ed. Massachussets: Sinauer Associates, 2017.

Representação de cladograma das prováveis relações evolutivas entre os grupos A, B e C.

Grupos que compartilham um mesmo **nó exclusivo** são chamados **grupos-irmãos** e são mais próximos evolutivamente entre si do que os grupos que partem de outro nó. Assim, no cladograma representado, B e C são grupos-irmãos e mais próximos evolutivamente entre si do que com o grupo A.

Grupos que incluem o ancestral exclusivo e todos os descendentes desse ancestral são chamados **monofiléticos** (*mono* = um, único). Somente grupos monofiléticos são aceitos como grupos taxonômicos válidos.

Para construir cladogramas, a escolha dos caracteres deve ser bastante criteriosa, pois podem ser comparados apenas caracteres ou estruturas que sejam homólogos. As estruturas análogas não devem ser comparadas. Retome os conceitos de homologia e analogia com os estudantes, caso eles tenham dúvidas.

Para cada estrutura homóloga, procura-se definir qual é a condição que já existia em um grupo ancestral e qual é a condição nova. A que já existia é chamada de **condição ancestral** (ou **plesiomorfia**), e a nova (novidade evolutiva), de **condição derivada** (ou **apomorfia**). Somente as condições derivadas são usadas para definir os agrupamentos. As condições derivadas dos caracteres e que são exclusivas de cada agrupamento podem ser indicadas nos ramos dos cladogramas.

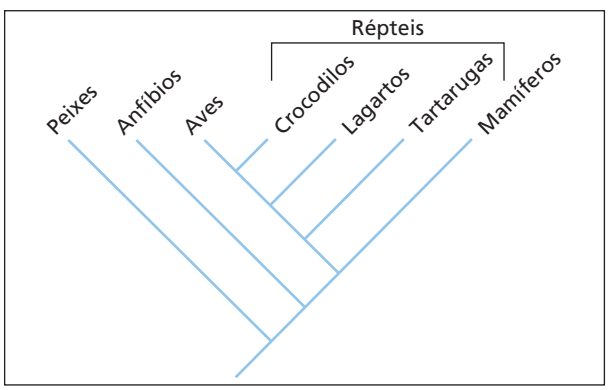
Os grupos naturais são formados apenas por organismos que compartilham a condição derivada de um ou mais caracteres e que descendem de um ancestral comum exclusivo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADE COMENTADA

(Fatec) Na filogenia estão representadas, de acordo com as propostas mais aceitas atualmente para a evolução dos Vertebrados, as relações evolutivas entre alguns grupos de animais.

RENAN ORAGIC/ARQUIVO DA EDITORA



De acordo com as informações contidas na filogenia, é correto afirmar que

a. os répteis possuem um ancestral exclusivo não compartilhado com nenhum outro grupo de animal.
b. os lagartos são tão próximos evolutivamente dos crocodilos quanto são das tartarugas.
c. as tartarugas são mais próximas evolutivamente dos mamíferos do que das aves.
d. os peixes e os anfíbios compartilham um ancestral único e exclusivo.
e. as aves são o grupo mais próximo evolutivamente dos crocodilos.

Estratégia para resolução de problemas

Na resolução de problemas, uma estratégia cada vez mais valorizada é o **pensamento computacional**, que

Continua

deriva da Ciência da Computação, mas não necessariamente exige o uso de computadores. Essa estratégia pode ser aplicada em qualquer área do conhecimento e até mesmo na solução de problemas cotidianos; em atividades anteriores desta obra, você certamente já a utilizou e pode não ter notado. Agora, vamos explicar mais detalhadamente os principais aspectos do pensamento computacional, o que será importante não apenas na resolução desta atividade, mas também em outros desafios. Desse modo, você poderá incorporar criticamente essa estratégia na solução de problemas, tanto em tarefas individuais quanto em grupo, de forma colaborativa.

O pensamento computacional é uma maneira de analisar e resolver problemas utilizando alguns pilares: decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e algoritmos. Nem sempre é necessário usar todos esses pilares e a escolha deles depende da natureza e da complexidade do problema.

A **decomposição** consiste em dividir um problema em partes menores e mais simples, para facilitar sua compreensão e resolução. Com a **abstração**, os dados do problema são analisados e classificados, para que sejam identificadas as informações essenciais para a sua solução e descartadas as informações desnecessárias. O **reconhecimento de padrões** consiste em identificar similaridades entre problemas, para que uma mesma estratégia possa ser replicada, agilizando a resolução. O **algoritmo** corresponde a criar uma sequência ordenada de passos para realizar uma tarefa ou o conjunto de instruções que leva à solução do problema. Nesta atividade, vamos decompor o problema e elaborar um conjunto de passos lógicos para resolvê-lo. Para isso, vamos aplicar nosso conhecimento sobre a leitura e a construção de cladogramas, selecionando as informações mais relevantes e relacionando-as à forma como as filogenias são expressas por meio desse tipo de representação.

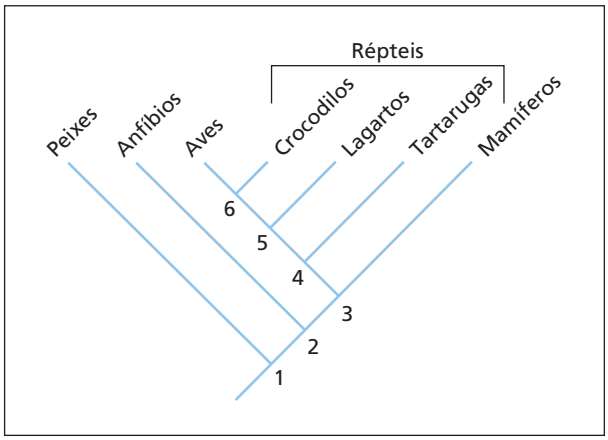
Analisar o enunciado

A questão apresenta um cladograma que mostra as relações evolutivas (filogenia) entre sete grupos de vertebrados. Ele deve ser interpretado durante a análise das alternativas e, para isso, é necessário aplicar o conhecimento sobre como os cladogramas são construídos e o que cada parte dele representa.

Selecionar as informações relevantes

Para interpretar cladogramas, é recomendável decompô-los, analisando cada nó e os ramos que partem deles. Em outras palavras, cada nó representa uma pequena parte do problema a ser resolvido. Vamos elaborar então um algoritmo, interpretando os passos com base na identificação das informações relevantes e do modo como se constrói e se lê um cladograma.

Podemos iniciar a análise numerando os nós que geram cada bifurcação de ramos e verificar quais terminais estão mais relacionados.



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

O nó mais basal (1) indica que todos os vertebrados compartilham um ancestral comum; dele, surge a primeira bifurcação, dando origem a um ramo que derivou para um único terminal, o grupo dos peixes, e outro ramo que sofreu diferenciações posteriores e que inclui os demais vertebrados. Analisando esse ramo, nota-se o segundo nó (2), de onde surge uma nova bifurcação: um ramo deriva para um único terminal, onde está o grupo dos anfíbios, e outro ramo deriva para os demais vertebrados. Neste ramo, surge um terceiro nó (3), com nova bifurcação: um ramo que tem em seu terminal o grupo dos mamíferos e outro ramo que sofre diferenciações. Neste, notam-se três nós, que vamos chamar de 4, 5 e 6. Do nó 4, surge a primeira bifurcação: um ramo deriva para o grupo das tartarugas e outro, para o conjunto formado por lagartos + crocodilos + aves. Em seguida, há nova bifurcação (a partir do nó 5), separando os lagartos do grupo formado pelos crocodilos + aves e, por fim, a uma nova bifurcação (a partir do nó 6), que separa os crocodilos das aves.

Esses dados nos mostram que vertebrados formam um grande grupo monofilético que contém outros grupos monofiléticos menores na seguinte sequência: o grande grupo dos vertebrados (primeiro nó), o grupo que inclui os anfíbios e os demais vertebrados (segundo nó) e o grupo que inclui os mamíferos e o ramo que derivou para tartarugas + lagartos + crocodilos + + aves (terceiro nó). Neste ramo, nota-se a indicação do grupo dos répteis que inclui tartarugas + lagartos + crocodilos, mas não inclui as aves. Isso mostra que o grupo dos répteis não é monofilético, pois não deriva de um ancestral comum exclusivo. Ele somente seria monofilético se incluísse as aves. Estas compartilham o mesmo nó exclusivo (nó 6) com os crocodilos, sendo, assim, grupos-irmãos. Os lagartos compartilham o mesmo nó (5) com crocodilos + aves, e as tartarugas compartilham o mesmo nó (4) com lagartos + + crocodilos + aves.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

Analisar as alternativas

Na alternativa **a**, afirma-se que os répteis não compartilham um ancestral exclusivo com outros animais, mas analisamos que, além de os répteis não serem um grupo monofilético, o ramo que os inclui também originou as aves, e esse ramo parte do terceiro nó, compartilhado com o ramo dos mamíferos. Na alternativa **b**, afirma-se que a posição do ramo dos lagartos está entre o dos crocodilos e o das tartarugas, mas isso não significa que ele seja igualmente aparentado aos dois. A análise deve ser feita sempre por meio dos nós compartilhados de modo exclusivo e, ao fazer isso, nota-se que o lagarto não compartilha nó exclusivo nem com a tartaruga nem só com o crocodilo. Ele é mais aparentado do conjunto formado por crocodilos + aves por compartilharem o mesmo nó 5. Na alternativa **c**, as tartarugas não são mais próximas evolutivamente dos mamíferos, mas, sim, do ramo composto de lagartos + crocodilos + aves, por compartilharem um ancestral comum exclusivo (nó 4). Na alternativa **d**, os peixes e os anfíbios não compartilham um ancestral comum exclusivo; os peixes partem do primeiro nó, e os anfíbios, do segundo nó. Na alternativa **e**, as aves e os crocodilos compartilham um mesmo ancestral comum exclusivo (nó 6), sendo grupos-irmãos.

Verificar a alternativa correta

Pelo fato de apresentarem um ancestral comum exclusivo, representado por um nó, o terminal aves é o mais próximo evolutivamente dos crocodilos. Isso significa que os crocodilos têm proximidade maior com as aves do que com os demais terminais do grupo denominado répteis. Assim, a resposta correta é a alternativa **e**.

Além do surgimento de condições derivadas, podem ocorrer, ao longo da evolução, perdas de características e também o surgimento da mesma característica em ramos que não descendem de um mesmo ancestral comum. Essas duas situações são consideradas **homoplasias**.

Por meio dessa interpretação da evolução com base nos princípios da Sistemática Filogenética, outras definições de espécie têm surgido, como o **conceito filogenético de espécie**, que diz que a espécie é uma população (ou conjunto de populações) definida por uma ou mais condições derivadas, constituindo o menor agrupamento taxonômico reconhecível.

Essa definição pode ser aplicada tanto para organismos com reprodução assexuada quanto para organismos com reprodução sexuada, além de ser empregada tanto para espécies recentes como para fósseis, pois ela não depende do fato de haver ou não reprodução e descendentes férteis.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

9. Considere a seguinte situação: os organismos A e B são classificados como se fossem de uma mesma espécie. Os organismos X e Y são classificados como sendo de outra espécie, diferentemente da que agrupa A e B. Entretanto, A, B, X e Y pertencem ao mesmo gênero. O organismo Z pertence a outro gênero (e, portanto, a outra espécie), mas é da mesma família que os organismos A, B, X e Y.

a. Qual(is) par(es) de organismos apresenta(m) mais características em comum?

b. É correto dizer que A, B, X e Y pertencem à mesma classe, filo e reino? Explique.

c. O organismo A apresenta mais características em comum com X ou com Z? Explique.

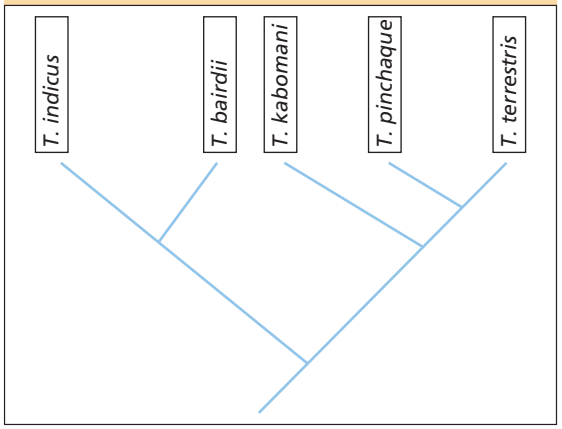
10. Analise o cladograma, que mostra as prováveis relações evolutivas entre espécies viventes de antas do gênero *Tapirus*.

Com base na interpretação do cladograma, responda:

a. Quais são as espécies mais aparentadas entre si?

b. Podemos dizer que o gênero *Tapirus* é monofilético? Justifique.

Relações evolutivas no gênero *Tapirus*



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em COZZUOL, M. A. *et. al*. A new species of tapir from the Amazon. **Journal of Mammalogy**, Oxford, v. 94, n. 6, 2013. Disponível em: https://academic.oup.com/jmammal/article/94/6/1331/904034. Acesso em: 30 set. 2024.

Representação das relações evolutivas das espécies viventes do gênero *Tapirus*.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. A tirinha trata de uma questão intrigante – Quem veio primeiro: o ovo ou a galinha? Essa questão, quando adotada em situações cotidianas, é frequentemente usada como metáfora para se referir a relações cíclicas de causa e efeito. 1. Alternativa **c**.

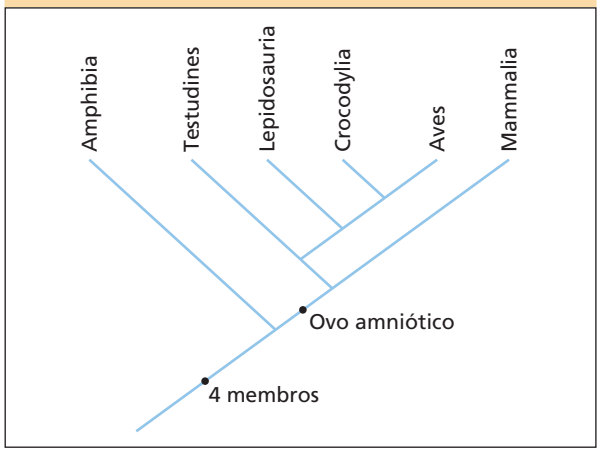


©FERNANDO GONSALES

Fonte: GONSALES, F. Níquel Náusea. 22 ago. 2008.

Podemos reformular essa pergunta sob uma perspectiva evolutiva: o ovo surgiu antes da evolução das aves? Para responder a ela, analise o cladograma a seguir, que ilustra a hipótese de parentesco dos animais tetrápodes (com quatro patas) e o surgimento do ovo semelhante ao de galinha, chamado ovo amniótico.

Cladograma dos Tetrapoda



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

Representação do parentesco entre os grupos de vertebrados.

A respeito do cladograma apresentado, considere as seguintes afirmações:

I. O ovo amniótico surgiu apenas na evolução das aves.

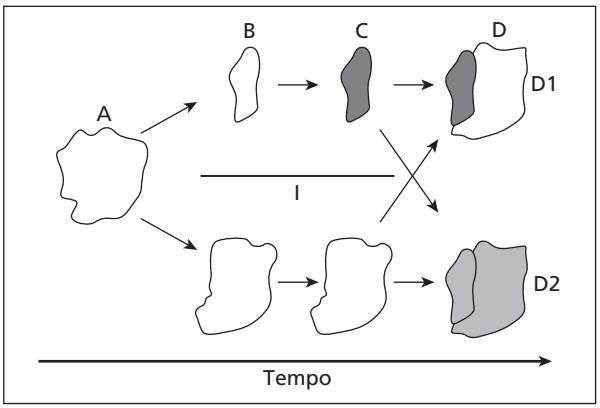
II. O ovo amniótico surgiu na base da evolução de todos os tetrápodes.

III. É correto afirmar que, da perspectiva evolutiva, o ovo surgiu antes das aves.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmação(ões):

a. I.
b. II.
c. III.
d. I e II.
e. II e III.

2. (Enem) Uma população (momento A) sofre isolamento em duas subpopulações (momento B) por um fator de isolamento (I). Passado um tempo, essas subpopulações apresentam características fenotípicas e genotípicas que as distinguem (momento C), representadas na figura pelas tonalidades de cor. O posterior desaparecimento do fator de isolamento I pode levar, no momento D, às situações D1 e D2. 2. Alternativa **c**.



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

A representação indica que, no momento D, na situação:

a. D1 ocorre um novo fator de isolamento geográfico.
b. D1 existe uma única população distribuída em gradiente.
c. D1 ocorrem duas populações separadas por isolamento reprodutivo.
d. D2 coexistem duas populações com características fenotípicas distintas.
e. D2 foram preservadas as mesmas características fenotípicas da população original A.

3. (Enem) Desde a proposição da teoria de seleção natural por Darwin, os seres vivos nunca mais foram olhados da mesma forma. No que diz respeito à reprodução de anfíbios anuros, os cientistas já descreveram diferentes padrões reprodutivos, como os exemplificados a seguir:

Espécie 1 – As fêmeas produzem cerca de 5.000 gametas, que são fecundados na água, em lagoas temporárias de estação chuvosa. Todo o desenvolvimento embrionário, do ovo à metamorfose, ocorre, nesse ambiente, independente dos pais.

Espécie 2 – As fêmeas produzem aproximadamente 200 gametas, que são depositados em poças próximas a corpos-d'água. Os embriões são vigiados pelos machos durante boa parte do seu desenvolvimento.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Espécie 3 – As fêmeas produzem por volta de 20 gametas, que são fecundados sobre a superfície das folhas de plantas cujos galhos estão dispostos acima da superfície de corpos-d'água e aí se desenvolvem até a eclosão.

Espécie 4 – As fêmeas produzem poucos gametas que, quando fecundados, são "abocanhados" pelos machos. Os embriões se desenvolvem no interior do saco vocal do macho até a metamorfose, quando saem através da boca do pai.

Os padrões descritos evidenciam que: 3. Alternativa **d**.

a. as fêmeas influenciam o comportamento dos machos.

b. o cuidado parental é necessário para o desenvolvimento.

c. o grau de evolução determina o comportamento reprodutivo.

d. o sucesso reprodutivo pode ser garantido por estratégias diferentes.

e. o ambiente induz modificação na produção do número de gametas femininos.

4. Aplique o conceito de seleção natural e mutação para explicar o aumento de resistência de insetos a inseticidas.

5. Analise o seguinte trecho de um artigo de divulgação científica:

[...] Espécies com parentesco distante, até mesmo de gêneros taxonômicos diferentes, podem cruzar entre si, resultando em híbridos férteis. Antes considerados improváveis, esses cruzamentos indicam que o isolamento geográfico e o acúmulo de diferenças genéticas ao longo de milhares de anos não bastam para o isolamento reprodutivo. Mais uma vez ampliando a visão clássica de evolução, o surgimento de novas espécies pode também ser imediato, até mesmo sem fases intermediárias. "Dois lagartos de espécies distintas, mas cromossomicamente compatíveis, poderiam cruzar originando filhotes híbridos que já poderiam ser espécies novas", ele [Rodrigo Marques Lima dos Santos, pesquisador do Instituto de Biociências da USP e professor da Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)] diz. "Se o híbrido for viável, já sai correndo e algumas vezes melhor que seus pais." [...]

FIORAVANTI, C. Os primeiros passos de novas espécies. *Revista Pesquisa Fapesp*, São Paulo, ed. 212, out. 2013. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/os-primeiros-passos-de-novas-especies/. Acesso em: 30 set. 2024.

Agora, responda no caderno:

a. Em estudos evolutivos, desde Darwin, a evolução é pensada como um processo lento e gradual. Embora essa interpretação esteja correta, qual contraponto o texto faz a respeito disso?

b. Com base no texto, quais considerações críticas podem ser feitas a respeito do conceito biológico de espécie?

6. Suponha que você esteja fazendo uma busca na internet usando *Panthera onca* como termo-chave e depois passe a fazer a mesma busca substituindo esse termo por "onça-pintada". Em cada caso, você obterá informações em qual(is) idioma(s)? Um estudante que mora na Inglaterra ou em qualquer outro país, mas que não fala português, utilizaria qual desses dois termos-chave em sua busca? Explique sua resposta e diga quais são as regras para escrever o nome das espécies.

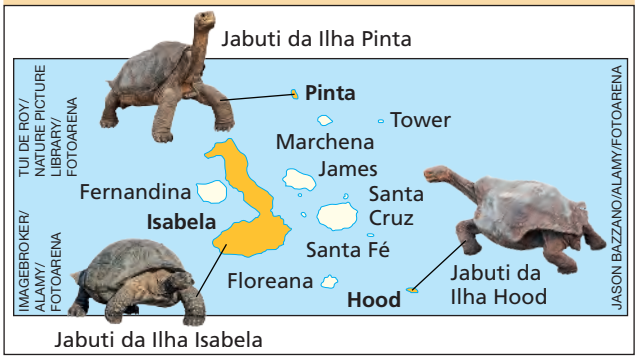
7. Para elaborar a teoria da seleção natural, Darwin também levou em consideração estudos da seleção artificial com a espécie selvagem de pombo *Columba livia*. Nesse caso, selecionava indivíduos com as variações de interesse para efetuar a reprodução seletiva, visando obter descendentes com essas variações. Pretendia assim fazer um contraponto com a seleção natural.

a. Explique como seria esse contraponto entre a seleção artificial e a seleção natural.

b. O que você poderia prever sobre a variabilidade genética de uma população de pombos ou de outros organismos em condições controladas depois da reprodução seletiva por várias gerações?

8. Darwin analisou espécies de jabutis gigantes que vivem no arquipélago de Galápagos; eles chegam a ter cerca de 400 kg de massa corpórea. Esses jabutis devem ter se originado de um grupo ancestral proveniente da América do Sul e que teria chegado ao arquipélago boiando em troncos, tendo sobrevivido graças à capacidade de ficar muito tempo sem se alimentar. Darwin observou variações na forma da carapaça e no tamanho do pescoço dos animais em cada ilha em razão do meio e dos hábitos alimentares: os jabutis que têm carapaça em forma de domo e pescoço curto vivem em ilhas onde há abundância de vegetação próxima ao solo; aquelas que têm carapaça que se elevam na frente, como uma sela, e pescoço longo vivem em ilhas mais áridas, ricas em cactos altos, que são a fonte de alimento para esses animais.

Espécies de jabuti no arquipélago de Galápagos



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação das variações na forma da carapaça e no tamanho do pescoço dos animais em cada ilha em razão do meio. (Imagem sem escala.)

Com base nas diferenças entre os indivíduos que habitam as três ilhas, analise as ideias de Lamarck e de Darwin e a Teoria sintética da evolução e discuta como cada uma delas explicaria a origem e a evolução dessas espécies de jabutis.

9. Se diversas espécies de peixes de um lago evoluíram de uma única espécie ancestral, qual é o tipo de especiação a que o texto se refere? Justifique sua resposta.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 3

Evolução humana



ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS

Antigas pinturas em um paredão rochoso no Parque Nacional da Serra da Capivara, no Piauí, feitas por humanos há milhares de anos. Nelas podemos reconhecer diversos animais.

A evolução humana é bastante discutida, pois a ela convergem explicações científicas simultaneamente a uma série de ideias fundamentadas em crenças religiosas, que, diferentemente da Ciência, não são embasadas em evidências.

No Brasil, temos importantes pesquisadores da evolução humana e do povoamento das Américas pelo *Homo sapiens*, entre eles, Walter Neves (1957-), da Universidade de São Paulo, e Niède Guidon (1933-), da Universidade de São Paulo e da Universidade Sorbonne, em Paris, cujos trabalhos muito contribuíram e ainda contribuem para lançar luz científica sobre as origens e a evolução dos seres humanos.

É inquestionável o fato de sermos, como todas as demais criaturas do planeta, resultado de um processo natural de modificação ao longo do tempo. Muitos anos de novos estudos ainda serão necessários para podermos entender com mais detalhes o que ocorreu com a espécie humana e com seus ancestrais nesses últimos 7 milhões de anos, desde quando nossa linhagem evolutiva se separou da linhagem dos chimpanzés atuais.

A Ciência da evolução humana baseia-se na interpretação de evidências concretas, geralmente ossos e fósseis, além de instrumentos ou ferramentas que se conservaram ao longo do tempo e características relacionadas ao DNA. É claro que, à luz de novas evidências, ocorrem ajustes das narrativas – a Ciência não é infalível, mas apresenta explicações consistentes que parecem resistir a críticas e explicações alternativas, que vão se ajustando à medida que novas evidências vão se acumulando.

Neste capítulo, vamos mostrar a você como a espécie humana se insere no contexto da evolução dos primatas, destacando os eventos evolutivos que levaram à origem do *Homo sapiens*, e como essa espécie evoluiu.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MARCOS AMEND/PULSAR IMAGENS



O muriqui-do-norte (*Brachyteles arachnoides*) é o maior primata das Américas (mede cerca de 70 cm, sem considerar a cauda). Esse exemplar foi fotografado em Caratinga, Minas Gerais, em nov. 2019.

A espécie humana em seu contexto evolutivo

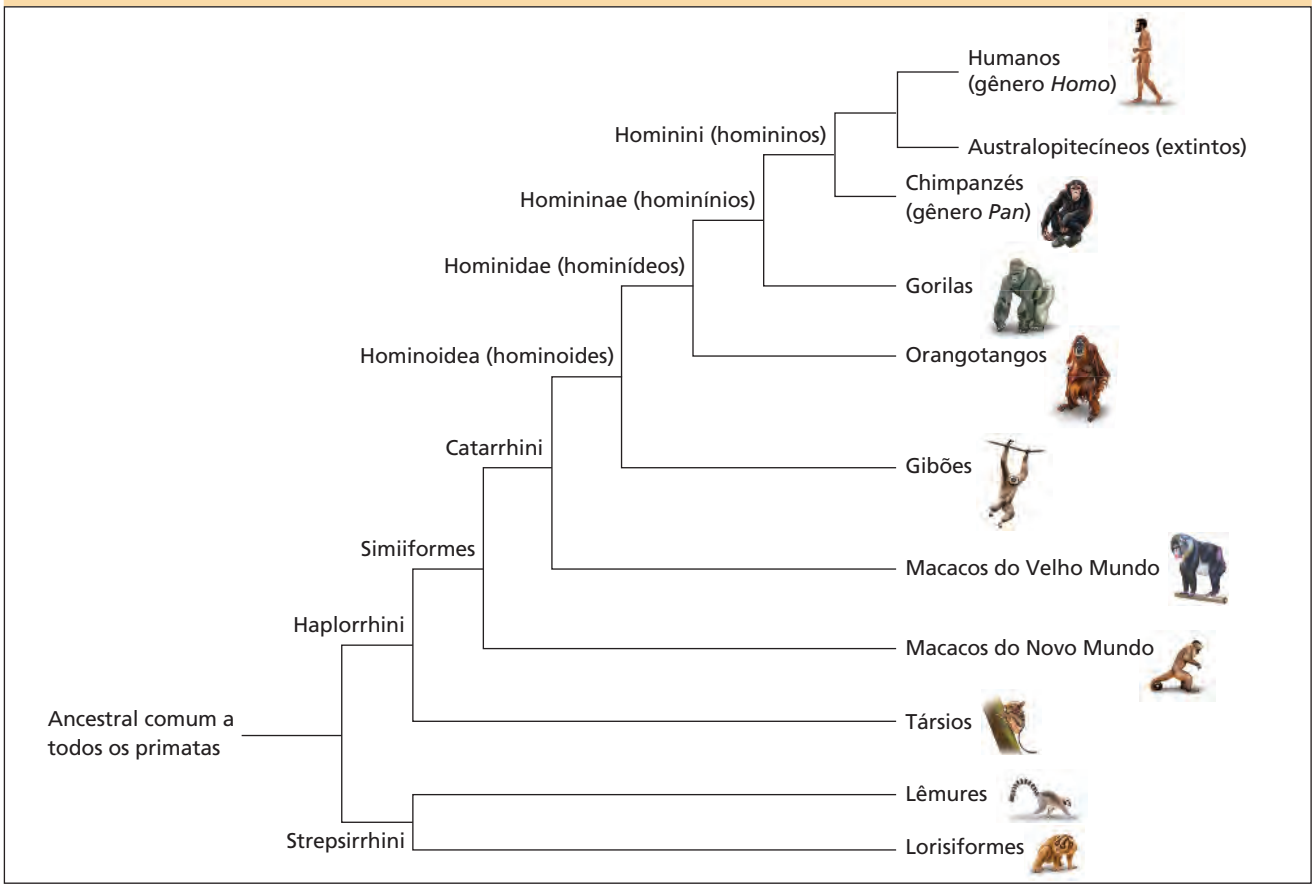
Os seres humanos pertencem ao filo dos cordados, classe dos mamíferos, ordem dos primatas. Essa ordem hoje é considerada **monofilética**, ou seja, todos os seus integrantes têm um mesmo **ancestral comum**, que viveu entre 60 milhões e 80 milhões de anos atrás. Sua diferenciação em relação a outras ordens de mamíferos envolveu o surgimento e a fixação de diversas características relacionadas com o hábito arborícola, destacando-se:

- **Polegar opositor:** disposto em um ângulo de 90° em relação aos demais dedos, permite a esses animais segurarem-se firmemente aos galhos e ramos, além de pegarem ou manipularem objetos.
- **Acentuada mobilidade dos membros em relação ao tronco:** facilita a locomoção entre os galhos das árvores.
- **Visão tridimensional:** possibilita uma acurada percepção da distância dos galhos e outros objetos (um erro de avaliação no momento do salto de um galho para outro pode resultar em queda, acarretando ferimentos e até a morte).
- **Comportamento social (com intenso cuidado com a prole):** a complexidade do comportamento social parece estar relacionada com o desenvolvimento e a evolução do encéfalo.

A espécie humana, única espécie vivente do gênero *Homo*, é classificada na ordem dos primatas. Analise o cladograma a seguir.

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Classificação dos primatas



Fonte: elaborado com base em PIANCASTELLI, A. M. O que é ser humano? Compreendendo a evolução humana sob uma perspectiva autor-rede. *In*: COUTINHO, F. A.; SILVA, F. A. R. e; OLIVEIRA, F. S. de (org.). **Ciências na escola**. Um novo olhar sobre o ensino da evolução biológica: reflexões e propostas. São Paulo: Na Raiz, 2022. Disponível em: https://zenodo.org/records/6954374. Acesso em: 2 out. 2024.

Representação simplificada da classificação dos primatas. Entre os grupos extintos foram incluídos apenas o dos australopitecíneos, que serão abordados mais adiante (Imagens sem escala.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Enumere três características ancestrais de todos os primatas, apresentando seu valor adaptativo para a vida arborícola.
2. Observe a representação da classificação dos primatas apresentada anteriormente. Quais são os dois gêneros viventes que atualmente compartilham o mesmo grupo ancestral comum exclusivo entre todos os apresentados no cladograma? Justifique.
3. Observe a clássica figura que se propunha representar a evolução humana no passado.

MAN_HALF-TUBE/GETTY IMAGES



Representação de diversos "estágios evolutivos" em uma suposta sequência linear do macaco ao ser humano moderno. (Imagens sem escala.)

Supondo que o animal à esquerda seja um chimpanzé, você poderia fazer uma crítica ao que está representado na figura?

Evolução do gênero *Homo*

Ao que tudo indica, o fóssil mais antigo de hominínio (gorilas, chimpanzés e humanos, entre as espécies atuais) é o *Sahelanthropus tchadensis,* encontrado na África e datado entre 6 milhões e 7 milhões de anos. Pelos registros disponíveis, essa pode ser uma espécie próxima do ancestral comum da qual evoluíram macacos, como gorilas e chimpanzés, e humanos.

Desde então, segundo o registro fóssil, foram surgindo espécies de primatas bípedes classificadas no grupo dos australopitecíneos – os "australopitecos", cujo fóssil mais antigo data de 4 milhões de anos e foi encontrado na África. Os australopitecos compõem um grupo fóssil que compartilha o mesmo ancestral comum com o ramo que derivou os humanos atuais. A espécie mais conhecida de australopiteco é *Australopithecus afarensis*, cujos fósseis datam entre 3,9 milhões e 2,9 milhões de anos. O fóssil mais famoso, com 3,2 milhões de anos, foi encontrado na África e é denominado Lucy.

Os australopitecíneos se diversificaram em algumas espécies diferentes e, depois disso, extinguiram-se. Uma dessas espécies provavelmente teve um ancestral comum com o *Homo erectus,* primeira espécie do gênero *Homo*.



S. ENTRESSANGLE/E. DAYNES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Reconstrução artística de Lucy, um espécime de *Australopithecus afarensis*.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Ao tratar do tema de evolução das espécies do gênero *Homo*, é importante reforçar aos estudantes que as espécies se diversificam de um ancestral comum e que o fato de a extinção de *Homo heidelbergensis* ter coincidido com o surgimento das espécies de neandertais e humanos modernos pode ser ao acaso e que uma espécie não precisa ser extinta para outras surgirem.

O *Homo erectus* surgiu na África há cerca de 1,8 milhão de anos e foi provavelmente a primeira espécie de hominino (atuais chimpanzés e humanos e os extintos australopitecíneos) a povoar extensas áreas da Europa e da Ásia. Entre suas características destacam-se a alta estatura, próximo de 1,8 m de altura, e, possivelmente, ter sido o primeiro hominino a controlar o fogo. Estudos indicam que o *Homo erectus* viveu por muito tempo e que durante esse período surgiu o *Homo heidelbergensis*, cujos fósseis datam de 800 mil a 200 mil anos atrás. A extinção do *Homo heidelbergensis* é relativamente recente, coincidindo com o provável surgimento de duas novas espécies: *Homoneanderthalensis*, o homem de Neandertal, e *Homo sapiens*, o ser humano moderno, ambos por volta de 200 mil anos.

Nas imagens a seguir, você poderá ter ideia do aspecto reconstruído de diversas espécies de *Homo*.

S. ENTRESSANGLE/E. DAYNES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



Reconstrução artística de um *Homo erectus*.

CHRIS HELLIER/THE IMAGE BANK UNRELEASED/GETTY IMAGES



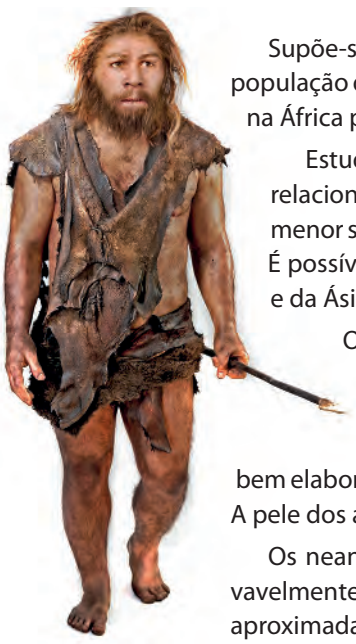
Reconstrução artística de um *Homo heidelbergensis*, espécie que foi o ancestral comum direto do ser humano e dos neandertais.

Supõe-se que o *Homo heidelbergensis* africano tenha se dispersado pela Europa, originando ali uma população da qual evoluíram os neandertais (*Homo neanderthalensis*); a população que permaneceu na África provavelmente deu origem ao *Homo sapiens*.

Estudos apontam que os neandertais eram muito robustos, com nariz largo (supostamente relacionado com o preaquecimento do ar frio inspirado), atarracados (o que poderia representar menor superfície para perder calor) e com grande volume cerebral (maior até que o *Homo sapiens*). É possível que essas características estivessem relacionadas com o *habitat* muito frio da Europa e da Ásia na Idade do Gelo.

Os neandertais possivelmente eram nômades e caçadores e formavam grupos sociais bem organizados. São os "homens das cavernas" das lendas populares, pois usavam cavernas como abrigo. Eles provavelmente usavam também o fogo para se aquecer e cozinhar alimentos. Além disso, estudos indicam que eles fabricavam instrumentos de pedra bem elaborados, usados para caçar principalmente mamutes, bisões, raposas-do-ártico e lemingues. A pele dos animais era utilizada para fazer roupas e abrigos.

ELISABETH DAYNES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



Reconstrução artística de um *Homo neanderthalensis*.

Os neandertais, segundo estudos, foram os primeiros homininos a enterrar seus mortos, provavelmente realizando rituais. Indícios recentes sugerem que a extinção dessa espécie ocorreu há aproximadamente 28 mil anos. As causas desse evento ainda não estão claras e são motivo de debates entre os pesquisadores. Sabe-se que durante sua longa coexistência com o *Homo sapiens* houve contatos entre as espécies e até cruzamentos com trocas gênicas.

O *Homo sapiens* surgiu na África há aproximadamente 200 mil anos, dispersando-se mais tarde por todo o planeta (essa data pode variar dependendo da fonte).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Eventos evolutivos

Os principais eventos que marcaram em algum grau a evolução dos homininos (chimpanzés, australopitecíneos e humanos) são:

- Bipedia e alongamento das pernas.
- Achatamento da face com redução do prognatismo, ou seja, da mandíbula projetada para a frente.
- Redução do tamanho dos dentes, sobretudo dos caninos, relacionada com o arredondamento da arcada dentária.
- Fabricação das primeiras ferramentas de pedra.
- Consumo de proteína animal.
- Aumento do volume cerebral (encefalização).
- Revolução criativa e tecnológica.
- Dispersão pelo mundo todo.

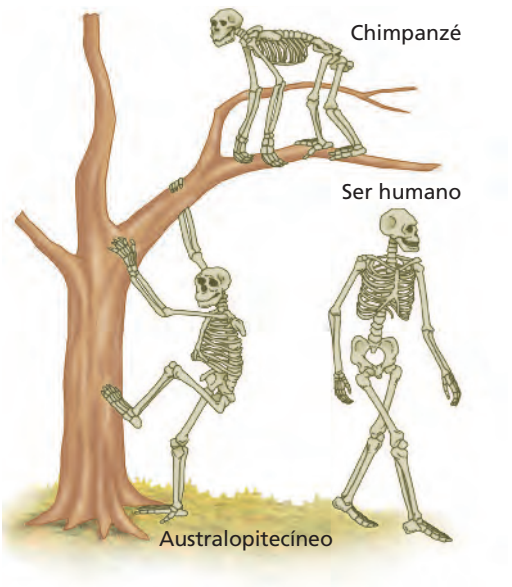
Vários desses eventos são mais recentes e estão concentrados na evolução do próprio gênero *Homo*.

Bipedia e alongamento das pernas

Fala-se em **bipedia** ou **bipedalismo** quando os representantes de uma espécie passam a ter postura ereta e locomover-se usando os membros posteriores. Sua principal vantagem evolutiva é a possibilidade de caminhar longas distâncias (sobretudo nos casos de pernas mais longas) e, principalmente, liberar as mãos para outras finalidades. Aparentemente, o surgimento da bipedia e seu gradual aprimoramento – desde uma condição facultativa (como se sugere ter ocorrido entre os australopitecíneos e como vemos nos chimpanzés atuais) até uma condição obrigatória, permanente (como nos seres humanos) – poderiam estar correlacionados com a mudança ambiental do tipo florestal para o tipo mais aberto, a savana, levando à transição do hábito arborícola (vida nas árvores) para a vida sobre o solo. Ao longo do processo evolutivo que acabou levando ao estabelecimento da espécie *Homo sapiens,* paralelamente ao aprimoramento da bipedia, observa-se uma redução progressiva do tamanho dos membros anteriores em relação aos posteriores.

Desprovido de defesas naturais efetivas contra os grandes predadores das savanas e em um cenário em que eram escassas e espaçadas as árvores em comparação com as florestas, o alongamento das pernas seria adaptativo, pois aumenta a velocidade da corrida. Além disso, aumentaria a capacidade para realizar longas caminhadas à procura de recursos muito mais dispersos que nas florestas. Finalmente, na savana, a postura ereta, associada ao hábito bípede, permitiria alargar o campo de visão, aumentando a eficiência da localização de predadores e do próprio alimento.

Comparativo entre esqueleto de homininos



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em NEVES, W. A. E no princípio... era o macaco! **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 20, n. 58, 2006. Disponível: https://www.scielo.br/j/ea/a/gkhKm9LHnhCrN8Z95qHnDys/. Acesso em: 2 out. 2024.

Representação comparando a postura corporal e a forma de locomoção de chimpanzés, australopitecíneos e humanos.

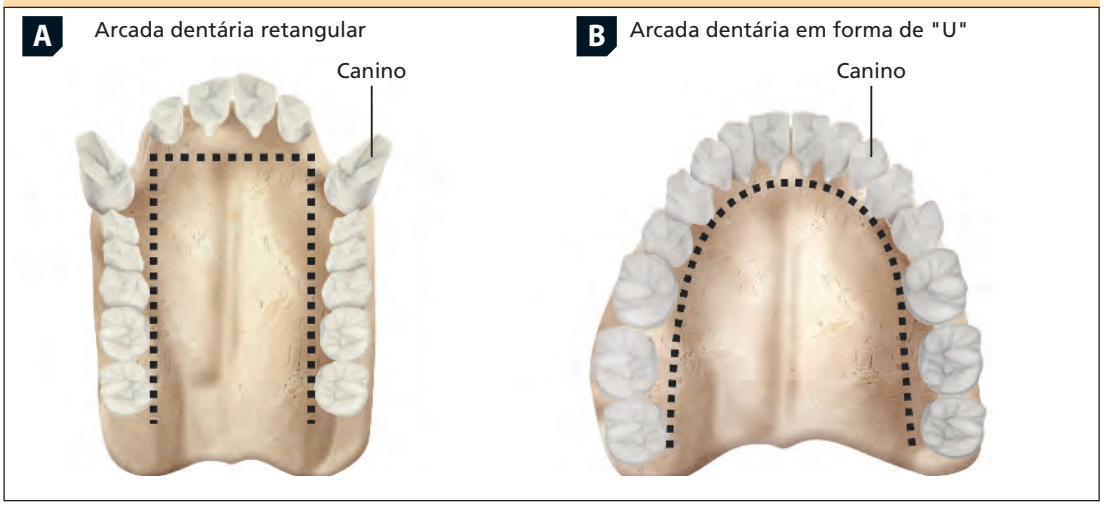
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Achatamento da face (redução do prognatismo), redução dos caninos e arredondamento da arcada dentária

O achatamento progressivo da face possivelmente está associado ao aumento do volume cerebral (encefalização) e à redução da mandíbula. A dentição sofreu grande modificação com a redução dos caninos e o desenvolvimento dos molares. Caninos muito desenvolvidos como os dos chimpanzés e gorilas atuais são uma arma potente ou eficiente intimidador para competidores e inimigos, mas há o problema do encaixe; quando a boca é fechada, os caninos superiores e inferiores se cruzam, encaixando-se os inferiores em espaços entre os dentes superiores e, da mesma forma, os superiores entre os inferiores. Com isso, os movimentos laterais da mandíbula, que no caso é retangular, ficam restritos.

Ao longo da evolução, com a redução dos caninos, esses movimentos mastigatórios tornaram-se possíveis, permitindo uma ação mais eficaz dos molares na trituração dos alimentos e favorecendo a diversificação da dieta. Pode-se dizer que a função mandibular inicialmente concentrada na parte anterior, onde ficam os incisivos e os caninos, passou a se concentrar mais na parte posterior, onde ficam os molares. Nesse processo, a mandíbula toma a forma de "U" ou parabólica. A ilustração a seguir permite comparar o formato das arcadas dentárias.

Comparativo de arcadas dentárias superiores



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: LÓPEZ-TORRES, S. Primate evolution and the emergence of humans. *In*: POUGH, F. H.; JANIS, C. M. **Vertebrate life**. 10. ed. New York: Oxford Univesity Press, 2019.

Em **(A)**, arcada dentária retangular de gorila (*Gorilla gorilla*) e, em **(B)**, arcada dentária em forma de "U" (ou parabólica) de humanos (*Homo sapiens*). Na arcada dentária retangular, note os espaços entre os caninos e os incisivos superiores, onde se encaixam os caninos inferiores.

Fabricação das primeiras ferramentas de pedra e consumo de proteína animal

A fabricação de ferramentas envolve uma destreza manual que se relaciona com a anatomia das mãos. Dedos longos e curvados são eficientes em espécies arborícolas, mas ficaram reduzidos e mais retos ao longo da evolução de outros grupos; bem mais tarde, isso pode ter favorecido a manipulação de objetos e a construção de ferramentas.

Segundo o pesquisador Walter Neves, a produção de ferramentas possivelmente teve início há cerca de 2,5 milhões de anos entre os australopitecíneos, incluindo espécies com pequeno volume cerebral (similar ao dos chimpanzés atuais); as ferramentas produzidas não passavam de lascas cortantes extraídas de blocos maiores de pedra usando outra pedra.

Esse estágio "tecnológico" de produção e utilização de lascas provavelmente se estendeu por cerca de 1 milhão de anos, e, então, cerca de 1,6 milhão de anos atrás surgiram as primeiras ferramentas como machados. Nesse ponto, estudos indicam que nossos ancestrais começaram a desenvolver a habilidade mental de criar protótipos ou *designs* ideais de utensílios para atender a determinadas funções. Nesse caso, o objeto útil passou a não ser mais a lasca tirada de um bloco de pedra, e sim o próprio bloco moldado pela lascagem.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A fabricação de ferramentas de pedra permitiu um maior consumo de proteína animal, pois facilitou a exploração de carcaças de mamíferos abatidos por grandes predadores, viabilizando o consumo de resíduos de carne e do tutano encontrado dentro dos ossos desses animais.

Aumento do volume cerebral (encefalização)

O aumento do volume cerebral é um evento que marcou mais especificamente a evolução do gênero *Homo*. Entre os australopitecíneos, esse aumento foi proporcionalmente bem pequeno.

Os paleoantropólogos consideram que a encefalização seria compatível com uma dieta altamente nutritiva com base em fonte animal, que ao mesmo tempo permitiu a redução do sistema digestório (alimentos vegetais, de digestão mais difícil, demandam tubo digestivo muito longo).

Pode-se dizer que um cérebro muito desenvolvido é energeticamente muito custoso e sua manutenção fica comprometida com dietas pouco calóricas. Atualmente, sabe-se que o ser humano despende entre 20% e 30% de sua energia para o funcionamento cerebral.

Supõe-se que o aumento do volume cerebral também possa estar relacionado com a evolução do comportamento social, da cultura e da linguagem e com a produção e a manipulação de símbolos, além do pensamento abstrato.

Revolução criativa e tecnológica

Concomitantemente com o desenvolvimento cerebral e com o desenvolvimento da fala, aprimoraram-se capacidades criativas, únicas entre os animais. A confecção de pinturas, esculturas e ornamentos, além da realização de rituais, exemplifica essas capacidades de lidar com símbolos (linguagem simbólica).

O quadro a seguir sintetiza o desenvolvimento tecnológico dos homininos, que envolveu a acumulação de conhecimentos ao longo das gerações e dependeu de determinados caracteres biológicos das espécies, fixados por seleção natural, como condição básica.

Desenvolvimento da tecnologia entre os homininos

Estágio	Categoria
1. Prototecnologia	a. Uso de ferramentas b. Modificação das ferramentas
2. Tecnologia	a. Produção de ferramentas (lascas) b. Tecnologia de produção de ferramentas idealizadas mentalmente
3. Pirotecnologia	a. Produção e controle do fogo b. Metalurgia
4. Instalações	a. Recipientes, cordoaria b. Controle da energia

Fonte: CAMPBELL, B. Evolution of technological species. *In*: BILLINGHAM, J. (ed.). **Life in the Universe**. Califórnia: Nasa, 1979. Disponível em: https://www.hq.nasa.gov/pao/History/CP-2156/ch4.4.htm. Acesso em: 2 out. 2024. (Tradução dos autores.)

Analisando o quadro, o estágio 1 é o da prototecnologia. A categoria 1a corresponde ao uso de objetos encontrados na natureza para realizar determinados trabalhos – geralmente aproveitar um novo recurso ou aprimorar um recurso já explorado (trata-se de resolver um problema específico). Um exemplo desse tipo de tecnologia é a utilização de pedras para quebrar castanhas por macacos-prego.



BEN CRANKE/NATURE/FOTOARENA

Para quebrar as castanhas, o macaco-prego da espécie *Sapajus libidinosus* utiliza uma pedra côncava como apoio. Esse animal mede cerca de 38 cm de comprimento e foi fotografado no Parque Nacional do Rio Parnaíba, Piauí, em dez. 2014.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Na categoria 1b, os objetos naturais são modificados para melhorar seu desempenho. Os chimpanzés, por exemplo, coletam e modificam ramos finos a fim de introduzi-los em cupinzeiros para capturar os cupins de que se alimentam. Os ramos coletados são melhorados: as folhas são removidas e o comprimento é ajustado para determinado padrão. Outro exemplo é quando esses animais mascam folhas formando um bagaço que usam como esponja para retirar água de locais difíceis, como cavidades pequenas e profundas.

O estágio 2 é o da tecnologia. Na categoria 2a, blocos de pedra são usados para produzir lascas utilizadas como material cortante; na categoria 2b, as ferramentas são idealizadas abstratamente e construídas e reconstruídas intencionalmente, visando à melhoria de seu desempenho com finalidade específica – por exemplo, a construção dos primeiros machados de pedra. Nesse caso, a peça útil é o bloco de pedra do qual as lascas foram sendo extraídas a fim de conferir-lhe a forma desejada.

Outros exemplos, muito mais recentes, são as pontas de flechas e lanças usadas na caça.



JENNIVEVE84/ISTOCK/GETTY IMAGES



BATUHAN TOKER/ISTOCK/GETTY IMAGES

Pontas de flechas **(A)** e de lanças **(B)** construídas pelos *Homo sapiens*. Note as marcas do lascamento do bloco original, agora moldado; a extremidade oposta ao ápice tem essa forma para permitir o encaixe firme na haste, como se percebe na fotografia que mostra as lanças.

A passagem para a categoria 2b é extremamente importante no desenvolvimento tecnológico: com a revolução criativa, o domínio de técnicas de lascamento e a utilização de outros materiais além de pedras, como ossos, chifres e dentes, os *Homo sapiens* passaram por uma "explosão" tecnológica inédita, que lhes permitiu acesso a ambientes antes inabitáveis, o que possibilitou a dispersão geográfica em uma escala que nunca havia ocorrido com seus antecessores.

O estágio 3 é o da pirotecnologia. Na categoria 3a ocorre, primeiro, a captura e o controle do fogo gerado por raios ou outros processos naturais e, depois, a produção intencional do fogo por meio de faíscas obtidas pelo choque de duas pedras ou por atrito entre peças de madeira. O domínio do fogo proporcionou melhoria na alimentação, possibilidade de fragmentar pedras por meio do aquecimento e brusco resfriamento, produção de artefatos de cerâmica e o mais importante: a obtenção de metal a partir de minério (como a malaquita, que, aquecida em fogo forte, produz o cobre metálico).

O nascimento da metalurgia abriu uma ampla perspectiva de produção de uma infinidade de objetos e de novas e melhores ferramentas, incluindo armas – categoria 3b. A metalurgia do cobre, do bronze e do ferro deu nome aos períodos da história da humanidade: a Idade do Cobre veio logo após o Neolítico (conhecido como Idade da Pedra Polida) e se estendeu até o início da Idade do Bronze, quando se misturava cobre com estanho para produzir uma liga muito mais dura e resistente que o cobre. Um passo similar deu-se com a transição para a Idade do Ferro, por volta de 1200 a.C. (essa data refere-se ao uso do ferro na Europa; em outras regiões, o uso do ferro começou bem antes, mas sem substituir o bronze). O avanço da metalurgia foi acompanhado pelo desenvolvimento de armas mais eficientes, afetando as relações entre os povos.

O estágio 4, das instalações, refere-se a objetos que restringem movimentos ou trocas de energia. Na categoria 4a, os exemplos são recipientes (contentores) diversos, diques, barcos, abrigos, cercas, cordas etc. Já na categoria 4b, temos a construção de estruturas isolantes de calor, como roupas e tendas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Um estágio 5 poderia ser acrescentado ao quadro. É o estágio das máquinas, definidas como ferramentas complexas, constituídas por uma diversidade de partes. Os primeiros exemplos são o lançador de lança e o arco e flecha, mas atualmente podemos citar toda a extensa maquinaria existente.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

4. (UFPI) A evolução biológica, amplamente aceita pelos cientistas, é a melhor explicação para a enorme variação dos organismos vivos. No entanto, muitas pessoas leigas ainda se sentem confusas em relação à Teoria da Evolução. Indique a alternativa que melhor responderia, com base na Teoria de Darwin, à seguinte indagação cética: "Se o homem veio do macaco, por que ainda existem macacos hoje?". 4. A alternativa **b**.

a. Algumas espécies de macacos sofreram pressões seletivas diferentes, porém certamente convergirão também para a espécie humana.

b. O homem não evoluiu dos macacos modernos, mas compartilhou com eles um ancestral comum, uma espécie que não existe mais.

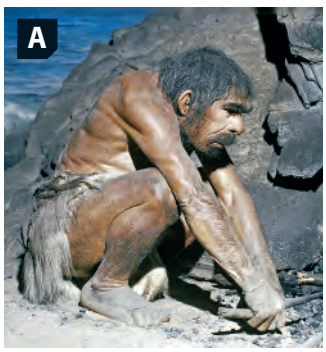
c. Os macacos modernos, apesar de pertencerem a espécies diferentes da humana, possuem carga genética muito semelhante.

d. Os macacos modernos são produtos de uma evolução inacabada enquanto o homem já atingiu seu ápice.

e. Os macacos modernos certamente não chegaram a cruzar com os humanos.

5. Ao longo de sua evolução, os australopitecíneos e os humanos foram se diversificando, aparentemente como resposta a pressões seletivas impostas pelos diferentes ambientes que foram sendo colonizados.

Observe atentamente as imagens **A**, **B** e **C** e responda às questões.



TOM MCHUGH/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Reconstrução artística de um neandertal.



CRAZYTANG/E+/GETTY IMAGES

Crânio de um *Australopithecus afarensis*.



LAST REFUGE/ ALAMY/ FOTOARENA

Crânio de um gorila-das-montanhas.

a. Quais características anatômicas ou capacidades, observáveis na reconstrução de um Neandertal vista na fotografia **A** e mencionadas no texto do capítulo, poderiam estar relacionadas com a vida em ambientes muito frios durante as glaciações?

b. Comparando-se os crânios do *Australopithecus afarensis* (australopitecíneo) e do gorila-das-montanhas (fotos **B** e **C**, respectivamente), nota-se que são bastante semelhantes. Mas uma observação mais atenta revela uma diferença muito importante para a distinção entre os grandes macacos africanos e os humanoides bípedes. Qual é essa diferença?

6. Indique a alternativa que apresenta corretamente alguns dos principais eventos evolutivos entre os homininos (humanos, australopitecíneos e chimpanzés). Qual é o valor adaptativo que se poderia atribuir às modificações resultantes desses eventos? 6. Alternativa **b**.

a. Redução do volume cerebral, clareamento da pele, redução da estatura.

b. Aumento do volume cerebral, locomoção com base apenas nos membros posteriores, fabricação de ferramentas.

c. Redução do volume cerebral, mudança da forma da arcada dentária de arredondada (em forma de "U") para retangular, achatamento da face.

d. Redução do volume cerebral, redução da estatura, fabricação de ferramentas.

e. Surgimento do comportamento social, aumento do volume corporal, redução da estatura.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sugira aos estudantes que pesquisem na internet mapas com as rotas migratórias do *Homo sapiens*, orientando-os para que não se preocupem com as variações de acordo com a fonte (embora devam avaliar se são fontes confiáveis). Como se trata de narrativas históricas não testáveis, sendo um bom exemplo de método indutivo, é de se esperar variações entre diferentes propostas, dependendo das interpretações dos eventos por parte dos pesquisadores, dos cuidados e procedimentos de datação, das evidências efetivamente consideradas e de outros fatores.

Dispersão pelo mundo

Os caminhos do *Homo sapiens* desde sua origem há cerca de 200 mil anos, na região do vale do Rift, África Oriental, ficaram por muito tempo mal esclarecidos. Diversas explicações e teorias foram e continuam sendo propostas e as interpretações e narrativas são atualizadas a cada nova evidência, a cada novo fóssil encontrado.

Uma teoria muito conhecida, embora ainda haja pontos em discussão, é a chamada *Out of Africa* (Partida da África, em tradução livre), segundo a qual todos os *Homo sapiens* do mundo atual se originaram de indivíduos africanos que migraram e se dispersaram para outras regiões do planeta. Contudo, ainda se discute se a saída da África teria ocorrido em uma só ocasião ou mais que uma vez ao longo do tempo.

Uma das formas de revelar a idade de diferentes grupos humanos é com base em análises de DNA. Desde os anos 1980, milhares de pessoas por todo o mundo tiveram seu DNA estudado, particularmente o DNA mitocondrial. A escolha do DNA mitocondrial se deve a uma série de peculiaridades. Uma delas é que, na fecundação, as mitocôndrias que persistem no zigoto e cujas cópias aparecem nas células do adulto são as da mãe; por isso, é possível rastrear a linhagem materna ao longo de muitas gerações. Outra peculiaridade do DNA mitocondrial é que as mudanças genéticas se devem apenas a mutações, que ocorrem ao acaso e em taxa conhecida (não há recombinação). Assim, quanto maior for o número de mutações presentes em um DNA investigado em relação a um DNA mitocondrial ancestral, maior será a diferença de idade entre os dois. Desse modo, diferentes amostras de DNA provenientes de diferentes grupos humanos podem ser sequenciadas em uma linha temporal, por exemplo, da mais antiga para a mais recente.

Uma das interpretações dessas evidências moleculares, proposta pelo médico e geneticista britânico Stephen Oppenheimer (1947-) em diversas obras, entre elas *A jornada da humanidade* e *A verdadeira Eva*, é a de que todos os humanos não africanos descendem de uma única família ou grupo – seu DNA mitocondrial poderia ser rastreado até uma mulher, a Eva mitocondrial. No entanto, essa é apenas uma hipótese, relacionada aos estudos de DNA mitocondrial.

A expansão geográfica do *Homo sapiens* desde sempre esteve atrelada a condições climáticas favoráveis. Áreas intoleravelmente inóspitas em determinado tempo tornaram-se habitáveis em outro, só então permitindo sua colonização. Analogamente, com a piora das condições do ambiente, populações já estabelecidas podem ter sido forçadas a migrar.

Ambientes inóspitos aos humanos sempre existiram. Durante quase todo o processo de colonização humana do planeta, que se deu basicamente entre 150 mil e 20 mil anos atrás, a Terra esteve em glaciação. Contudo, houve um período com temperaturas mais amenas relativamente curto, entre 60 mil e 35 mil anos atrás.

Segundo Oppenheimer, tudo começou quando, provavelmente entre 90 mil e 85 mil anos atrás, o grupo com DNA original teria atravessado o mar Vermelho em seu ponto mais estreito da Etiópia para o Iêmen.

Na época, o nível dos oceanos estava cerca de 45 metros abaixo do que é hoje, e no percurso da travessia possivelmente havia ilhas e bancos de areia expostos, facilitando o trajeto do grupo, que deveria ser constituído por cerca de 200 pessoas. Da costa do Iêmen, na península Arábica, os descendentes dos primeiros viajantes foram migrando ao longo da costa, geração após geração, em direção à Índia, à Indonésia (que, na época, era um subcontinente – Sunda) e para o sudeste asiático e a China.

Estudos indicam que o interior do continente asiático ao norte das regiões costeiras povoadas ainda era muito frio e desértico na época, impedindo a migração nessa direção. Entretanto, há cerca de 52 mil anos, estima-se que houve um brusco e acentuado aquecimento do clima, trazendo mais chuvas e reduzindo os desertos, incluindo o que se estendia a leste do Mediterrâneo, onde fica o chamado Crescente Fértil (Mesopotâmia – Síria e Iraque atuais), que então foi colonizado. Nessa região, pressupõe-se que os seres humanos exerceram atividades agropastoris, foram os primeiros fazendeiros e, bem mais tarde, originaram os povos da Suméria e da Babilônia e construíram cidades de pedra, como Jericó.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A cultura e a tecnologia se aprimoraram: os instrumentos de pedra eram mais leves e havia cerimoniais. Acredita-se que do Crescente Fértil, há 45 mil ou 50 mil anos, o *Homo sapiens* se expandiu para a Europa e lá encontrou os neandertais, que dominaram a área por mais de 200 mil anos. Aparentemente, os neandertais acabaram sendo sobrepujados pelos novos habitantes da Europa e terminaram por extinguir-se. Esses novos europeus ficaram conhecidos como homens de Cro-Magnon (lê-se *cro-manhôn*) e apresentavam uma série de novos hábitos e capacidades – isso aconteceu há cerca de 35 mil anos. Estudos apontam que eles construíram ferramentas elaboradas, produziram arte em argila, pintura e escultura, além de ornamentos, e desenvolveram a criatividade, a linguagem, a organização social e a cultura, aprimorando a linguagem simbólica.

Além da expansão para o Crescente Fértil no período de clima mais ameno, houve um avanço ao longo da costa sul da Ásia na direção da Ásia Central e da China. Nessa época teria sido povoado também o Japão. Mais tarde, o *Homo sapiens* chegou ao extremo leste da Sibéria, junto ao estreito de Bering.

A colonização das Américas

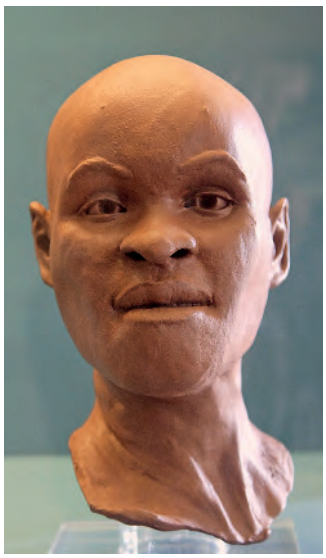
Ainda segundo Oppenheimer, possivelmente entre 25 mil e 22 mil anos atrás os povos da Sibéria atravessaram o atual estreito de Bering e o *Homo sapiens* chegou pela primeira vez ao continente americano (essa data da primeira passagem é bastante discutida atualmente e até refutada, dadas as novas evidências encontradas na América do Norte e na América do Sul). A hipótese mais aceita é que o povoamento tenha acompanhado a costa noroeste americana. No entanto, a partir de 22 mil anos atrás sobreveio a última glaciação e, com isso, provavelmente houve novo despovoamento. O *Homo sapiens* do norte americano sobreviveu apenas em alguns refúgios ao longo das antigas rotas. Entre 15 mil e 12,5 mil anos atrás, com a elevação da temperatura média, a expansão prosseguiu pela rota da costa oeste da América do Norte chegando ao sul dos atuais Estados Unidos, ao atual Panamá e daí à América do Sul (Amazônia Ocidental e o restante da costa oeste sul-americana até o Chile).

Há muita discussão na literatura científica a respeito de como e quando a espécie humana chegou às Américas. Diferentes pesquisadores apresentam informações conflitantes.

A chave inicial para os novos conhecimentos, pondo em xeque a colonização das Américas por povos siberianos, foi a descoberta, em 1970, pela equipe do pesquisador Walter Neves, do mais antigo fóssil humano encontrado nas Américas, em Lagoa Santa, Minas Gerais, e datado de cerca de 13 mil anos – era de uma mulher que morreu entre seus 20 e 24 anos e cuja face reconstruída apresenta características físicas mais semelhantes às de povos africanos do que dos siberianos. O fóssil recebeu a designação de **Luzia** e foi considerado parte da primeira população humana que entrou no continente americano.

Depois desse achado, a equipe do pesquisador Walter Neves encontrou outros fósseis semelhantes aos de Luzia, mas com datações mais recentes, entre 11 mil e 7,5 mil anos. Essas evidências adicionais reforçaram a hipótese da presença de indivíduos com características de povos africanos ao longo de toda a bacia do rio São Francisco, chegando até o Piauí (onde encontramos os povos da região da serra da Capivara, estudados por Niède Guidon e sua equipe).

Assim, teriam ocorrido duas ondas migratórias primordiais para as Américas. A primeira seria de caçadores-coletores com traços africanos que teriam migrado para as Américas há cerca de 16 mil anos e que hoje não estão representados em nenhum grupo. A segunda seria de indivíduos de origem asiática que teriam chegado ao Novo Mundo há cerca de 12 mil anos pelo estreito de Bering. As populações indígenas atuais (ameríndias) seriam descendentes desses migrantes.



ALESSANDRO VIANA/TYBA

Reconstrução artística de Luzia, dona do crânio mais antigo das Américas, datando entre 13 mil e 11 mil anos atrás.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fique por dentro

Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos

LABORATÓRIO DE ESTUDOS EVOLUTIVOS HUMANOS. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://evolucaohumana.ib.usp.br/. Acesso em: 2 out. 2024.

O *site* do Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, disponibiliza imagens e textos relacionados à história da evolução da espécie humana.

Contudo, à medida que foram sendo descobertas novas evidências, surgiram controvérsias sobre quando as migrações poderiam ter ocorrido. Algumas dessas evidências foram apresentadas pela pesquisadora e antropóloga brasileira Niède Guidon. Essa pesquisadora encontrou vestígios de humanos com traços africanos em um sítio arqueológico muito bem preservado do Parque da Serra da Capivara, no Piauí, onde observou uma infinidade de pinturas rupestres datadas de 28 mil anos atrás, muito antes da época admitida por diversos pesquisadores. A pesquisadora sugere que esses povos teriam vindo diretamente da África pelo oceano Atlântico.



ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS

Fotografia de uma parte do paredão rochoso da Toca do Boqueirão da Pedra Furada, localizada no Parque Nacional da Serra da Capivara, no Piauí, com pinturas realizadas em diferentes épocas. No centro destaca-se o que se supõe representar um veado saltando. Ao redor, reconhecem-se outras representações de animais e de pessoas.

Você pode solicitar aos estudantes que produzam uma pequena biografia da pesquisadora Niède Guidon, destacando a sua atuação na pesquisa sobre a colonização das Américas e a fundação do Parque Nacional da Serra da Capivara. Niède também viabilizou a criação do Museu do Homem Americano e do Museu da Natureza, no sítio arqueológico de São Raimundo Nonato, no Piauí. Ressalte que o trabalho desenvolvido pela pesquisadora já lhe rendeu prêmios e reconhecimento internacional na área. Aproveite para destacar o papel da mulher no desenvolvimento da ciência. Caso a escola fique em uma região próxima ao museu, faça uma visita com os estudantes. Para mais informações, acesse o *site*: http://fumdham.org.br/. Acesso em: 2 out. 2024.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

7. A respeito do DNA mitocondrial, responda:

a. Que características tornam o DNA mitocondrial um bom indicador da ascendência de um indivíduo ou grupo de indivíduos?

b. Por que a análise do DNA mitocondrial permitiu ordenar cronologicamente diferentes grupos humanos?

8. Indique a alternativa correta sobre a passagem do *Homo sapiens* da África para o lêmen, segundo Oppenheimer, e justifique sua resposta. 8. Alternativa **c**.

a. A travessia do mar Vermelho teria acontecido há 150 mil anos, aproximadamente.

b. Os grupos que fizeram a travessia incluíam pessoas de diferentes linhagens genéticas, a julgar pelo DNA mitocondrial.

c. A travessia pode ter sido facilitada pelo fato de o nível do mar há cerca de 80 mil anos, época de glaciação, estar bem abaixo do atual.

d. Assim que foi completada a suposta travessia, teria se iniciado a expansão para a Europa e para a Ásia Central.

e. Nenhuma das alternativas anteriores apresenta uma afirmação válida.

As variações moleculares e físicas do *Homo sapiens*

Em um estudo de 1972 do professor Richard Lewontin (1929-2021), da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, foram analisadas proteínas no sangue de diferentes populações. Os resultados não mostraram diferenças significativas do ponto de vista molecular que fossem suficientes para separar raças humanas.

Estudos subsequentes ajudaram a verificar que a sequência-base (as unidades que compõem a informação genética) no DNA de diferentes grupos humanos é 99,9% idêntica, o que enfraqueceu completamente a ideia de distinguir raças com base em diferenças genéticas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Uma das características físicas que varia nos povoamentos humanos atuais é a cor da pele. Nas populações nativas atuais, há um padrão observável, em que as pessoas apresentam pele mais clara em direção aos polos. Estima-se que, ao longo da expansão para a Europa, o clareamento da pele tenha ocorrido durante 20 mil anos. Em regiões com menos radiação, a pele escura, melanizada, foi desfavorecida pela seleção, ao passo que nas regiões tropicais, com mais radiação, foi o oposto – a pele clara é que foi desfavorecida. Há uma explicação simples: nas regiões de radiação ultravioleta (UV) mais intensa, a pele com mais melanina seria uma vantagem adaptativa, pois esse pigmento filtra o UV e há uma relação inversa entre a incidência dessa radiação e a disponibilidade de ácido fólico (ou vitamina B9) no organismo. Essa substância é importante para o desenvolvimento embrionário, e o UV pode destruí-la. A falta de ácido fólico pode ocasionar a má-formação do sistema nervoso central no feto, acarretando anencefalia. Em contraposição, nas regiões de menor radiação, como nas florestas temperadas da Europa, a pele com mais melanina apresenta desvantagem, pois o UV é importante para a síntese de vitamina D, e uma pele supermelanizada causaria o raquitismo e até a morte, uma vez que a melanina filtra o UV.

As diferenças físicas encontradas são apenas variações entre grupos humanos com histórias evolutivas distintas. Assim, é importante reforçar que a subdivisão em raças não se aplica à espécie humana, sobretudo quando se analisam os dados moleculares das diversas etnias e populações ao redor do mundo.



KALI9/E+/GETTY IMAGES

As diferentes etnias representam a diversidade da espécie humana.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

9. (Fuvest-SP) Pesquisadores do Museu Nacional, no Rio de Janeiro, encontraram o crânio e uma parte do fêmur de Luzia, o esqueleto humano mais antigo descoberto na América que revolucionou as teorias científicas sobre a ocupação do continente. Os fósseis foram achados há alguns dias (não foi divulgado quando) junto aos escombros do edifício, parcialmente destruído por um incêndio em 2 de setembro. O crânio está fragmentado, porque a cola que mantinha os seus pedaços juntos se foi com o calor, mas a equipe está bastante otimista com suas condições.

Fonte: Julia Barbon, **Folha de S.Paulo**, out. 2018. (Adaptado.)

O esqueleto de Luzia, 9. Alternativa **b**.

a. adquirido por D. Pedro II em 1876, foi incorporado à sua coleção pessoal, a mesma que deu origem ao Museu Nacional no período republicano.

b. descoberto na década de 1970 em Minas Gerais, permitiu questionar a teoria de que a ocupação das Américas se deu por apenas uma onda migratória.

c. estudado por diferentes equipes de antropólogos, comprovou que grupos saídos diretamente da África foram os primeiros habitantes das Américas.

d. encontrado na atual Serra da Capivara, no Estado do Piauí, pertenceu à cultura que elaborou suas famosas pinturas rupestres.

e. mantido em uma coleção particular fora do país, estava exposto para comemoração dos 150 anos da passagem de Charles Darwin pelo Brasil.

10. Uma das mais acentuadas diferenças fenotípicas entre europeus, asiáticos e africanos, por exemplo, é a cor da pele. Quanto a esse fato, responda:

a. Que condição climática deve ter afetado negativamente os indivíduos de pele escura em regiões temperadas? Explique.

b. Que condição climática deve ter desfavorecido indivíduos de pele clara em regiões tropicais? Explique.

Registre em seu caderno

EM FOCO Conhecimentos científicos podem justificar preconceitos?

Em 1876, o médico italiano Cesare Lombroso (1835-1909) publicou parte de seus estudos no livro *O homem delinquente*, que foi um dos primeiros registros de um conjunto de teorias aparentemente científicas que ficou conhecido como **antropologia criminal**. O livro trazia informações que, supostamente, permitiam identificar o caráter criminoso em homens adultos com base nas características físicas dos indivíduos. O trabalho de Lombroso teve início logo após ele se formar em Medicina, na Universidade de Pavia (Itália), aos 23 anos, quando assumiu a direção do manicômio de Pesaro. Posteriormente, foi designado médico na penitenciária de Turim; a partir dessa convivência com os internos, Lombroso passou a defender a ideia de que o biotipo do indivíduo – por exemplo, o tamanho das mandíbulas, o formato do crânio, a forma do cérebro, a estrutura óssea – e o porte de tatuagens seriam indícios suficientes para constatar um histórico criminoso ou uma propensão ao crime. Na visão de Lombroso, a criminalidade – ou delinquência – e os desvios comportamentais tinham, de alguma forma, uma origem biológica, ou seja, eram fruto da genética. A teoria da criminalidade inata, como também ficaram conhecidas as afirmações de Lombroso, é um dos vários exemplos de teorias classificadas como **darwinismo social**, que, apesar do nome, não têm relação com os estudos do cientista inglês Charles Darwin (1809-1882).

A ideia de darwinismo social se fundamenta em tentativas de aplicar a teoria da evolução às sociedades, por exemplo, considerando que os seres humanos possam ser aperfeiçoados física ou socialmente. Nessas tentativas, pessoas buscaram indevidamente nas Ciências da Natureza evidências que confirmassem suas hipóteses a respeito da ordem social ou, ainda, usaram práticas de investigação aparentemente científicas para comprovar suas teorias, muitas vezes manipulando dados e estabelecendo relações de causa e consequência enviesadas.

Algumas das ideias que contribuíram para o surgimento do darwinismo social são mais antigas que a própria expressão, que passou a ser usada a partir da década de 1870. Por volta do século IX a.C., surgiu a cidade de Esparta, que, com o passar dos anos, tornou-se uma sociedade de exímios guerreiros, prezando por atributos físicos como força e beleza. Para garantir a boa linhagem espartana, era comum que crianças nascidas com alguma deficiência física fossem assassinadas logo após o nascimento. Outro exemplo remonta ao período das Grandes Navegações, em que era comum a ideia de que os povos colonizados – nativos americanos, africanos ou asiáticos – não conseguiriam por si só alcançar o desenvolvimento sem a intervenção e ajuda dos colonizadores. Entretanto, foi no século XIX que esse modo de pensar e agir ganhou o nome de **eugenia**, dado pelo antropólogo inglês Francis Galton (1822-1911), primo de Charles Darwin. Galton acreditava que as sociedades europeias ocidentais concentravam uma raça de seres humanos mais evoluída, pois, segundo ele, essas sociedades eram mais desenvolvidas, civilizadas e industrializadas. Dessa forma, seria necessário, para o bem da humanidade, garantir que as pessoas dessas raças vistas como superiores gerassem descendentes e os demais, aqueles classificados como raças inferiores, não.

A palavra *eugenia* tem origem no grego antigo e pode ser traduzida como "boa origem" ou "bom parentesco". As ideias eugenistas foram muito difundidas pelo mundo no final do século XIX e início do século XX, sendo usadas como pretexto para a institucionalização do racismo, da xenofobia e de outras discriminações. Nos Estados Unidos, por exemplo, diversos estados criaram leis que previam a esterilização compulsória de criminosos, alcóolatras e prostitutas como estratégia para que as características, que eram consideradas de base biológica, com potencial de serem passadas de pais para filhos, não fossem transmitidas às próximas gerações. Ao mesmo tempo, eram fortemente desaconselhados casamentos inter-raciais. No Brasil não foi diferente. Em 1929 aconteceu o 1º Congresso Brasileiro de Eugenia, visando difundir as ideias de aperfeiçoamento genético da população e garantir uma pátria ideal por meio do melhoramento racial. Por aqui, a eugenia foi recebida com grande aceitação pelas elites da época. Um dos motivos foi o apoio e a divulgação por médicos, sanitaristas, escritores, intelectuais, políticos e outros influenciadores daquele período, de forma que a Constituição de 1934 previa, no item **b** do artigo 138, o estímulo à "educação eugênica" como parte dos atributos da União, dos estados e dos municípios, permitindo, entre outras coisas, a segregação dos estudantes por conta da classe social, da origem familiar ou da cor da pele.

O caso mais conhecido de eugenia da história é o holocausto, promovido na Alemanha durante a Segunda Guerra Mundial, quando as ideias de Galton foram levadas ao limite com o extermínio dos cidadãos de nacionalidades, etnias ou condutas diferentes daquelas tidas como ideais pelos governantes. Enquanto milhares morriam nos campos de concentração, outras tantas pessoas, consideradas inferiores, serviram de objeto de estudos para que os cientistas subordinados ao governo nazista realizassem todo tipo de experimentação, sem preocupação ética, em prol, segundo eles, do desenvolvimento científico.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Felizmente, casos nos quais houve deturpação das teorias ou práticas de investigação científica representam uma fração ínfima do conhecimento produzido pela humanidade. Com o passar do tempo, a participação da sociedade na luta pelos direitos civis contribuiu para que houvesse maior preocupação com a ética na experimentação científica, com a validade dos resultados obtidos e com as conclusões tiradas na prática científica, possibilitando que outros episódios, semelhantes aos que foram citados neste texto, não se repetissem. Embora casos de discriminação por cor, classe social, credo e orientação sexual ainda aconteçam em nossa sociedade, eles não encontram respaldo em teorias científicas, senão por meio de uma interpretação equivocada ou possivelmente mal-intencionada das teorias de Darwin.

BIBLIOTECA NACIONAL, RIO DE JANEIRO



BOLETIM DE EUGENÍA

MENSAL

EDITADO em propaganda do Instituto Brasileiro de Eugenia — Caixa Postal 2926 — Rio de Janeiro — Brasil

MAIO DE 1929

VOL. I — NUM. 5

Direcção e Propriedade DR. RENATO KEHL — Rua Smith Vasconcellos, 63 — (Aguas Ferreas) — CAIXA POSTAL 2926 — RIO DE JANEIRO — BRASIL

Pelo aperfeiçoamento da nacionalidade

A I.ª Brasileira Eugenizada

Convidado pelo Dr. Waldomiro de Oliveira, director do Serviço Sanitario de [redacted] fui assistir á entrega dos premios aos vencedores do primeiro Concurso de Eugenia, sibilidades de victoria apresentadas pelos filhos: pesando os elementos individuaes e hereditarios com que contavam os filhos para o concurso; discutindo, em familia, os «prós» e

Cuidar do aperfeiçoamento eugenico é cultivar as bases da felicidade do povo e fortalecimento integral do paiz.

Para a alma humana, um corpo sadio é um asylo; um corpo doente é um carcere. — Bacon.

A Eugenização é um capital pos-

Boletim de Eugenia, datado de 1929, relata premiação de concurso de eugenia com a justificativa de aperfeiçoar a nacionalidade.

OBJETO DIGITAL
***Podcast*: Discriminação e segregação racial com base na Genética**

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Os trechos a seguir foram extraídos da Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948) e da Constituição Federal Brasileira (1988), respectivamente.

> Artigo 1º Todos os seres humanos nascem livres e iguais em dignidade e em direitos. [...]
>
> Artigo 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade [...]:
>
> I – homens e mulheres são iguais em direitos e obrigações, nos termos desta Constituição; [...]

Que relações podem ser estabelecidas entre os trechos desses documentos e o conteúdo trabalhado nessa seção? Por que é importante assegurar igualdade de direitos a todas as pessoas em documentos oficiais e governamentais?

2. Adolf Tobeña, professor e pesquisador do Departamento de Psiquiatria e Medicina Legal da Universidade Autônoma de Barcelona, afirmou em seu livro *Cérebro e poder*, publicado em 2010, que "A testosterona é 'o núcleo do poder'", sugerindo, dessa forma, que os níveis desse hormônio no organismo são determinantes para exercer funções de liderança.

Fonte: elaborado com base em LIDERANÇA é questão de testosterona, diz psiquiatra. **Folha de S.Paulo**, São Paulo, 11 set. 2010. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me1109201006.htm. Acesso em: 2 out. 2024.

a. Qual é a relação entre o hormônio testosterona e o gênero de um indivíduo?

b. Trace um paralelo entre o que o texto introdutório assevera e a afirmação atribuída a Adolf Tobeña. Apresente exemplos que se contraponham à afirmação do pesquisador.

3. ODS 10 ODS 16 Investigue outros exemplos de uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação ou privação de direitos e discuta quais fatores contribuem para a perpetuação do preconceito e da discriminação em nossa sociedade. Quais são os grupos mais afetados? De que maneira é possível combater o preconceito, a discriminação e a violência a esses grupos? Você acha que iniciativas individuais de respeito à diversidade são capazes de fazer nossa sociedade superar esse problema ou você consegue pensar em outras medidas que podem ser implementadas?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Registre em seu caderno

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Indique a alternativa incorreta. 1. Alternativa **c**.

a. No Crescente Fértil, os humanos experimentaram o modo de vida não nômade com atividades agropastoris, fixando populações à terra.

b. O avanço da metalurgia foi acompanhado pelo desenvolvimento de armas mais eficientes, afetando as relações entre os povos.

c. O Crescente Fértil já havia sido colonizado logo após a travessia do mar Vermelho.

d. O aquecimento do clima permitiu a passagem pelas áreas antes desérticas e inabitáveis, viabilizando a chegada à Europa.

e. Com a retração do gelo, há cerca de 45 mil anos, foi possível a expansão para a Ásia Central e o interior da China.

2. Sobre a colonização do continente americano, podemos afirmar que: 2. Alternativa **a**.

a. pouco antes da última glaciação, o *Homo sapiens* pôde atravessar o estreito de Bering e atingir a costa noroeste da América.

b. há cerca de 20 mil anos, o *Homo sapiens* iniciou uma rota de expansão ininterrupta que se estendeu pela costa oeste até a América do Sul, chegando ao Chile.

c. todas as evidências apontam para a inexistência de *Homo sapiens* na América do Sul até cerca de 13 mil anos atrás (idade do fóssil Luzia, encontrado em Minas Gerais).

d. os *Homo sapiens* que entraram no continente americano pelo estreito de Bering entre 15 mil e 12 mil anos atrás ainda apresentavam as características fenotípicas dos ancestrais africanos.

e. nenhuma das alternativas anteriores é correta.

3. Alternativa **d**.

3. O clima muito frio, a redução da proporção de carne na dieta e a alta intensidade da radiação ultravioleta relacionam-se com as seguintes características:

a. Manutenção de pelos no corpo, aumento da estatura, pele clara.

b. Tronco corpulento, aumento da estatura, pele escura.

c. Desenvolvimento de nariz largo, redução da estatura, pele clara.

d. Tronco corpulento, redução dos caninos, pele escura.

e. Tronco esguio, arcada dentária quadrada, pele escura.

4. São características inovadoras dos homens de Cro-Magnon: 4. Alternativa **b**.

a. o hábito de enterrar os mortos e o domínio do fogo.

b. a criatividade e o sentido simbólico com aprimoramento da arte.

c. o uso de instrumentos de pedra e a capacidade da fala.

d. o comportamento social e a substituição dos alimentos de origem animal por alimentos de origem vegetal.

e. o uso de cavernas como habitação e o domínio do fogo.

5. Indique a alternativa que apresenta uma afirmação incorreta. 5. Alternativa **e**.

a. Os neandertais foram os primeiros a enterrar seus mortos, provavelmente realizando rituais.

b. A diversificação dos materiais usados na construção de instrumentos não é característica dos neandertais.

c. Quando os *Homo sapiens* chegaram à Europa, os neandertais já estavam ali há muito tempo.

d. Já está comprovado que houve cruzamentos entre *Homo sapiens* e neandertais, promovendo trocas gênicas.

e. Os neandertais eram competitivamente superiores aos Cro-Magnons, sobrepujando-os ao longo de mais de 100 mil anos de coexistência.

6. Como você explicaria o fato de encontrarmos sequências de DNA neandertal em meio ao DNA de europeus e asiáticos modernos, e não em meio ao DNA de populações africanas?

7. Sobre as características do *Homo sapiens* e as pressões seletivas possivelmente envolvidas no surgimento da espécie, responda:

a. Quais foram as adaptações e propriedades que mais marcaram a evolução do *Homo sapiens* desde seus ancestrais australopitecíneos?

b. Descreva características relacionadas ao modo de vida nas savanas às custas de carcaças deixadas por outros animais.

8. Há cerca de 35 mil anos, os Cro-Magnons tinham se estabelecido na Europa e estavam convivendo com os neandertais. Sabemos que eles se originaram de um grupo que se expandiu desde as regiões costeiras adjacentes ao golfo Pérsico, atravessando o Crescente Fértil e rumando para noroeste até a Europa.

a. O que é o Crescente Fértil? Qual foi a grande mudança que mais tarde ocorreu ali quanto ao modo de vida dos humanos?

b. Qual foi a condição climática que permitiu essa expansão, antes inviável para o *Homo sapiens*?

9. Utilizando os conhecimentos deste capítulo e do anterior, explique de que maneira ocorreu a diversificação das espécies *Homo neanderthalensis* e *Homo sapiens* e por que a espécie dos neandertais foi extinta.

10. Vivemos em um período repleto de soluções tecnológicas. Você acredita que a tecnologia poderá influenciar a evolução de nossa espécie? Em caso positivo, de que maneira? Aplique os princípios da evolução biológica para explicar como você imagina a espécie humana daqui a alguns milhares de anos.

11. O Parque Nacional da Serra da Capivara, no Piauí, que abriga inúmeros sítios de pinturas rupestres, foi considerado Patrimônio Mundial em 1991 pela Unesco. Qual é a importância da conservação desse sítio arqueológico nos aspectos históricos, culturais, ambientais e sociais?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 4

Populações, interações bióticas e comunidades



RICARDO AZOURY/PULSAR IMAGENS

População bovina em fazenda brasileira localizada em Senador Guiomard (AC), em maio 2022.

Neste capítulo, vamos estudar conceitos e propriedades de dois níveis de organização biológica: o de populações e o de comunidades. Os animais da imagem são da mesma espécie, estão agregados e, mesmo quando se dispersam, mantêm-se restritos ao perímetro da fazenda: trata-se da população bovina de uma fazenda. Há também outras espécies de organismos vivendo nessa área; considerando todas as espécies em conjunto, temos a comunidade biológica da fazenda. Tanto as populações quanto as comunidades apresentam características ou propriedades que podem ser mensuradas e avaliadas. Além disso, os indivíduos das populações e das comunidades estabelecem diversas relações entre si, as chamadas **interações bióticas**.

Em uma fazenda de gado, o pecuarista visa maximizar as taxas de natalidade e de sobrevivência em relação às taxas de mortalidade e de vendas (que seria equivalente à taxa de emigração), a fim de aumentar a população bovina da fazenda. Essas taxas são exemplos de propriedades das populações.

Quando focamos nosso estudo nas comunidades, percebemos outras propriedades que não se definem no nível de população; é o caso da riqueza de espécies e da diversidade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Introdução à Ecologia

A palavra *ecologia* deriva do grego (*oikós* = casa; *logos* = estudo) e significa literalmente "estudo da casa". Ela foi empregada pelo biólogo alemão Ernst Haeckel (1834-1919) em seu livro *Generelle Morphologie der Organismen*, publicado em 1866, para designar "o estudo das interações dos organismos entre si e com os componentes não vivos do ambiente".

Em Ecologia, estudam-se os fenômenos que ocorrem em diversos níveis de organização, desde o de organismos até o de ecossistemas e da própria biosfera. Esse ramo da Biologia tem se destacado recentemente, pois os desequilíbrios ecológicos provocados pela ação humana são evitáveis somente quando são conhecidos a estrutura, o funcionamento dos ecossistemas e as características de suas populações e comunidades.

A biosfera, por sua vez, é o nível mais amplo estudado pela Ecologia. Trata-se de um termo criado por semelhança aos utilizados para designar camadas ou esferas relacionadas aos componentes abióticos da Terra (atmosfera, hidrosfera e litosfera). Os limites da biosfera são definidos em função de registros que indicam a presença de seres vivos: desde aproximadamente 11 mil metros de profundidade nos oceanos até cerca de 7 mil metros de altitude na atmosfera.

Os ambientes que compõem a biosfera não são constantes no tempo, havendo variações em diversas escalas, de forma que o ambiente pode ser favorável a uma espécie em determinado momento e não o ser em outro. Assim como os ambientes, as populações e as comunidades são dinâmicas, variando continuamente suas características em maior ou menor grau ao longo do tempo. Alterações ambientais que ultrapassem os limites de tolerância de uma ou mais espécies podem levá-las à extinção local ou até à extinção global, definitiva.

Em um ambiente razoavelmente estável, as populações e as comunidades mantêm suas características também estáveis – é o que chamamos de **equilíbrio ecológico**. Mas atenção: a palavra *estável* não quer dizer obrigatoriamente "constante", pois admite flutuações em alguma escala de tempo.

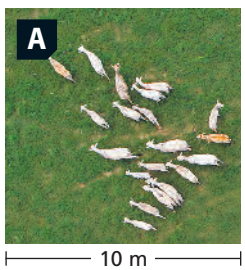
Propriedades de uma população

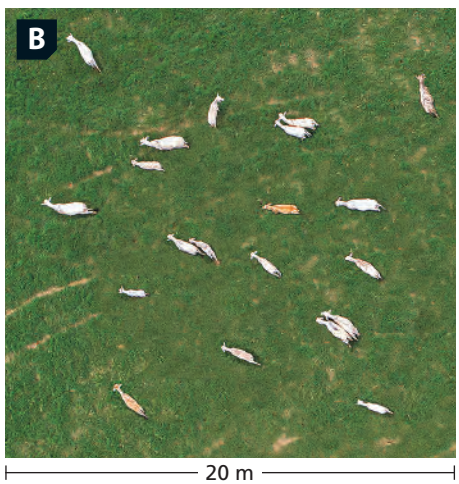
A seguir, são discutidas algumas propriedades das populações que podem ser analisadas para revelar sua condição atual e sua dinâmica, podendo-se, com isso, evidenciar eventuais desequilíbrios antes que se tornem irreversíveis.

Tamanho populacional

Uma propriedade bastante aparente de uma população é seu tamanho. Na maioria das vezes, tratamos de espécies com indivíduos distintos; nesse caso, o tamanho populacional é dado pelo número de indivíduos. Relacionada a esse número, há outra propriedade: a densidade populacional. Imagine indivíduos de uma espécie dispersos em duas áreas, por exemplo, duas pastagens, como nas imagens a seguir. Ainda que apresentem o mesmo número de indivíduos, as duas populações são iguais?

FOTOS: ERNESTO REGHRAN/ PULSAR IMAGENS





As imagens **(A)** e **(B)** mostram a importância da densidade como expressão do tamanho populacional. Nos dois casos, há 20 indivíduos de uma mesma espécie (boi – *Bos taurus*), embora estejam mais adensados em **(A)** do que em **(B)**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tanto na imagem A quanto na imagem B há 20 indivíduos de uma mesma espécie, mas o tamanho da área que eles ocupam varia: A tem 100 m^2 e B, 400 m^2. Portanto, as duas situações não são iguais, pois na imagem B cada indivíduo dispõe de quatro vezes mais pasto do que na imagem A. Assim, como apenas o número total de indivíduos não é um descritor ideal, pode ser calculada a **densidade populacional**, ou seja, o número de indivíduos por área:

$$\text{Densidade (D)} = \frac{\text{Número de indivíduos da população (N)}}{\text{Área ocupada (A)}}, \text{ ou seja, } D = \frac{N}{A}$$

Dinâmica populacional: conceito e taxas

A dinâmica populacional descreve como o tamanho de uma população varia ao longo do tempo em determinada área: ela pode crescer, declinar ou manter seu tamanho com variações dentro de uma faixa mais ou menos constante, dependendo de alguns processos fundamentais. A reprodução origina novos indivíduos (natalidade), e a imigração os traz de outros lugares; ambos os processos contribuem para o crescimento populacional. Já a mortalidade e a emigração contribuem para o declínio populacional.

O ritmo desses processos ao longo do tempo é representado por taxas: taxa de natalidade (TN), taxa de imigração (TI), taxa de mortalidade (TM) e taxa de emigração (TE). A resultante da combinação dessas taxas é a taxa de crescimento populacional (TC), que pode ser positiva (população aumentando), negativa (população declinando) ou nula (população estável).

$$(TC) = (TN + TI) - (TM + TE)$$

Essas taxas se referem a determinado período, por exemplo, número de indivíduos nascidos ou mortos por ano, imigrados ou emigrados por ano. Em uma fazenda de gado, por exemplo, sempre há uma quantidade de bois que nascem, que morrem, que são comprados de fora (imigração) ou que são vendidos (emigração) a cada ano. A combinação dessas taxas resulta na taxa anual de crescimento populacional do gado.

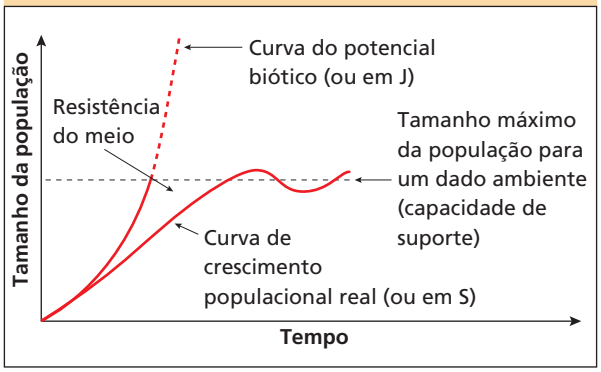
Para determinada área, tanto o tamanho populacional quanto a taxa de crescimento populacional podem ser apresentados em gráficos, em função do tempo. A forma dessas curvas revela informações importantes sobre as espécies e a dinâmica de suas populações.

Potencial biótico e resistência ambiental

Imagine uma população hipotética sujeita a um cenário sem movimentos migratórios, com recursos ilimitados – nunca falta água, alimento ou abrigo para nenhum indivíduo –, sem competição por esses recursos e com mortalidade mínima. Nesse caso, o crescimento populacional não teria restrição, efetivando-se o pleno potencial reprodutivo da espécie – o chamado **potencial biótico**.

Na natureza, entretanto, geralmente há um limite na disponibilidade dos recursos no ambiente: quanto maior é essa limitação, maior é o impacto no sucesso reprodutivo e na mortalidade e, portanto, maior é a restrição à taxa de crescimento populacional. Isso significa que o ambiente exerce uma resistência ao crescimento populacional, reduzindo-o a um nível abaixo do potencial biótico – é a chamada **resistência do meio** ou **resistência ambiental**, que equivale ao número de indivíduos que morrem ou deixam de ser acrescentados à população por causa da limitação de recursos.

Curvas de crescimento populacional com e sem resistência do meio



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TOWNSEND, C. R. *et al.* **Fundamentos em Ecologia.** Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 201.

Na ausência de limitação de recursos, o crescimento populacional seria exponencial (curva em "J"). No entanto, como os recursos geralmente são limitados, a resistência exercida pelo ambiente faz com que a curva de crescimento populacional seja em "S".

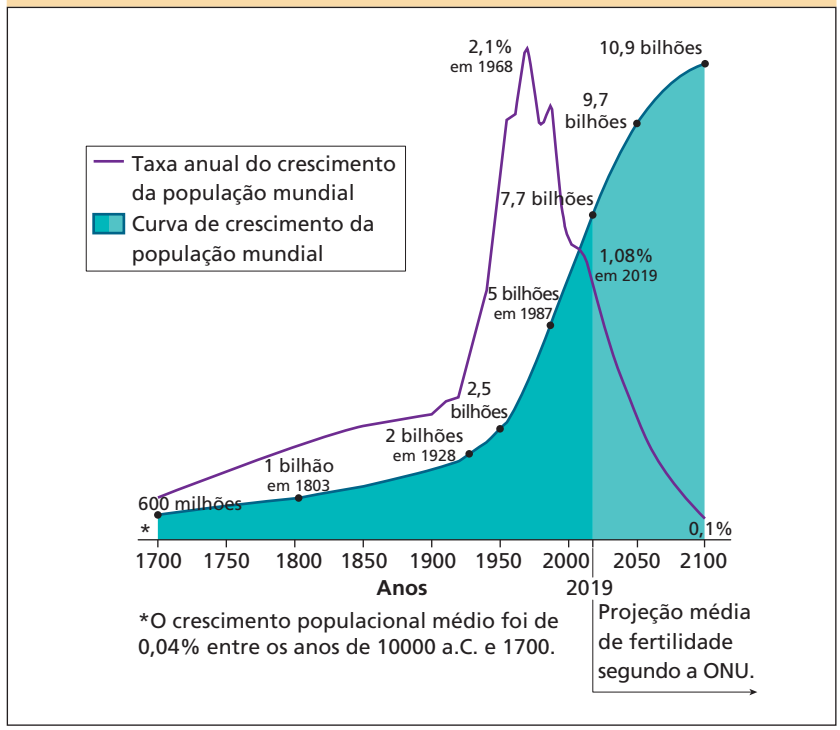
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No gráfico, a curva em forma de "J" representa um cenário sem limitação de recursos, sendo o crescimento populacional exponencial; nesse caso, não há resistência do meio. Já a curva em forma de "S" (sigmoide) retrata o crescimento populacional em uma situação com limitação crescente de recursos por indivíduo; nesse caso, o tamanho da população tende a estabilizar-se, geralmente com flutuações, em torno de um número máximo de indivíduos compatível com a quantidade de recursos disponível para cada um deles.

O número máximo de indivíduos que consegue sobreviver com os recursos disponíveis é chamado de **capacidade de suporte do meio**. Se a quantidade de recursos aumenta, a capacidade de suporte também aumenta; com isso, a população pode crescer mais um tanto até que se estabilize novamente. Por outro lado, se a quantidade de recursos diminui, a população declina até se estabilizar em um tamanho compatível com os recursos remanescentes. Quando ocorre o esgotamento de um ou mais recursos essenciais, a população tende a se extinguir.

Até bem pouco tempo atrás, a espécie humana apresentava crescimento exponencial (em "J"), antevendo-se um possível colapso da humanidade. Contudo, atualmente tem-se evidenciado uma redução na taxa de crescimento populacional humano, principalmente em decorrência da queda na taxa de fecundidade (número médio de filhos por mulher ao longo de sua vida reprodutiva). Dados recentes revelaram que a média do número de filhos por casal ou por mulher reduziu, e a previsão é de estabilização da população mundial em um nível pouco acima de 11 bilhões de pessoas.

Crescimento da população mundial entre 1700 e 2100



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: RITCHIE, H. *et al.* Population growth. **Our World in Data**, 2023. Disponível em: https://ourworldindata.org/population-growth. Acesso em: 7 out. 2024.

O pico da taxa de crescimento populacional humano aconteceu em 1968, seguido de uma acentuada redução até os dias atuais e que deve se estender até 2100.

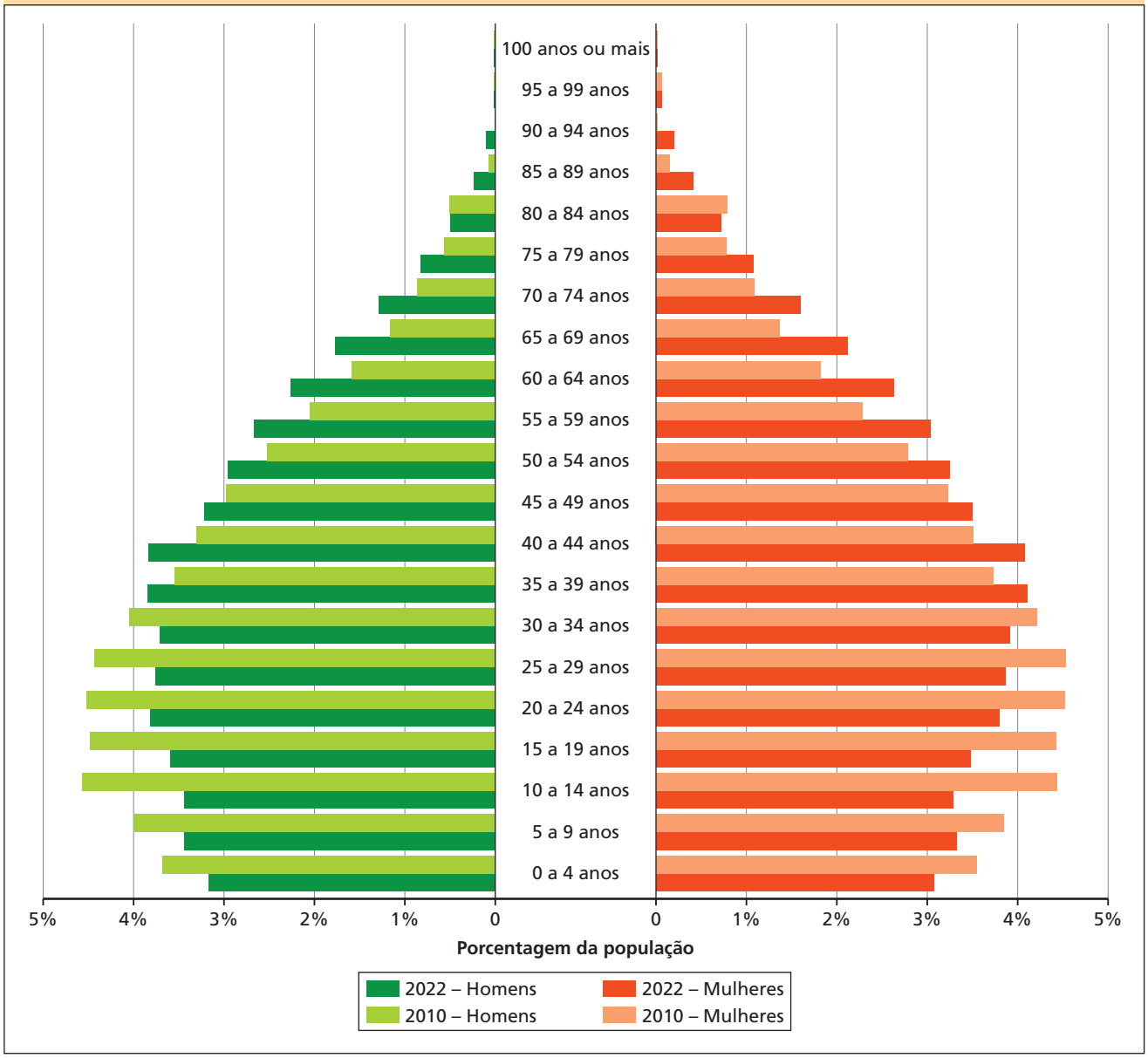
Estrutura etária

A estrutura etária de uma população é a distribuição do número total de indivíduos nas diversas classes etárias, frequentemente considerando machos e fêmeas separadamente. As classes etárias são delimitadas arbitrariamente e para cada uma delas pode ser atribuído o número absoluto de indivíduos ou a porcentagem deles em relação ao total da população. A representação gráfica da estrutura etária de uma população é a **pirâmide etária**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A imagem a seguir mostra a pirâmide etária brasileira com base em dados levantados nos Censos Demográficos de 2010 e de 2022.

Pirâmide etária do Brasil em 2010 e 2022



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIRÂMIDE etária. **IBGEeduca**, Brasília, DF, c2024. Disponível em: https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18318-piramide-etaria.html. Acesso em: 7 out. 2024.

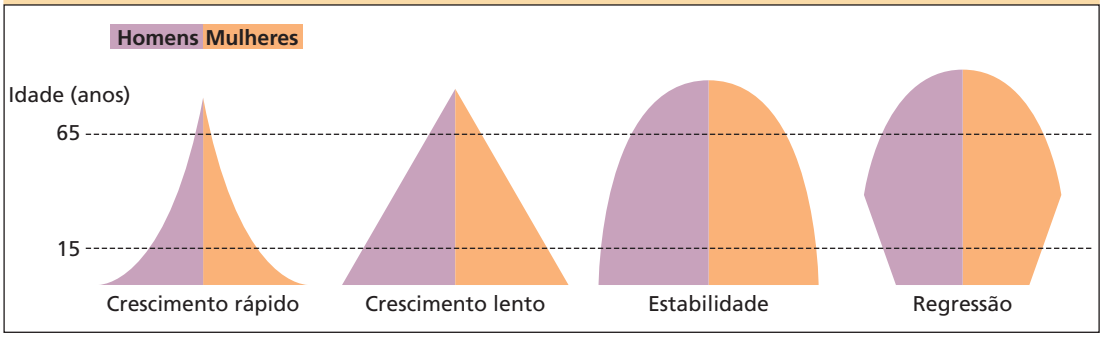
A análise da pirâmide etária brasileira com base em dados dos dois últimos Censos Demográficos (2010 e 2022) possibilita identificar uma tendência de envelhecimento da população.

Comparando-se os dados de 2010 e de 2022, pode-se concluir, por exemplo, que o número de pessoas com 65 anos ou mais cresceu 57,4% na população brasileira em 12 anos. O total de pessoas dessa faixa etária atingiu cerca de 10,9% (22,2 milhões de pessoas) em 2022, contra 7,4% (14 milhões) em 2010. Em contrapartida, o total de crianças com até 14 anos decresceu 12,6%, passando de 4,1% (45,9 milhões) em 2010 para 19,8% (40,1 milhões) em 2022.

A forma da pirâmide etária pode fornecer muitas informações sobre a população. Uma base mais estreita, por exemplo, pode sinalizar um declínio populacional no futuro (muitos países da Europa encontram-se nessa condição). Já uma base muito larga pode indicar potencial de rápido crescimento populacional ou alta mortalidade infantil, como se observa em países como Angola e Chade, localizados na África.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Formas da pirâmide etária



TARCÍSIO ANDRÉ GARBELLINI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: RYE, C. *et al.* **Biology**. Houston: OpenStax, 2016. Disponível em: https://openstax.org/books/biology/pages/45-5-human-population-growth. Acesso em: 7 out. 2024.

Os formatos das pirâmides etárias podem indicar diferentes situações populacionais, como crescimento, estabilidade ou regressão.

No caso da pirâmide etária brasileira referente aos dados de 2022, observa-se uma tendência de regressão populacional, evidenciada pela base mais estreita. Essa configuração indica que, em 2022, havia mais indivíduos de meia-idade do que jovens, sinalizando uma redução do tamanho populacional quando esses jovens atingirem a meia-idade.

Ao mencionar o Censo Demográfico de 2022, aproveite para comentar com os estudantes que esse levantamento também permitiu identificar dados inéditos sobre indígenas e quilombolas. Isso é fundamental para que políticas públicas voltadas especificamente a esses grupos minoritários possam ser formuladas. Veja mais informações no Suplemento para o professor.

Fique por dentro

Dados da população brasileira

CENSO 2022 PANORAMA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/index.html. Acesso em: 7 out. 2024.

Página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que disponibiliza dados, gráficos e mapas referentes à população do Brasil e de seus estados, com base no Censo Demográfico de 2022.

Registre em seu caderno

TRABALHO E JUVENTUDES

Desafios do perfil demográfico brasileiro

De acordo com o Censo 2010, havia cerca de 51,4 milhões de jovens entre 15 e 29 anos no Brasil, equivalente a quase 27% da população total. O Censo 2022, por sua vez, revelou que essa parcela reduziu para 45,3 milhões, aproximadamente, correspondendo a pouco mais de 22% da população total. Projeções do IBGE apontam que esse valor deverá estar em torno de 16% em meados de 2060, abrangendo pouco mais de 37 milhões de jovens. Esse panorama reflete uma tendência de envelhecimento da população brasileira, o que requer atenção dos governos e da sociedade para o planejamento de políticas públicas que lidem com os desafios impostos por esse fenômeno social.

Analisando a pirâmide etária brasileira já apresentada, em que é possível comparar os dados de 2010 e 2022, notam-se evidências desse fenômeno, como redução da quantidade de crianças e de grupos populacionais economicamente ativos e aumento da parcela de pessoas acima de 60 anos. Outro aspecto relacionado a isso é a redução da taxa de fecundidade: segundo o IBGE, era de 6,28 em 1960, passando para 4,35 em 1980, 2,38 em 2000, 1,9 em 2010 e 1,76 em 2021.

Ao longo do processo de envelhecimento populacional, a proporção de pessoas em idade para trabalhar tende a reduzir, comprometendo a capacidade do país de sustentar as parcelas de crianças e idosos aposentados. Diante desse cenário, muitas vezes apresentam-se como alternativas as reformas na previdência, por exemplo, expandindo-se a vida laboral para idades mais avançadas. Outra possibilidade envolve o aumento da produtividade dos trabalhadores em atividade.

O incremento produtivo da população economicamente ativa requer políticas públicas que valorizem e aproveitem a mão de obra por ela representada.

Continua

PROJEÇÕES da população. **Projeções da população**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html. Acesso em: 7 out. 2024.

FECUNDIDADE no Brasil (1940 a 2010). **IBGE Educa – Professores**, Brasília, DF, [201-]. Disponível em: https://educa.ibge.gov.br/professores/educa-atividades/17658-fecundidade-no-brasil-1940-a-2010.html. Acesso em: 7 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

Essas políticas incluem, por exemplo, combater o desemprego e implantar melhorias na educação que promovam qualificação profissional da mão de obra jovem. Desse modo, contribui-se para o aumento da geração de recursos que poderão sustentar a parcela crescente da população em envelhecimento.

Paralelamente a isso, deve-se dar atenção especial às crianças, a fim de não comprometer a força de trabalho futura. Políticas educacionais e de saúde, como campanhas de vacinação e outras medidas que visem à redução da mortalidade infantil, mostram-se fundamentais nesse aspecto.



MASTER1305/SHUTTERSTOCK

A proporção de jovens entre 15 e 29 anos vem reduzindo na população brasileira, impondo desafios que requerem ações estratégicas dos governos e da sociedade.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Analise a ilustração "Pirâmide etária do Brasil em 2010 e 2022" e indique quais grupos etários tiveram maior diminuição de percentual de 2010 para 2022. Quais tiveram maior aumento? O que essas evidências indicam sobre o perfil demográfico do Brasil?
2. No grupo de 0 a 4 anos, há uma proporção maior de pessoas do sexo masculino em relação ao sexo feminino. Há um momento em que essa proporção se iguala e depois passa a ser maior para o sexo feminino. Em que grupo de idade essa mudança ocorre? Por que isso acontece? Se necessário, faça uma pesquisa sobre o assunto.
3. A população economicamente ativa, isto é, em idade para trabalhar, é fundamental para que o país possa cuidar das parcelas da sociedade que não trabalham, como crianças e idosos aposentados. Como se explica essa relação?
4. ODS 8 Diante do impacto social do envelhecimento progressivo da população brasileira, cite exemplos de políticas públicas que devem ser priorizadas nesse contexto em relação a:
   a. crianças;
   b. jovens;
   c. idosos aposentados.
5. Por que a redução da taxa de fecundidade também está associada ao processo de envelhecimento da população brasileira? Faça uma pesquisa sobre as causas dessa redução.
6. Com base nas reflexões realizadas ao longo dessa seção, redija um texto de até dois parágrafos sobre a importância das pirâmides etárias e de outros dados demográficos para a formulação de políticas públicas no Brasil, com foco no segmento populacional de jovens de 15 a 29 anos.

Fatores que afetam o crescimento populacional

Há duas categorias de fatores ecológicos ou ambientais que podem afetar o tamanho das populações. Os chamados **fatores independentes da densidade populacional** geralmente são abióticos e sua intensidade de ação não varia conforme o tamanho da população. É o caso da temperatura ambiente, da precipitação e da ocorrência de eventos catastróficos (terremotos e incêndios), por exemplo.

Já os **fatores dependentes da densidade populacional** geralmente são bióticos e podem regular as populações, ou seja, mantê-las em relativo equilíbrio com o ambiente. O suprimento alimentar, o espaço para abrigo e a ação de competidores, predadores e parasitas são exemplos desses fatores.

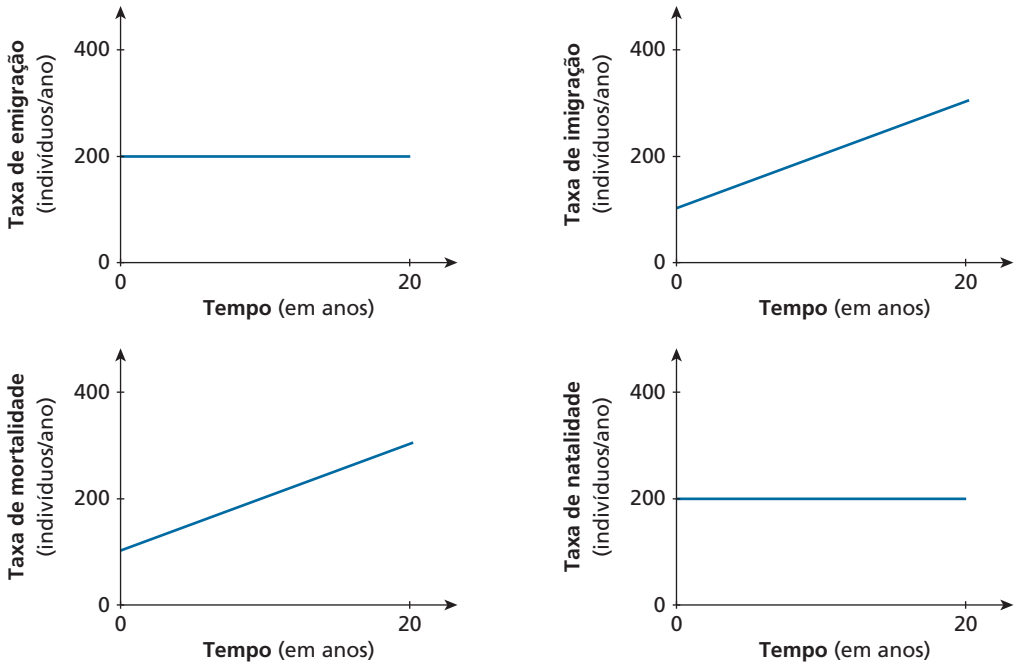
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. (Fuvest-SP) Os gráficos mostram a variação nas taxas de emigração, imigração, mortalidade e natalidade de uma dada população de mamíferos ao longo de 20 anos.



Com base nesses gráficos, o tamanho dessa população deve: 1. Alternativa **d**.

a. diminuir nos 5 primeiros anos e manter-se constante no restante do período considerado.

b. manter-se constante nos 5 primeiros anos e diminuir no restante do período considerado.

c. diminuir continuamente ao longo do período considerado.

d. manter-se constante ao longo do período considerado.

e. aumentar nos 5 primeiros anos e diminuir no restante do período considerado.

2. As curvas de crescimento populacional ilustram as mudanças no tamanho das populações ao longo do tempo. Com disponibilidade de recursos e condições ambientais favoráveis, as populações de seres vivos tendem a crescer. No entanto, na prática, esse crescimento geralmente encontra obstáculos, seja porque os recursos vão ficando insuficientes, seja em decorrência de interações intra e interespecíficas. O crescimento hipotético das populações, na ausência de qualquer forma de resistência ou limitação do meio, é chamado potencial biótico.

Com base nas informações anteriores e no gráfico "Curvas de crescimento populacional com e sem resistência do meio", identifique a alternativa correta e comente sua opção. 2. Alternativa **b**.

a. A oscilação observada após a população alcançar a capacidade de suporte do meio é ocasionada pela sazonalidade reprodutiva da espécie, que influencia os fatores ambientais de modo que se tornam ora favoráveis ora desfavoráveis ao crescimento populacional.

b. A resistência do meio aumenta com a densidade populacional e permite que o tamanho populacional atinja um equilíbrio dinâmico, com oscilações em torno da capacidade de suporte do meio.

c. A curva do potencial biótico, embora corresponda a um modelo teórico, pode ser alcançada em situações favoráveis, algo que provavelmente acontecia com as espécies presentes no planeta antes do surgimento do ser humano.

d. A resistência do meio constitui-se, essencialmente, de fatores ambientais que variam naturalmente; a intervenção humana não é considerada um desses fatores.

e. Populações que se multiplicam em altas taxas, como as bactérias, são menos vulneráveis à resistência do meio e, portanto, aproximam-se do crescimento previsto pelo potencial biótico.

3. Considerando as quatro taxas populacionais fundamentais e sabendo que a predação é uma interação em que o predador mata suas presas, como a predação atua como fator regulador da população de presas? Compare esse tipo de efeito com o de um grande incêndio, por exemplo.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Entretanto, considerando as implicações indiretas das interações em uma comunidade, verifica-se que mesmo as desarmônicas podem ter efeitos indiretos positivos, pois são importantes para a manutenção do equilíbrio ecológico e/ou a regulação das populações que interagem.

Interações bióticas

Como todos os organismos vivem em cenários caracterizados por determinadas condições ambientais e certa disponibilidade de recursos (alimento, abrigo, água, luz, nutrientes minerais etc.), sobrevivem apenas aqueles adaptados a captar os recursos de que necessitam sob as condições ambientais vigentes. Entre os organismos se estabelece uma complexa rede de relações, na qual cada um deles está associado a um ***habitat*** (isto é, o lugar onde há maior probabilidade de ser encontrado) e a um **nicho ecológico** (ou seja, o modo de vida ou forma de interagir com os componentes vivos e não vivos do ambiente). Entre os diversos aspectos do nicho ecológico de um organismo, destacam-se as relações que ele estabelece com outros seres vivos, as chamadas **interações bióticas**.

Todas as interações bióticas propriamente ditas afetam de alguma forma a dinâmica populacional da(s) espécie(s) envolvida(s). De modo geral, alguma população é beneficiada na interação, seja pela garantia de suprimento dos recursos de que necessita, seja por permitir menor gasto de energia na obtenção deles. Como isso favorece a sobrevivência e a geração de descendentes, as taxas de mortalidade e natalidade são afetadas, o que se reflete na dinâmica populacional.

As interações bióticas podem ocorrer entre indivíduos de populações de espécies diferentes (interespecíficas) ou entre indivíduos da mesma população (intraespecíficas). Além disso, elas podem ser categorizadas em harmônicas ou desarmônicas.

Nas **interações interespecíficas harmônicas** ou **positivas**, não há prejuízo para nenhuma das populações envolvidas, ao passo que nas **interações interespecíficas desarmônicas** ou **negativas** pelo menos uma das populações é prejudicada. No caso das interações intraespecíficas, consideram-se os efeitos sobre a própria população. A seguir, apresentamos as modalidades mais comuns de interações bióticas e como elas regulam as populações.

Em sua maioria, trata-se de interações tróficas, ou seja, relacionadas com a obtenção de alimento. Dessa forma, os organismos consumidores podem ser classificados em carnívoros, herbívoros, onívoros ou detritívoros. Os detritívoros se alimentam de matéria orgânica morta (como folhas caídas, fezes e carcaças) e não estão envolvidos em nenhuma interação biótica, uma vez que seu alimento corresponde a restos de organismos mortos.

Nas interações interespecíficas, costuma-se usar sinais para representar o efeito da relação sobre as duas populações envolvidas. O sinal "+" indica que a população tende a crescer; o sinal "–", que ela tende a diminuir; e o sinal "0", que não há tendência nem ao crescimento nem à redução da população:

- (+ –): predação, incluindo a herbivoria;
- (+ –): parasitismo;
- (– –): competição;
- (– 0): amensalismo;
- (+ 0): comensalismo;
- (+ +): mutualismo, quando ambas as populações têm interação favorável e são obrigatoriamente dependentes uma da outra;
- (+ +): protocooperação, quando ambas as populações interagem favoravelmente, mas não de forma obrigatória.

Interações desarmônicas (ou negativas)

Predação

Na predação, um animal predador persegue, captura e mata sua presa para comê-la, inteira ou parcialmente. Uma grande disponibilidade de presas atrai os predadores, favorecendo o aumento da predação, o que, por sua vez, propicia um declínio populacional das presas, pois a mortalidade delas aumenta. De modo inverso, quando o número de presas diminui, a população de predadores tende a reduzir em razão da menor disponibilidade de alimento. Com isso, a predação fica menos intensa e o número de presas tende a aumentar novamente. Esse panorama mostra como as populações podem se regular mutuamente.

Um exemplo clássico de predação se dá entre lebres-do-ártico (*Lepus arcticus*) e linces (*Lynx canadensis*), respectivamente, presa e predador. Os linces predam quase exclusivamente lebres-do-ártico e, por isso, dependem muito da disponibilidade delas. Com isso, flutuações no tamanho de uma das populações impactam diretamente o tamanho da outra. Quando o predador tem várias alternativas alimentares, esse efeito não é tão perceptível.

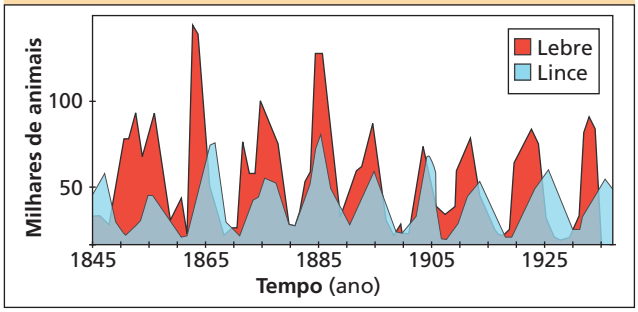


FLPA/ALAMY/FOTOARENA

Lince (*Lynx canadensis*) pouco após ter capturado sua presa, uma lebre-do-ártico (*Lepus americanus*). O lince mede cerca de 80 cm de comprimento (sem a cauda) e a lebre-do-ártico, cerca de 45 cm de comprimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Dinâmica entre populações de presas (lebres) e predadores (linces)



TARCÍSIO ANDRÉ GARBELLINI/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: FOWLER, S. *et al.* **Concepts of Biology**. Houston: OpenStax, 2013. Disponível em: https://openstax.org/books/concepts-biology/pages/19-4-community-ecology. Acesso em: 7 out. 2024.

O tamanho da população de lebres-do-ártico (presas) impacta o tamanho da população de linces (predadores) e vice-versa, de modo que ambas as espécies oscilam conjuntamente ao longo do tempo.

O gráfico apresenta as estimativas do tamanho populacional de lebres e linces ao longo do tempo no Canadá, embasadas no número de peles comercializadas. A predação é um fator dependente da densidade, que pode regular tanto a população de presas quanto a de predadores. Note que, logo após cada aumento da população de lebres, há um aumento também na população de linces. Com mais linces, porém, passam a morrer mais lebres, e a população delas reduz. Essas oscilações conjuntas se mantêm ao longo do tempo e ambas as populações têm seu tamanho regulado dentro de uma faixa mais ou menos constante.

Quando a presa é da mesma espécie do predador, a interação é intraespecífica e recebe o nome de **canibalismo**. Trata-se, no entanto, de uma interação rara.

Parasitismo

O parasitismo é uma interação relativamente duradoura, na qual o parasita infesta seu hospedeiro, alimentando-se de partes dele, mas sem matá-lo a princípio. A intimidade física é bem alta, mantendo-se ao longo de certo tempo ou até mesmo indefinidamente. E, mais que os predadores, os parasitas são bastante específicos quanto aos seus hospedeiros.

Estudos indicam que o parasitismo pode ser um fator regulador da população de hospedeiros, pois os indivíduos de populações muito parasitadas têm menor sucesso reprodutivo e menor sobrevida. Além disso, em populações densas da espécie hospedeira, a transmissão dos parasitas de indivíduos infestados para não infestados é facilitada pela proximidade entre eles, ao contrário do que se observa quando as populações são mais rarefeitas.

Os parasitas que se prendem à parede externa do corpo do hospedeiro, alimentando-se de seus fluidos ou tecidos, são designados **ectoparasitas**. As lampreias, os carrapatos, os pulgões (ou afídeos) e as sanguessugas são exemplos desses organismos.



BIT245/ISTOCK/GETTY IMAGES

Lampreias-marinhas (*Petromyzon marinus*) pescadas e dispostas sobre uma superfície de madeira. Elas podem medir até 1 m de comprimento.

Também há plantas que parasitam outras plantas, como o cipó-chumbo, comum na flora brasileira.



FABIO COLOMBINI

Cipó-chumbo (*Cuscuta racemosa*) parasitando uma planta. Os filamentos amarelos são os ramos não clorofilados dessa espécie ectoparasita.

Os parasitas que habitam o interior do corpo do hospedeiro, por sua vez, são denominados **endoparasitas**. Nesse caso, diferentes fases do ciclo de vida do parasita podem ocorrer em diferentes hospedeiros, ou em diferentes partes do corpo de um hospedeiro, ou até mesmo no ambiente. A lombriga (*Ascaris lumbricoides*), por exemplo, tem um único hospedeiro, o ser humano.



SINHYU/ISTOCK/GETTY IMAGES

Lombrigas adultas da espécie *Ascaris lumbricoides*. O macho é o menor, com a extremidade posterior do corpo curvada em forma de gancho. Esses vermes medem em torno de 20 cm a 30 cm de comprimento.

Outros parasitas têm mais de um hospedeiro em seu ciclo de vida, em cujo corpo eles podem se reproduzir de forma assexuada ou sexuada. São exemplos: o *Plasmodium* sp., causador da malária; o *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas; a *Taenia solium*, causadora da teníase; e o *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Competição

A competição pode ser intra ou interespecífica e ocorre somente quando os recursos explorados por ambos os competidores são limitados. Nessa interação, todos os envolvidos são prejudicados.

A **competição intraespecífica** ocorre entre indivíduos da população de uma mesma espécie, e os competidores mais fracos tendem a ser eliminados. Esse processo contribui para a regulação do tamanho populacional, que então se estabiliza em um nível compatível com a disponibilidade dos recursos (capacidade de suporte do meio).

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor. Registre em seu caderno

NA PRÁTICA Superpopulação é um problema?

Os seres vivos desenvolvem-se à custa de recursos que retiram do ambiente (alimento, água, nutrientes minerais etc.) e esses recursos podem ser finitos. Plantas, como o feijão, são seres autotróficos fotossintetizantes que retiram água e nutrientes do solo e CO_2 do ar, além de utilizar energia luminosa. Esses elementos são recursos essenciais para as plantas e, uma vez utilizados por um organismo, deixam de estar disponíveis para os demais. A escassez de recursos, mesmo que seja de apenas um dos recursos essenciais, pode ser fator limitante no desenvolvimento, na sobrevivência e na reprodução dos indivíduos.

OBJETIVOS

- Investigar o fenômeno da competição intraespecífica por meio da comparação das massas de pés de feijão após desenvolvimento em diferentes densidades populacionais.
- Transpor os resultados obtidos na prática para situações hipotéticas de superpopulação (de seres humanos, por exemplo).

PREPARE-SE!

a. Retomem o que estudamos sobre crescimento populacional e oferta de recursos naturais e pesquisem informações adicionais, se necessário. Com base nisso, formulem uma hipótese sobre a relação entre superpopulação (de seres humanos, por exemplo) e o desenvolvimento de seus indivíduos em um contexto de limitação de recursos. No caderno, anotem os dados que julgarem pertinentes, assim como a hipótese proposta.

b. Com base na hipótese proposta, façam o seguinte exercício de dedução: em vasos com diferentes densidades populacionais de sementes de feijão, como seria a variação na massa média de pés de feijão por vaso 20 dias após a semeadura?

MATERIAL

Os estudantes podem substituir os vasos por materiais alternativos, como garrafas PET de 3 L cortadas ao meio.

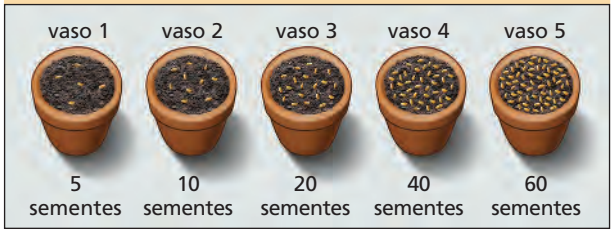
- 5 vasos com aproximadamente 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro, perfurados no fundo
- Terra suficiente para encher os 5 vasos
- 135 sementes visualmente saudáveis de feijão comum
- Recipiente para medir um volume de 20 mL de água
- Peneira
- 5 sacos plásticos de 10 L a 20 L
- Fita adesiva
- Barbante ou elástico para fechar os sacos plásticos
- Caneta
- Balança
- Tesoura com pontas arredondadas
- Caderno para anotações

PROCEDIMENTO

Etapa 1 Realização do experimento

- Preparem os vasos de forma idêntica. Com a fita adesiva, identifiquem-nos com números de 1 a 5. Misturem e peneirem a terra para desfazer os torrões. Todos os vasos devem receber a mesma quantidade de terra, que deve ser compactada da mesma maneira. Plantem as sementes a 2 cm de profundidade, de acordo com a imagem a seguir.

Montagem experimental



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação da montagem experimental. Notem a quantidade e a distribuição das sementes nos vasos para cada um dos tratamentos.

- Mantenham os cinco vasos em ambiente externo, em iguais condições de iluminação.
- Reguem cada vaso com 20 mL de água a cada dois dias. Se necessário e dependendo da região do Brasil, reguem com maior frequência, cuidando para que o volume de água seja o mesmo para todos os vasos. É importante que não ocorra escassez de água em nenhum vaso. Além disso, o solo não pode ficar encharcado.
- Quando a germinação tiver terminado, contem quantas plantas em desenvolvimento há em cada vaso e anotem.
- Ao final de 20 dias, extraiam de cada vaso todos os pés de feijão que tiverem sobrevivido, contando-os e removendo a terra que possa estar presa entre as raízes.

Discuta com os estudantes qual poderia ser a consequência de alguém selecionar, intencionalmente ou não, sementes maiores antes das menores ao fazer o plantio.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

- Acondicionem todas as plantas de um mesmo vaso em um único saco plástico. Em seguida, os sacos plásticos devem ser muito bem fechados e etiquetados com o número do respectivo vaso.

Etapa 2 Análise dos resultados

- Pesem cada saco plástico e anotem os valores em uma tabela.
- Feita a pesagem inicial, cortem os sacos plásticos lateralmente, removam o conteúdo e pesem somente as embalagens com as respectivas etiquetas e elásticos (ou barbantes) utilizados na vedação. É importante que essa pesagem seja feita imediatamente após a abertura dos sacos plásticos, para evitar a secagem do conteúdo.
- Calcule a biomassa total das plantas subtraindo, das massas totais iniciais, as massas correspondentes aos sacos plásticos e materiais associados. Para aferir a biomassa média de indivíduo por vaso, dividam a biomassa total pelo número de indivíduos de cada vaso.
- Organizem os dados obtidos em uma tabela e produzam um gráfico com os valores obtidos.

Etapa 3 Comunicação científica

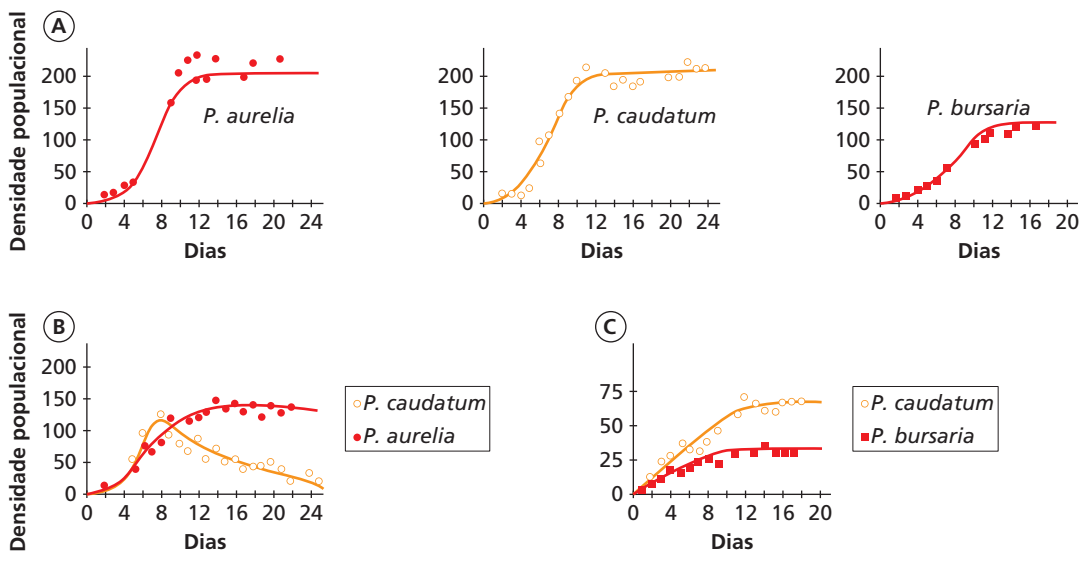
Definam como os resultados serão compartilhados com a classe e preparem a apresentação, a ser agendada pelo professor.

1. Compare os valores de biomassa média de indivíduo encontrada para cada vaso. O que é possível concluir?
2. Que recurso(s) pode(m) ter sido limitante(s) para os resultados obtidos? Justifique.
3. Em condições de recursos limitados, uma superpopulação pode ter problemas? Por quê?
4. Explique como a competição intraespecífica pôde ser evidenciada no experimento.
5. Considerando que os recursos disponíveis inicialmente para as plantas de cada vaso foram sempre os mesmos e que cada vaso representava um tamanho populacional, como pode ser estimada a capacidade de suporte do ambiente-vaso com base nos resultados obtidos? Como a resistência do meio se evidencia nesse experimento?
6. Estabeleça um paralelo entre a atividade realizada e o aumento da população humana mundial.

Na **competição interespecífica**, ambas as espécies envolvidas têm prejuízo ou redução de sobrevivência, crescimento e/ou sucesso reprodutivo. Quando a competição é assimétrica, pode-se identificar o competidor mais forte como o que sofre prejuízo menor, e o mais fraco como o que sofre mais na interação. Pode até acontecer de uma das espécies, a competidora mais fraca, ser extinta pela mais forte, fenômeno conhecido como **exclusão competitiva**.

Os efeitos da competição sobre o crescimento das populações envolvidas foram investigados pelo russo Georgy Frantsevich Gause (1910-1986), na década de 1930, que fez uma série de experimentos em laboratório com protistas ciliados das espécies *Paramecium caudatum*, *P. aurelia* e *P. bursaria*. Vários de seus resultados estão representados nos gráficos a seguir, representando a densidade populacional (número de indivíduos por frasco) em função do tempo (número de dias).

Resultados dos experimentos de Gause (1934)



Fonte: BEGON, M. *et al.* **Ecology**: from individuals to ecosystems. 4. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

Resultados dos experimentos de Gause (1934) com populações de *Paramecium caudatum*, *P. aurelia* e *P. bursaria* em laboratório.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Nos gráficos de **A**, temos as curvas de crescimento populacional das três espécies quando cultivadas separadamente; em todos esses casos, os recursos são limitados e os números máximos de indivíduos correspondem à capacidade de suporte do meio para as três espécies (cerca de 200 indivíduos no caso de *P. caudatum* e *P. aurelia*, e perto de 130 indivíduos no caso de *P. bursaria*). Nos gráficos **B** e **C**, temos os resultados com os indivíduos das duas espécies sendo criados juntos: *P. caudatum* e *P. aurelia*, em **B**, e *P. caudatum* e *P. bursaria* em **C**, sempre com a mesma quantidade de recursos que em **A**.

Note que as populações das espécies criadas juntas não atingem os números de indivíduos registrados quando elas são cultivadas separadamente. Além disso, o resultado pode variar: em **B**, *P. caudatum* é uma competidora fraca (menos eficiente na obtenção dos recursos) e, por isso, tende a ser excluída por *P. aurelia*; em **C**, não se verifica exclusão de uma das espécies, porém ambas estabilizam suas populações com uma quantidade menor de indivíduos, indicando que ambas se prejudicam com a interação.

Amensalismo (ou antibiose) e alelopatia

No amensalismo ou antibiose, uma espécie prejudica outra, mas não se beneficia nem se prejudica com isso. Nessa interação, indivíduos de uma população criam passivamente condições que inibem ou impedem o desenvolvimento de indivíduos de outras espécies. Em outros casos, uma espécie produz compostos químicos designados como alelopáticos, que inibem o crescimento ou estabelecimento de indivíduos de outras espécies potencialmente competidoras, resultando em vantagem para a população. Isso caracteriza o fenômeno da alelopatia, que é comumente considerada uma forma de amensalismo na literatura científica.

Um exemplo clássico de alelopatia envolve a chamada **maré vermelha**, que se forma com certa frequência nos oceanos e em águas costeiras (e mais raramente em água doce). Sob determinadas condições ambientais, ocorre intensa proliferação de certos microrganismos (especialmente protistas unicelulares, como os dinoflagelados) que produzem substâncias alelopáticas altamente tóxicas.

Outro exemplo de alelopatia é a interação entre bactérias e fungos produtores de compostos antibióticos (alelopáticos).



MESUT KARADUMAN/ANADOLU AGENCY/GETTY IMAGES

Vista de maré vermelha resultante de intensa proliferação de certas algas unicelulares após aumento da temperatura da água do mar de Marmara, em Tekirdag, Turquia (abr. 2020).

Interações harmônicas (ou positivas)

Comensalismo e inquilinismo

Nesses dois tipos de interação, apenas um dos participantes se beneficia, sem, no entanto, causar prejuízo ao outro. O comensalismo ocorre em razão da obtenção de alimento, ao passo que o inquilinismo acontece por proteção, abrigo ou suporte físico.

Um exemplo se observa entre o tubarão e os peixes-piloto e as rêmoras – chamados **comensais**. Os peixes-piloto vivem ao redor do tubarão, alimentando-se dos restos de comida que escapam da boca do grande predador. As rêmoras, por sua vez, são bastante especializadas, pois apresentam uma nadadeira dorsal modificada que funciona como uma ventosa que as prende à superfície do corpo de tubarões, raias e tartarugas.

Alguns pesquisadores usam o termo "comensalismo" para se referir indistintamente ao comensalismo propriamente dito e ao inquilinismo.



PETE OXFORD/NATURE PL/FOTOARENA

Várias rêmoras da espécie *Remora remora* associadas a uma fêmea de tubarão-galha-preta (*Carcharhinus limbatus*). As rêmoras adultas medem cerca de 80 cm de comprimento e o tubarão-galha-preta, cerca de 1,8 m de comprimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

RODRIGO FRISCIONE/IMAGE SOURCE/GETTY IMAGES



Para a rêmora, ser transportada pelo tubarão permite grande economia de energia, que pode ser investida na sobrevivência e na reprodução, com possíveis reflexos em sua população. Já para o tubarão não há efeito mensurável, contanto que o número de comensais não seja exagerado, pois isso demandaria um gasto energético adicional em sua locomoção e descaracterizaria a interação como comensalismo.

Detalhe da ventosa dorsal de uma rêmora do gênero *Remora*.

FABIO COLOMBINI



Quanto ao **inquilinismo**, um exemplo envolve o pepino-do-mar, um equinodermo, e o fierásfer ou peixe-agulha. Esse pequeno peixe vive como inquilino dentro do corpo do pepino-do-mar, de onde ele chega a sair para se alimentar e depois volta. Nesse caso, o peixe encontra proteção no corpo do pepino-do-mar, que, por sua vez, não se beneficia nem se prejudica na relação.

Um caso especial de inquilinismo é o epifitismo, no qual plantas como orquídeas e bromélias usam árvores apenas como suporte ou substrato, não retirando nada do corpo delas.

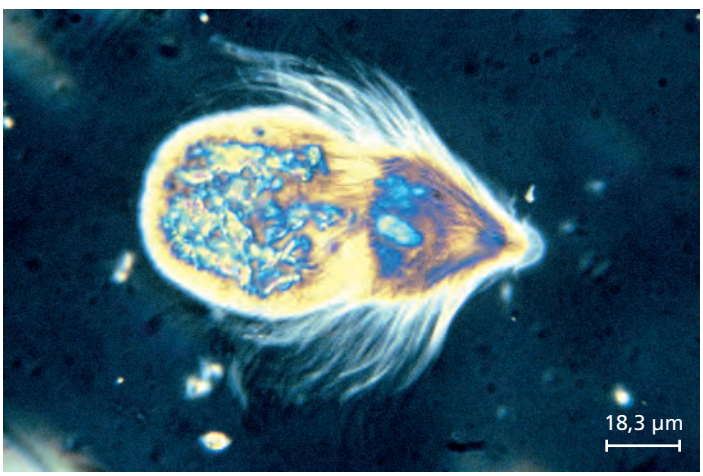
Orquídea do gênero *Oncidium* presa ao tronco de uma árvore. Note as raízes esbranquiçadas se ramificando, aderidas ao substrato.

Para ilustrar a um fierásfer em associação com um pepino-do-mar, se possível, assista com os estudantes ao vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=5Uid6KZZ15Q. Acesso em: 7 out. 2024.

Mutualismo

No mutualismo, as duas espécies envolvidas são beneficiadas. Um dos casos mais conhecidos acontece entre cupins e protozoários flagelados que vivem no tubo digestório desses insetos. Como os cupins são incapazes de digerir a celulose da madeira que ingerem, a associação com os flagelados é essencial, uma vez que esses microrganismos produzem a enzima celulase, possibilitando aos insetos aproveitar os nutrientes provenientes da quebra da celulose. Os protozoários, por sua vez, dependem dessa associação, pois conseguem sobreviver somente no corpo dos cupins.

SCIENCE HISTORY IMAGES/ALAMY/FOTOARENA



Trichonympha sp., protista flagelado que vive no intestino de cupins do gênero *Zootermopsis*. As partículas dentro da célula são fragmentos de celulose. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada cerca de 545 vezes.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Outro exemplo é o dos **liquens**, que são associações entre fungos e algas verdes ou cianobactérias, cuja integração é funcional e morfológica. As algas ou as cianobactérias fazem fotossíntese e produzem carboidratos, parte dos quais é aproveitada pelos fungos, que são heterótrofos. Estes, por sua vez, proveem um ambiente adequado para a sobrevivência das algas ou cianobactérias por meio do micélio (emaranhado de filamentos que constitui o corpo do fungo). No ambiente onde um líquen ocorre, tanto as algas ou cianobactérias quanto o fungo não sobreviveriam sem a associação.

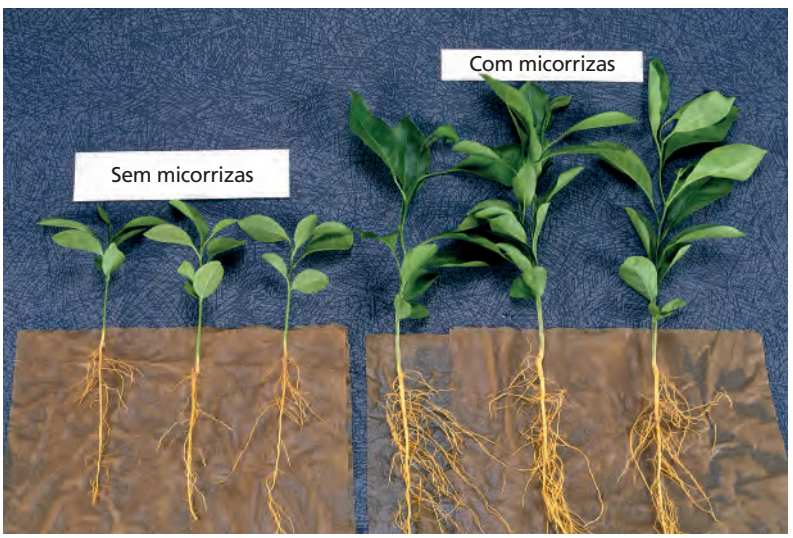
As chamadas **micorrizas** são associações que se estabelecem entre fungos e raízes de plantas vasculares. Enquanto os fungos produzem extensas redes subterrâneas de hifas que absorvem e transferem para as raízes das plantas uma quantidade adicional de água e nutrientes minerais, as plantas fornecem para os fungos carboidratos e outras substâncias essenciais ao seu desenvolvimento.


ADRIAN DAVIES/NATURE PL/FOTOARENA

Líquen da espécie *Lobaria pulmonaria* crescendo sobre o tronco de uma árvore em Cornwall, Reino Unido (maio 2023).


STEVEN MORRIS/ALAMY/FOTOARENA

Micorrizas presentes em raízes de bonsai do gênero *Fagus*. As raízes medem entre 1 mm e 10 mm de diâmetro.



RUNK/SCHOENBERGER/ALAMY/FOTOARENA

Limoeiros (*Citrus limon*) foram testados experimentalmente para se desenvolver na ausência (à esquerda) e na presença (à direita) de micorrizas com o fungo *Glomus intraradices*. A influência positiva da interação no desenvolvimento das plantas foi evidente.

Já as **bacteriorrizas** são associações entre raízes de plantas leguminosas e bactérias fixadoras de nitrogênio (isto é, que usam o gás nitrogênio como fonte desse elemento). Nessa interação, formam-se nódulos nas raízes da planta, dentro dos quais se desenvolvem populações de bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam nitrogênio. Essa fixação corresponde à conversão anaeróbia (sem participação do gás oxigênio) do nitrogênio gasoso (N_2) em amônio (NH_4^+), um processo complexo de transformação química que acontece em várias etapas.

Enquanto as bactérias proveem nitrogênio assimilável para a leguminosa, que então pode se desenvolver mesmo em solos carentes desse elemento, a planta oferece um *micro-habitat* favorável e nutrientes orgânicos para elas.


DR JEREMY BURGESS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Detalhe dos nódulos formados por bacteriorrizas em ervilha (*Pisum sativum*). Essas estruturas medem 1 mm de diâmetro, aproximadamente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

HELMUT CORNELI/ALAMY/FOTOARENA



Caranguejo-eremita da espécie *Dardanus pedunculatus* associado com diversas anêmonas da espécie *Calliactis parasitica*, um exemplo de protocooperação. O caranguejo-eremita mede cerca de 10 cm de comprimento e as anêmonas, cerca de 8 cm de altura.

Protocooperação

Ao contrário do mutualismo propriamente dito, que é obrigatório, há uma modalidade de natureza mutualística, mas que não é obrigatória para a sobrevivência das espécies envolvidas. Trata-se da **protocooperação**.

Um dos exemplos mais conhecidos é o do paguro com anêmonas-do-mar. Enquanto as anêmonas defendem o paguro, este facilita a obtenção dos alimentos pelas anêmonas.

Interações intraespecíficas positivas com cooperação entre os indivíduos

Embora não sejam análogas ao mutualismo ou à protocooperação, interações intraespecíficas dos tipos sociedade e colônia podem ser importantes para o sucesso da espécie em seu ambiente.

Sociedades

Sociedades são grupos de indivíduos da mesma espécie que apresentam divisão de trabalho não restrita a períodos reprodutivos. Quando as diferentes funções são exercidas por indivíduos morfologicamente distintos, há a formação de castas, o que caracteriza as sociedades heteromorfas. São exemplos as castas de insetos sociais como formigas, cupins e algumas abelhas.

Já nas sociedades isomorfas, apesar de haver divisão de trabalho, os indivíduos não são morfologicamente modificados para as funções que exercem. Um exemplo é a sociedade humana, que contempla uma complexa divisão de trabalho, apesar do isomorfismo.

No caso das **abelhas**, na maioria das espécies não há formação de sociedades, isto é, seus indivíduos têm hábito solitário. As abelhas sociais podem formar colmeias de 50 mil a 100 mil indivíduos, cujas castas são as de operárias, rainha e zangão. No caso das **formigas**, todas as espécies são sociais. Os adultos, com raras exceções, são fêmeas divididas em pelo menos duas castas: as operárias e a rainha.

ROB ATHERTON/ ALAMY/FOTOARENA



Colônia isomorfa de coral-sol da espécie *Tubastraea coccinea*, cnidário nativo do Indo-Pacífico que, ao chegar à costa brasileira, disseminou-se intensamente como espécie invasora. Cada indivíduo mede aproximadamente 2 cm de diâmetro, quando com os tentáculos distendidos.

Colônias

As colônias caracterizam-se pela associação mais ou menos íntima ou pela continuidade anatômica de indivíduos de uma mesma espécie, em geral aparentados ou geneticamente idênticos. Tal como ocorre nas sociedades, as colônias também podem ser isomorfas ou heteromorfas.

Os corais são exemplos de **colônias isomorfas** que ocorrem fixas a substratos do ambiente marinho e cujos indivíduos não apresentam diferenciação morfológica nem divisão de trabalho.

Já a caravela-portuguesa (*Physalia physalis*), do grupo dos cnidários, é um exemplo de **colônia heteromorfa**, com indivíduos especializados em diferentes funções.

Ecologia das comunidades

Quando diversas populações são colocadas juntas e começam a se relacionar por meio de interações bióticas, a quantidade de indivíduos de uma espécie passa a ser direta ou indiretamente afetada pela quantidade de indivíduos da(s) outra(s) e vice-versa, ocorrendo variações e ajustes populacionais. Nesse contexto, surge então uma nova entidade ecológica: a **comunidade**.

Há várias características ou propriedades que podem ser medidas e que definem uma comunidade ecológica, destacando-se a riqueza de espécies e a diversidade biológica.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Riqueza e diversidade

A **diversidade de espécies** é uma propriedade das comunidades que pode ser mensurada de diferentes formas. A mais trivial envolve a contagem do número de espécies, ou seja, a determinação da riqueza específica ou, simplesmente, riqueza. Entretanto, esse atributo não considera os tamanhos ou as abundâncias populacionais das espécies, que são determinados por importantes processos ecológicos. Conhecendo o número de espécies e suas respectivas abundâncias na comunidade, pode-se calcular a diversidade de espécies usando fórmulas matemáticas.

Dinâmica de comunidades: sucessão ecológica

Assim como as populações que as compõem, as comunidades não são estáticas, pois sua estrutura se modifica ao longo do tempo, seja em ambientes novos (como ilhas recém-formadas geologicamente), seja após perturbações ambientais. A dinâmica de comunidades, portanto, compreende o estudo das variações das comunidades ao longo do tempo.

OBJETO DIGITAL
***Podcast*: Animais frugívoros e ecologia de comunidades**

Como o ambiente influencia as espécies e vice-versa, a chamada **sucessão ecológica** se refere às alterações de uma comunidade no processo de colonização ou recolonização de um ambiente ao longo do tempo. Quando ocorre em ambientes novos, recém-criados, é chamada **sucessão primária**; já em ambientes previamente colonizados, mas que sofreram perturbações (como um desmatamento) e estão sendo repovoados, é designada **sucessão secundária**. As espécies que se instalam no início da sucessão são as **espécies pioneiras**. Os diferentes estágios de maturação da comunidade são denominados **estágios serais** ou **seres**; e a comunidade estável final é chamada **comunidade clímax**.

O quadro a seguir lista algumas tendências que podem ser observadas ao longo da sucessão ecológica até se atingir a comunidade clímax.

Características da comunidade	Tendências na sucessão, desde o estágio inicial até o clímax
Composição de espécies	• Muda rapidamente no início e mais lentamente nos estágios serais intermediários, mantendo-se aproximadamente constante no clímax. • Espécies importantes nos estágios iniciais podem não o ser na comunidade clímax ou até mesmo não estar presentes nela.
Diversidade de espécies	• É baixa no início, com predomínio de autótrofos. • Aumenta ao longo da sucessão, assim como o número de heterótrofos. • No clímax, é estável. • Às vezes, aumenta ao longo da sucessão e declina um pouco no clímax.
Biomassa	Aumenta.
Teia alimentar	Torna-se mais complexa.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

4. O que são colônias? Diferencie as isomórficas das heteromórficas e dê um exemplo de cada tipo.

5. Elabore um texto explicando o significado dos seguintes termos:

a. espécies pioneiras;
b. estágios serais;
c. comunidade clímax;
d. sucessão primária;
e. sucessão secundária.

6. Com relação à sucessão ecológica, é incorreto afirmar que: 6. Alternativa **c.**

a. em ambiente estável, a sucessão prossegue até um estágio denominado clímax, a partir do qual já não se verificam mudanças substanciais.
b. ao longo da sucessão, há uma tendência de aumento da diversidade.
c. a biomassa tende a reduzir com o avanço da sucessão.
d. sucessão primária é aquela que se desenrola em um ambiente que não foi colonizado anteriormente.
e. pode-se verificar um exemplo de sucessão secundária após um desmatamento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Uma lombriga presente no intestino humano, liquens, uma coruja que se alimenta de pequenos roedores, bactérias fixadoras de nitrogênio localizadas em nódulos de raízes de leguminosas e peixes-piloto associados a tubarões são envolvidos, respectivamente, em:

a. parasitismo, protocooperação, predação, mutualismo e comensalismo.

1. Alternativa **b**.

b. parasitismo, mutualismo, predação, mutualismo e comensalismo.

c. comensalismo, mutualismo, ingestão de partes, protocooperação e inquilinismo.

d. inquilinismo, protocooperação, comensalismo, protocooperação e parasitismo.

e. parasitismo, mutualismo, predação, mutualismo e inquilinismo.

2. Alternativa **a**.

2. (Uece) A sucessão ecológica compreende uma série de alterações no ecossistema, resultantes da ação contínua dos fatores ambientais sobre os organismos e da reação dos organismos sobre o ambiente em que vivem. Dessa forma, a comunidade pioneira evolui passo a passo, até que a velocidade do processo começa a diminuir gradativamente, chegando a um ponto de equilíbrio, quando a comunidade passa a ser denominada clímax. Nesse contexto, pode-se afirmar corretamente que a estabilidade das comunidades clímax ocorre devido à(ao):

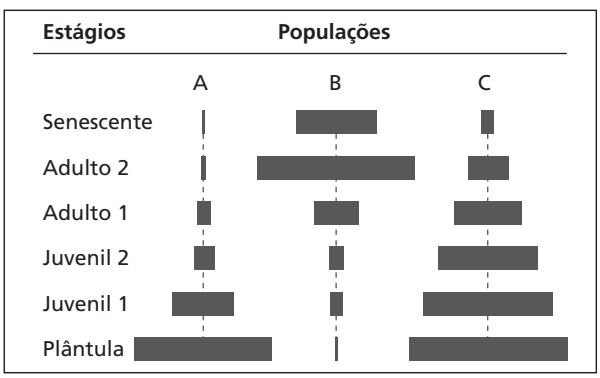
a. aumento da variedade de espécies e da complexidade das relações alimentares.

b. diminuição do número de espécies e à simplificação das relações alimentares.

c. manutenção do número de espécies e, consequentemente, à estabilidade das relações alimentares.

d. introdução de novas espécies e ao incremento da complexidade das relações alimentares.

3. (Fuvest-SP) A figura representa a estrutura de três populações de plantas arbóreas, A, B e C, por meio de pirâmides etárias. O comprimento das barras horizontais corresponde ao número de indivíduos da população em cada estágio, desde planta recém-germinada (plântula) até planta senescente. 3. Alternativa **d**.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BRESINSKY A. *et al.* **Tratado de Botânica de Strasburger.** 36. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. (Adaptado.)

A população que apresenta maior risco de extinção, a população que está em equilíbrio quanto à perda de indivíduos e a população que está começando a se expandir são, respectivamente:

a. A, B, C. **c.** B, A, C. **e.** C, A, B.
b. A, C, B. **d.** B, C, A.

4. (UEM-PR) Em uma área de preservação ambiental, pesquisadores estudaram uma população de macacos-prego. A área em questão é de 84 ha (1 ha = 10.000 m^2). Considerando o tamanho inicial da população como 750 indivíduos (no início de 2006) e os dados de cinco anos que estão registrados na tabela a seguir, indique a(s) alternativa(s) correta(s). 4. Corretas: 01, 04 e 08.

Determinantes populacionais	Ano				
	2006	2007	2008	2009	2010
Natalidade	200	250	320	450	510
Mortalidade	70	93	57	108	122
Imigração	7	28	65	70	48
Emigração	10	15	32	83	139

(01) Em condições naturais, o potencial biótico é limitado pela resistência do meio.

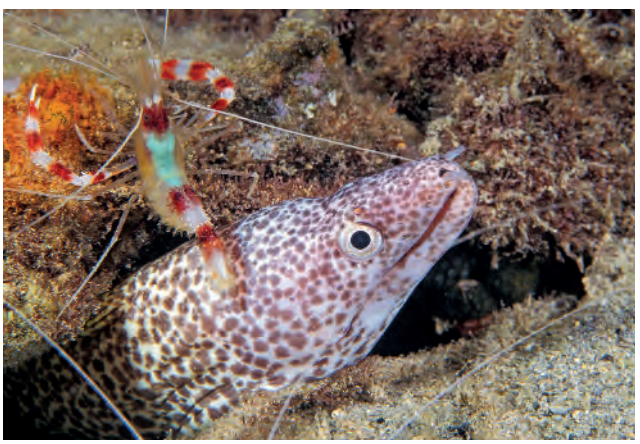
(02) Emigração é a entrada de novos indivíduos na população.

(04) A densidade da população, no final do ano de 2010, foi de, aproximadamente, 23,44 macacos-prego/ha.

(08) O tamanho da população, no final do ano de 2010, foi de 1.969 macacos-prego.

(16) No final do ano de 2008, já houve um aumento de 100% da população de macacos-prego.

5. Observe a imagem e leia o texto a seguir.



BRANDON COLE/NATUREPL/FOTOARENA

Moreia da espécie *Gymnothorax moringa* com um camarão-limpador da espécie *Stenopus hispidus* associado a ela. Esses animais medem cerca de 65 cm e 6 cm de comprimento, respectivamente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Existe uma grande variedade de espécies de crustáceos que apresentam um comportamento peculiar: eles se locomovem sobre a superfície do corpo e até mesmo dentro da boca de peixes (inclusive predadores), alimentando-se de parasitas e restos de alimentos. Os peixes até poderiam comê-los, bastando fechar a boca, mas não o fazem. Já foram feitas pesquisas que demonstraram experimentalmente menor incidência de doenças e maior longevidade em peixes envolvidos nesse tipo de relação do que em peixes da mesma espécie que não estavam envolvidos.

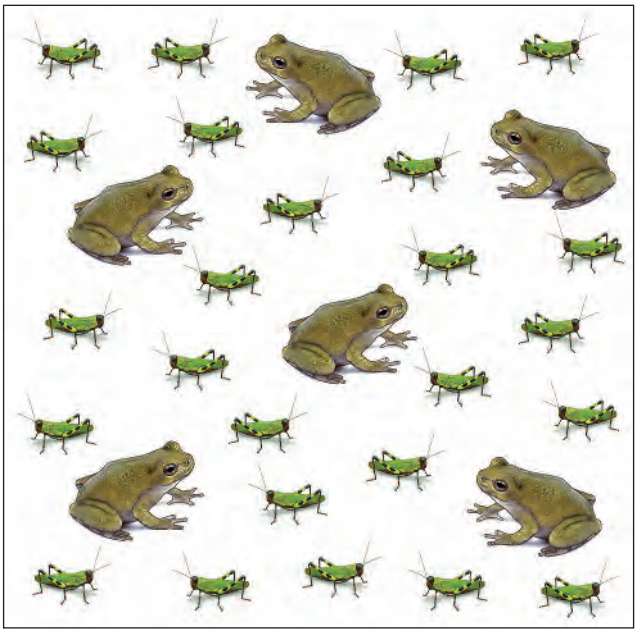
a. Em que modalidade de interação biótica se enquadra essa relação? Justifique.

b. Que outra interação biótica também promove vantagens para ambas as espécies envolvidas? Como distingui-la da interação mencionada no item **a**?

6. A imagem representa uma área de 60 m^2, na qual vamos considerar hipoteticamente uma população de gafanhotos e outra de sapos. O estudo do tamanho das populações ao longo do tempo (dinâmica populacional) é essencialmente uma aplicação da Matemática em que taxas e funções estão entre os conceitos usados.

a. Qual é o tamanho de cada população? E a densidade populacional de cada espécie?

b. Suponha que não ocorram imigração, emigração e nascimentos, mas apenas mortes por predação. Se cada sapo comer um gafanhoto a cada 5 dias, qual será a densidade populacional de gafanhotos ao final de 10 dias? E a taxa de mortalidade (em indivíduos por dia)? Quanto tempo levaria para a população de gafanhotos se extinguir?



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de uma população de sapos e outra de gafanhotos. (Imagem sem escala.)

7. ODS 5 De acordo com o Censo Demográfico de 2022, pela primeira vez o número de mulheres passou a ser maior que o de homens nas cinco regiões do Brasil. No total, as mulheres representam 51,5% da população, ao passo que os homens correspondem a 48,5%. No entanto, a igualdade de gênero ainda não é uma realidade no país, embora avanços possam ser reconhecidos.

a. O que significa a igualdade de gênero? Como as pesquisas populacionais (como o Censo Demográfico) permitem avaliar essa questão?

b. Pesquise o que dispõe o ODS 5, selecione uma de suas metas e redija um argumento que: 1. Relacione essa meta com sua realidade local, regional ou nacional; e 2. Proponha políticas públicas para realizá-la. Você pode incrementar seu texto com dados apresentados por instituições de pesquisa ou compartilhados em matérias jornalísticas. Podem ser mencionados também exemplos de políticas públicas que tenham sido propostas oficialmente em seu município, estado ou mesmo no Brasil como um todo.

A condução da atividade 7 pode contar com o apoio dos professores de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas no que se refere à desigualdade de gênero, as causas histórico-sociais desse fenômeno, as formas possíveis de combatê-lo, o processo de concepção e a implementação de políticas públicas relacionadas ao tema etc.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com esta unidade foi finalizado, é o momento de você refletir sobre seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, analise e responda às questões a seguir.

- Retome as questões da seção **Pense nisso!** na abertura desta unidade e avalie se concorda com suas respostas anteriores depois das discussões realizadas ao longo do estudo dos capítulos. Reescreva-as, se for necessário.
- O que você aprendeu acerca dos assuntos abordados nesta unidade?
- Quais assuntos/atividades geraram mais dificuldades para sua aprendizagem? Como você as superou?
- Reveja os pontos que deixaram dúvidas e que não foram bem compreendidos. Converse sobre eles com o professor e os colegas a fim de planejarem outras possíveis estratégias de estudo.
- O que mais você gostaria de saber sobre os conteúdos abordados nesta unidade?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

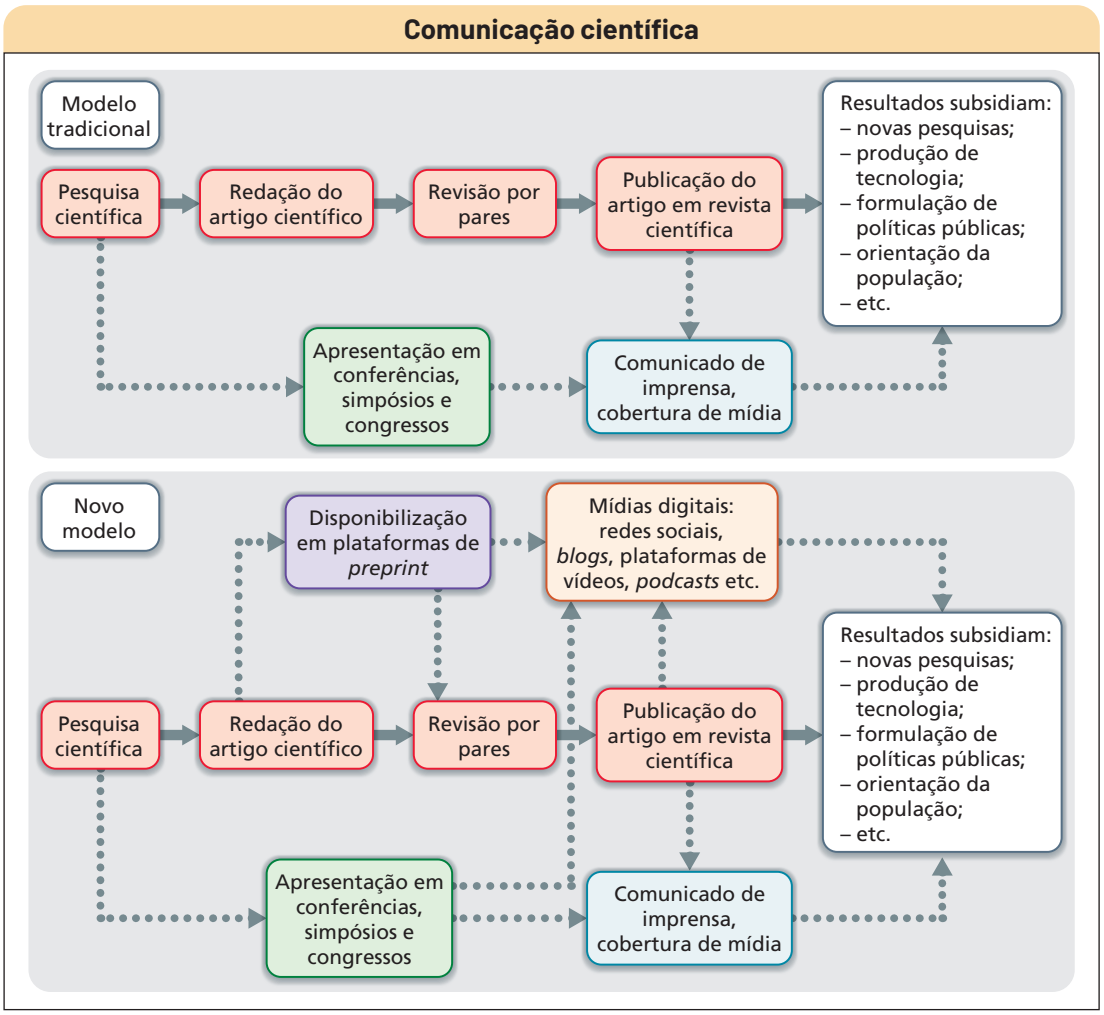
EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Comunicação científica

Os pesquisadores comumente baseiam-se em estudos anteriores de outros cientistas para conceber seus projetos de pesquisa e para interpretar e estabelecer relações com os resultados obtidos nos próprios estudos. Esse trabalho coletivo depende de uma série de dispositivos de comunicação. As pesquisas realizadas são compartilhadas com a comunidade científica por meio de **artigos científicos**, que são publicados em revistas especializadas, mas só depois de serem submetidos à chamada **revisão por pares** (*peer review*, em inglês). Além disso, os pesquisadores apresentam e debatem seus trabalhos em eventos científicos, como congressos e conferências.

Paralelamente, o conhecimento científico produzido deve ser partilhado com a sociedade. Para isso, as informações dos artigos e eventos científicos precisam passar por um cuidadoso processo de transposição de discurso. Esse é o papel da **divulgação científica**, geralmente realizada por jornalistas e comunicadores especializados, além de alguns cientistas.

Atualmente, porém, os avanços das mídias digitais têm alterado a forma e o tempo como o conhecimento científico é comunicado. A imagem a seguir, embasada em um artigo científico dedicado ao estudo dessas mudanças, compara o modelo tradicional de comunicação científica com o novo modelo.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação comparativa do modelo tradicional de comunicação científica com o novo modelo que tem se desenvolvido atualmente.

Fonte: elaborado com base em VLASSCHAERT, C.; TOPF, J. M.; HIREMATH, S. Proliferation of papers and preprints during the coronavirus disease 2019 pandemic: progress or problems with peer review? **Advances in Chronic Kidney Disease**, [*s. l.*], v. 27, n. 5, p. 418-426, 2020. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7409832/#appsec1. Acesso em: 7 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Com base no texto introdutório, na análise da imagem comparativa e em seus conhecimentos, identifique como a comunicação científica vem se transformando nos últimos anos. Para ajudá-lo nessa tarefa, converse com os colegas a respeito dos seguintes questionamentos.

1. Quais são as diferenças entre os dois modelos?
2. Como é a etapa de revisão por pares? Qual é a função dela no processo de publicação de um artigo científico?
3. Sabendo que *preprint* é uma palavra inglesa que pode ser traduzida como "pré-impressão, pré-publicação", qual é o significado de "Disponibilização em plataformas de *preprint*"?
4. Qual é a importância de comunicar os resultados das pesquisas para a comunidade científica e para a sociedade?
5. No modelo tradicional, em que etapa ocorria a divulgação científica? Como ela passa a ocorrer no novo modelo?

Ampliação de repertório

Pesquise sobre as etapas da comunicação científica, procurando definir termos que talvez sejam desconhecidos ou pouco compreendidos por vocês. Sobre plataformas de *preprint*, por exemplo, quais são as vantagens e as desvantagens que elas proporcionam? E sobre a revisão por pares, como se dá essa etapa na prática?

Procurem conhecer exemplos de revistas científicas internacionais (como a *Science*, a *Nature* e a *Lancet*) e nacionais (como a *Acta Amazonica* e a *Revista Brasileira de Medicina Tropical*), assim como o formato padronizado e a linguagem dos artigos científicos. Busquem também páginas na internet de eventos científicos, a fim de conhecer como são organizados e que tipos de atividade contemplam.

Acessem ainda mídias de divulgação científica, seja em veículos especializados nisso (como a agência de notícias *Ciência e Cultura*, da Universidade Federal da Bahia; a revista *ComCiência*, da Universidade Estadual de Campinas; e a revista *Pesquisa Fapesp*), seja em veículos generalistas, mas que apresentam editoria específica para a cobertura de Ciência (como os jornais *Estado de Minas* e *Folha de S.Paulo*). Pesquisem também exemplos de *podcasts*, *blogs* e perfis de redes sociais que divulguem Ciência (essas mídias podem ser de instituições de pesquisa ou de imprensa, dos próprios pesquisadores ou de pessoas especializadas nessa tarefa).

Por fim, explore como se dá a relação entre produção científica, sociedade, tecnologia e políticas públicas, procurando identificar a participação dos diferentes entes envolvidos.

Produção de conteúdo

Nesta atividade, vocês partiram da análise de um esquema comparativo elaborado com base em um artigo científico e fizeram pesquisas para compreender em detalhe a imagem. Agora, imaginem que é preciso compartilhar esse conhecimento com um público específico. Para isso, definam o público-alvo e a linguagem adotada e escolham uma das duas propostas.

1. Com elementos gráficos, textuais e imagéticos, elaborem um infográfico. Trata-se de um recurso que permite reunir grande quantidade de dados de forma resumida. Na internet, há vários *sites* que permitem criar infográficos *online* gratuitamente.
2. Redijam uma matéria explicando resumidamente cada etapa, desde a pesquisa científica até sua repercussão na sociedade.

Autoavaliação

Este espaço é destinado para reconhecer seus pontos fortes e oportunidades de melhoria em seu processo de aprendizagem. Anote no caderno o nível de desempenho para cada critério listado a seguir. Combine previamente com o professor o que é esperado para os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente. Seguem os critérios adotados para essa proposta:

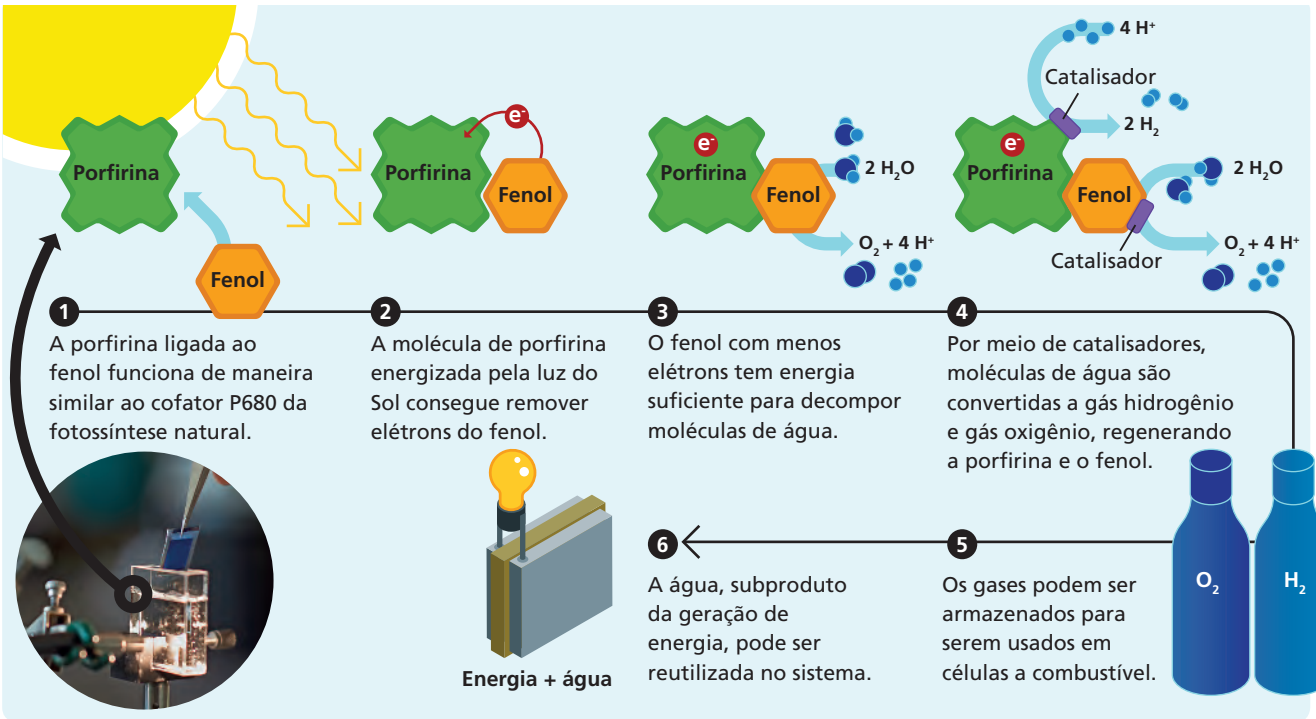
- Aplicar técnicas de pesquisa para avaliar, nas mídias utilizadas, a confiabilidade dos diversos tipos de informação e conteúdo apresentados.
- Reunir e resumir informações do conteúdo midiático coletado.
- Aderir ao tema com textos e informações corretas coletadas de maneira responsável.
- Apresentar os resultados de maneira clara, com domínio técnico e apropriado ao público-alvo definido.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

UNIDADE 2

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

O tema desta unidade também é trabalhado nos volumes de Física e de Química desta coleção.



MARIO KANNO/ARQUIVO DA EDITORA

DR. DANIEL NOCERA/HARVARD UNIVERSITY

Fonte: elaborado com base em: GUIMARÃES, M. Fotossíntese artificial. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, ed. 217, mar. 2017. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/fotossintese-artificial-2/. Acesso em: 2 out. 2024.

Representação e fotografia do protótipo de um sistema fotossintético artificial. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O conhecimento científico tem proporcionado importantes contribuições para soluções de problemas cotidianos. Em busca de uma fonte de energia limpa e sustentável, por exemplo, pesquisadores se inspiraram nos seres fotossintetizantes e no conhecimento das células para criar um protótipo de folha artificial. Essa folha é feita de componentes revestidos por moléculas fotoativas e catalisadores, podendo mimetizar uma das etapas da fotossíntese.

Nesta unidade, iniciaremos o estudo das células focando em seus envoltórios e componentes internos, incluindo aqueles envolvidos no metabolismo energético, que permite a vida, com profundos reflexos em níveis de organização mais elevados e discutiremos os impactos negativos do consumismo humano sobre o ambiente e os seres vivos.

Pense nisso!

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor. Registre em seu caderno

1. As células realizam trocas de matéria e energia com o meio. Como elas ocorrem?
2. Para construir um protótipo de folha artificial, os cientistas se inspiraram em organismos fotossintetizantes. Cite seres que realizam fotossíntese e aponte as características estruturais das células desses organismos.
3. Como você traçaria um paralelo entre a fotossíntese e a respiração celular? Qual organela citoplasmática está relacionada à respiração?
4. Cite exemplos de impactos socioambientais gerados pelos seres humanos sobre o ambiente e os seres vivos e a importância de áreas de conservação.

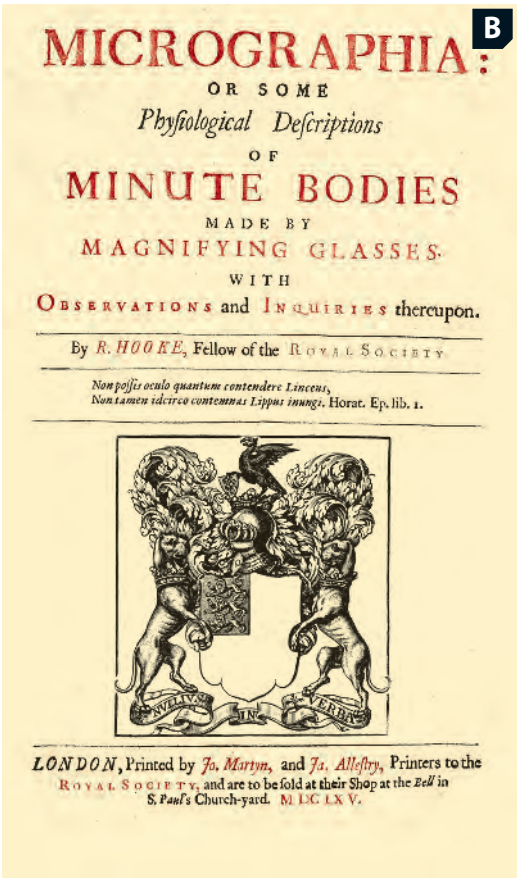
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 5

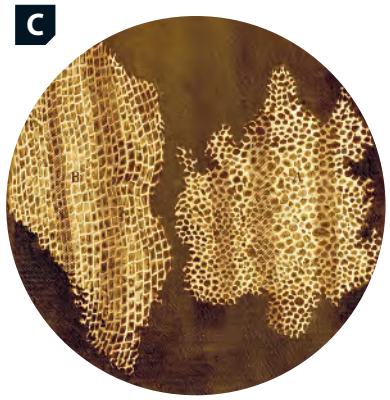
Introdução à Citologia e envoltórios celulares



SCIENCE SOCIETY PICTURE LIBRARY/GETTY IMAGES



BIBLIOTECA DE BOTÂNICA OAKES AMES, UNIVERSIDADE DE HARVARD, CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, EUA



SCIENCE HISTORY IMAGES/ALAMY/FOTOARENA

Em **(A)**, reconstrução do microscópio utilizado por Robert Hooke, que atualmente está exposto no National Museum of Health and Medicine (Museu Nacional de Saúde e Medicina), em Washington, DC, Estados Unidos. Em **(B)**, capa da obra *Micrographia* de Hooke, publicada em 1665, na qual consta o desenho de cortes finos de cortiça e sua estrutura em cavidades ou células, mostrado em **(C)**.

O estudo da Biologia Celular, ou **Citologia** (do grego, *cito* = célula; *logos* = estudo), teve início quando foram desenvolvidos instrumentos que permitiram o aumento da imagem do objeto observado: os **microscópios** (do grego, *mikrós* = pequeno; *skopeo* = ver, enxergar). O primeiro microscópio empregado no estudo de detalhes do corpo de seres vivos foi construído pelo físico inglês Robert Hooke (1635-1703), que, em sua obra *Micrographia*, publicada em 1665, ilustrou, entre muitos outros materiais, cortes finos de cortiça, como mostrado na imagem.

Hooke estava procurando entender as propriedades físicas de leveza, flutuabilidade e elasticidade da cortiça, descrevendo-a como formada por uma infinidade de diminutas câmaras, ou **células**, preenchidas por ar. A palavra *célula* provém do latim *cella*, que significa "pequeno compartimento ou recinto". Apesar de ter usado essa palavra, Hooke não cogitou que estava observando as paredes das células vegetais e, portanto, não estava se referindo à unidade básica, estrutural e fisiológica dos seres vivos; esse entendimento só ocorreu mais tarde.

Neste capítulo, vamos explorar o universo microscópico relacionado aos seres vivos, iniciando pelos avanços na tecnologia dos microscópios que nos permitiram entender cada vez mais as células, suas estruturas e respectivas funções. Em seguida, vamos abordar os envoltórios celulares e as formas como as células trocam substâncias com o meio.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Ao longo do estudo dos microscópios de luz, reconheça com os estudantes conhecimentos da Física que foram importantes para o advento e o desenvolvimento desses aparelhos. Veja mais informações no Suplemento para o professor.

Os primeiros microscópios e a teoria celular

Conhecimentos da Física, em especial do ramo da Óptica, que inclui estudos da luz e das lentes, foram importantes para o advento dos microscópios, o que abriu as portas para a pesquisa de um universo invisível a olho nu. Os microscópios mais comuns que são utilizados até hoje em pesquisas e atividades didáticas são chamados **microscópios de luz (ML)** ou **microscópios ópticos (MO)**, pois dependem de uma fonte de luz para iluminar os objetos em estudo. Esses aparelhos utilizam lentes convergentes de vidro ou cristal bem polidas, de forma que sejam obtidas imagens ampliadas de qualidade e com boa resolução.

As dimensões do mundo microscópico são muito pequenas e medidas em unidades ainda menores que o milímetro. No Sistema Internacional de Unidades (SI), algumas dessas unidades são o **micrômetro** (μm) = metro dividido por milhão = 0,000001 m; e o **nanômetro** (nm) = metro dividido por bilhão = 0,000000001 m.

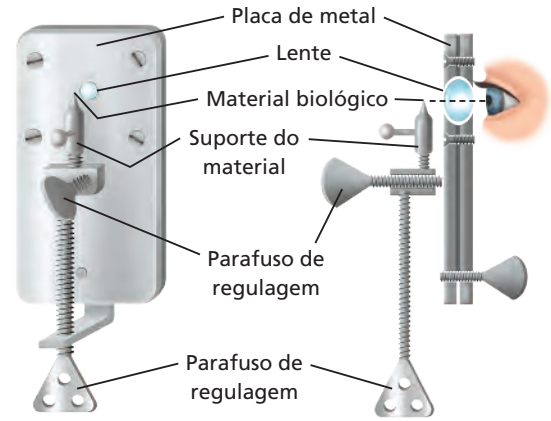
Há vários tipos de microscópio, e cada um deles tem capacidade máxima de poder de aumento e limite de resolução. O **poder de aumento**, ou **de magnificação**, é expresso como um valor numérico que representa quantas vezes o objeto está sendo ampliado em relação ao seu tamanho original. O **limite de resolução** refere-se ao valor da menor distância entre dois pontos que ainda podem ser distinguidos como entidades separadas. Portanto, quanto menor é esse valor, maior é o poder de resolução (capacidade de gerar imagem nítida) do microscópio. Assim, se simplesmente ampliamos uma imagem sem melhorar a resolução, continuamos sem distinguir dois pontos separados, e a imagem aparece borrada, sem nitidez.

O microscópio utilizado por Hooke era formado por um tubo unindo duas lentes convergentes: a lente ocular, voltada para o olho do observador, e a lente objetiva, voltada para o objeto em estudo. Como contém duas lentes, é denominado **microscópio composto**. A ampliação da imagem que vemos nesse microscópio é dada pela multiplicação do aumento da ocular pelo aumento da objetiva.

Já a fonte de luz que Hooke empregava em seu aparelho era uma lâmpada a óleo. Atualmente, a fonte de luz utilizada envolve a conversão de energia elétrica da rede de distribuição em energia luminosa.

Na história do estudo das células, além dos trabalhos de Hooke, destacam-se os do comerciante holandês Anton van Leeuwenhoek (1632-1723). Usando um microscópio simples (isto é, com apenas uma lente convergente de aumento) construído por ele mesmo, descreveu o que chamou de **animálculos** e até espermatozoides.

Microscópio de Leeuwenhoek

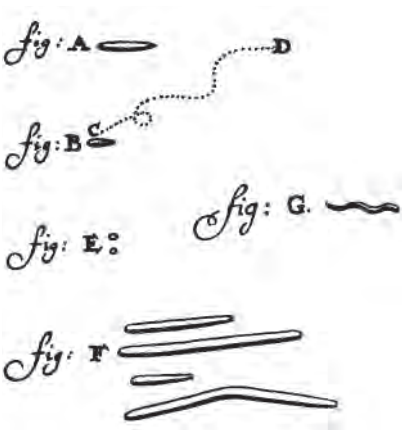




HERPENS/GETTY IMAGES

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fotografia e representação do microscópio simples, com uma só lente de aumento, projetado por Leeuwenhoek.



SCIENCE HISTORY IMAGES/ALAMY/FOTOARENA

Reprodução de desenhos publicados em 1683 por Leeuwenhoek, representando animálculos da placa dentária dos próprios dentes. Hoje sabemos que se tratava de bactérias. Na representação, o tracejado indica movimento.

Fique por dentro

Como funciona um microscópio óptico?

AULA 26 – Como funciona um microscópio óptico? Brasília, DF: IFB, 2020. 1 vídeo (6 min). Publicado pelo canal Licenciatura em Física IFB. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=EDZZBRFaiFA. Acesso em: 2 out. 2024.

Videoaula elaborada pelo Instituto Federal de Brasília, *campus* Taguatinga, explicando, por meio de um *kit* experimental e desenhos esquemáticos, como um microscópio composto funciona, explorando princípios da Física.

Se possível, proponha aos estudantes que, depois de terem assistido ao vídeo, desenvolvam a montagem de um *kit* similar que os auxilie a compreender o funcionamento do microscópio óptico composto. Essa atividade pode contar com o apoio do professor de Física.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Com os avanços nos estudos microscópicos, em 1838, o botânico alemão Matthias Schleiden (1804--1881) observou tecidos vegetais e concluiu que todas as plantas são compostas de unidades básicas chamadas células. Em seguida, em 1839, também utilizando microscópios, o zoólogo alemão Theodor Schwann (1810-1882), ao analisar tecidos animais, concluiu que eles também são formados por células. Posteriormente, nos anos 1850, o embriologista polonês Robert Remak (1815-1865) e o médico polonês Rudolf Virchow (1821-1902) verificaram que as células se dividem e originam novas células. Virchow, inclusive, formulou a frase em latim "*Omnis cellula e cellula*", que significa "Toda célula vem de uma célula".

As contribuições desses cientistas e suas observações criteriosas foram marcos históricos essenciais que levaram à formulação da **teoria celular**, que pode ser apresentada em três postulados:

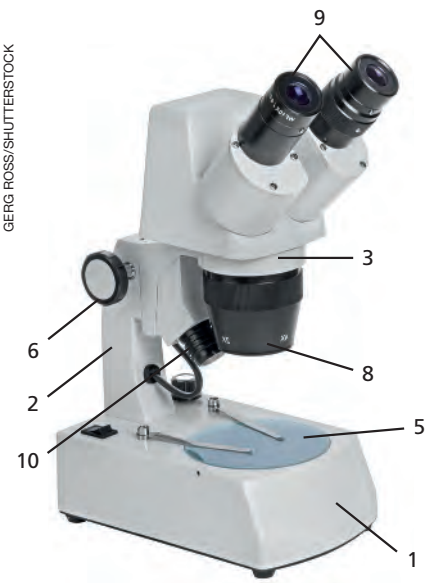
- todos os organismos são formados por uma ou mais células;
- a célula é a unidade morfológica e funcional dos seres vivos;
- todas as células derivam de outras células preexistentes por meio da divisão celular.

Com a teoria celular, consolidou-se no século XIX a área da Citologia, ou Biologia Celular, que vem se expandindo até os dias de hoje graças aos avanços nos métodos de estudo, ao aprimoramento dos microscópios de luz e ao desenvolvimento de outros tipos de microscópio, como os eletrônicos, que analisaremos mais adiante. Essa área tem fornecido subsídios importantes para diversas pesquisas, incluindo aquelas relacionadas à origem e à evolução da vida e que possibilitaram propor e testar explicações científicas como a hipótese endossimbiótica sequencial, que abordamos no capítulo 1.

Os atuais microscópios de luz

A seguir, são mostrados dois tipos de microscópio de luz atuais, com indicação de suas partes: na figura A, um **microscópio estereoscópico** (também conhecido por lupa) e, na figura B, um **microscópio biológico**.

A

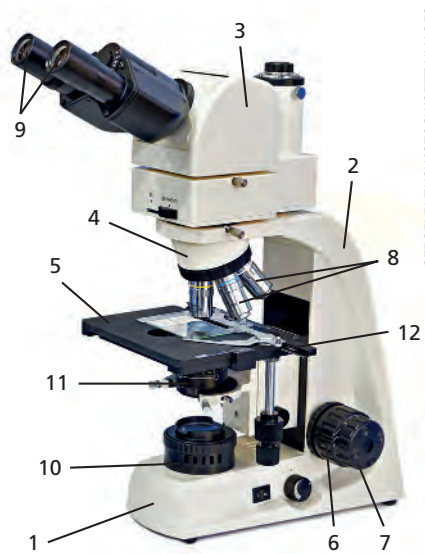


GERG ROSS/SHUTTERSTOCK

Partes do microscópio

1. Base ou pé
2. Braço de sustentação
3. Canhão
4. Revólver (contém várias lentes objetivas)
5. Platina (onde se apoia a lâmina para ser analisada)
6. Parafuso macrométrico (permite fazer ajustes mais grosseiros no foco da imagem)
7. Parafuso micrométrico (permite fazer ajustes mais finos no foco da imagem)
8. Lentes objetivas (voltadas para o objeto de estudo)
9. Lentes oculares (voltadas para os olhos do observador)
10. Fonte de luz
11. Condensador (conjunto de lentes que concentra o raio de luz no objeto a ser analisado)
12. *Charriot* (permite que a lâmina seja movimentada sob a ocular)

B



SERGEYRYZHOV/ISTOCK/GETTY IMAGES

Dois tipos de microscópio de luz: microscópio estereoscópico **(A)** e microscópio biológico **(B)**.

Os **microscópios estereoscópicos** são indicados para o estudo de estruturas e organismos maiores que aqueles normalmente observados em microscópios biológicos e possibilitam também a análise de objetos opacos.

Os **microscópios biológicos** permitem aumentos maiores que os microscópios estereoscópicos, mas os objetos a serem analisados devem ser translúcidos, ou seja, permitir a passagem de luz. Assim, possibilitam o estudo de células, pequenos organismos e cortes finos de tecidos do corpo.

No caso das lentes objetivas mais comuns, há somente ar entre sua extremidade e a preparação em estudo. Mas há também as chamadas objetivas de imersão, que permitem ampliação e resolução muito maiores. Isso acontece porque sua extremidade é mergulhada em um óleo especial para microscopia, o chamado óleo de imersão, cujo índice de refração é semelhante ao do vidro da lâmina e da lente. Assim, o feixe de luz é menos desviado para fora da objetiva, possibilitando maior poder de aumento e de resolução.

As fotografias obtidas em estudos com microscópios de luz são chamadas **fotomicrografias**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

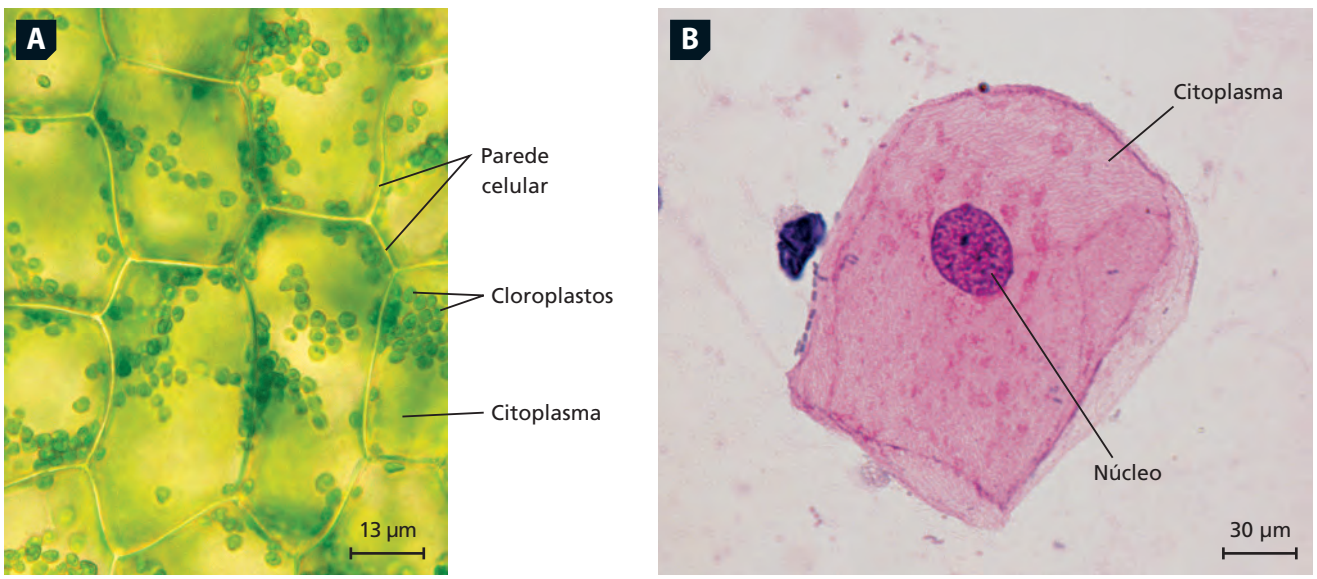
Registre em seu caderno

1. Sobre a teoria celular, responda.
   a. O que ela propõe?
   b. Os postulados da teoria celular foram enunciados no início dos anos 1850, e Louis Pasteur apresentou seus experimentos corroborando a biogênese na década seguinte. Como esses dois eventos podem estar relacionados?
   c. Como os avanços na área de microscopia auxiliaram na formulação da teoria celular?
2. Considere um microscópio composto de lente ocular que permite aumento de 10 vezes e lente objetiva que permite aumento de 40 vezes. Qual é a ampliação da imagem que esse microscópio possibilita?

Os microscópios biológicos permitem analisar células vivas ou fixadas. No primeiro caso, é possível obter informações sobre o comportamento e a cor natural das células e dos microrganismos. **Corantes vitais**, que não prejudicam as células, podem ser empregados em determinadas situações para evidenciar certas estruturas. No caso de **material fixado**, substâncias, como o formol, que matam as células preservando seu estado, são utilizadas, e depois cora-se a preparação com diversos tipos de corante.

Comente com os estudantes que o uso de corantes envolve conhecimento prévio sobre as propriedades químicas dos corantes e do material que se deseja corar e estudar. Esse procedimento permite que o corante mais adequado seja selecionado para o trabalho.

O princípio fundamental de todos os tipos de corante reside na afinidade existente entre a composição química do corante e a das estruturas que se pretende estudar. Essa afinidade resulta na coloração de estruturas celulares específicas, facilitando sua observação e análise. Dois corantes muito usados são a hematoxilina e a eosina, que geralmente são empregados juntos. A hematoxilina é um corante básico, isto é, que tem atração por substâncias ácidas (chamadas basófilas, pois têm afinidade por corantes básicos), corando-as em tons de azul ou roxo; é o caso do DNA. A eosina, por sua vez, é um corante ácido, isto é, que tem afinidade por substâncias básicas (chamadas acidófilas, pois têm afinidade por corantes ácidos), corando-as de rosa ou vermelho; é o caso das proteínas.



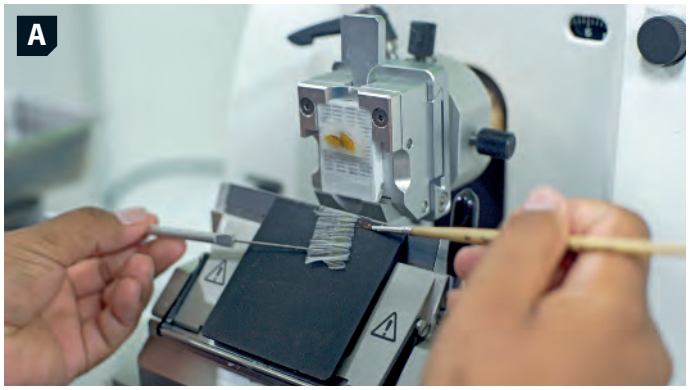
ED RESCHKE/GETTY IMAGES

JOSE LUIS CALVO/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em **(A)**, células vivas de folha de elódea (uma planta aquática), em que se observam nitidamente os cloroplastos (estruturas esverdeadas). (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada 750 vezes.) Em **(B)**, célula do epitélio bucal humano, fixada com formol a 4% e corada com hematoxilina e eosina. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada 350 vezes.)

Com microscópios biológicos, é possível também analisar cortes finos de tecidos e órgãos devidamente fixados. Após a fixação, o material é colocado em parafina líquida ou outra substância líquida que depois endureça, de modo que facilite os cortes, os quais são feitos com o auxílio de um aparelho chamado **micrótomo**, que produz fatias finas. Os cortes são então depositados sobre lâmina de vidro, a parafina é dissolvida e as células são coradas com corantes específicos para a preparação final das chamadas lâminas histológicas permanentes.



CHOKSAWATDIKORN/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



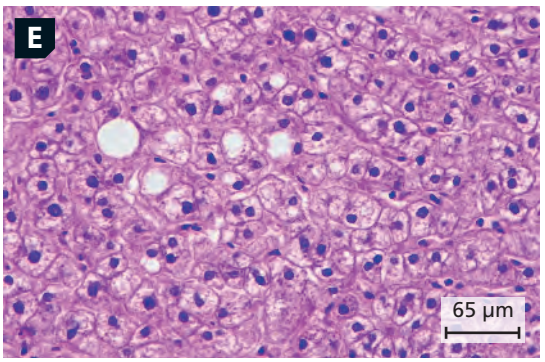
ROMAN ZAIETS/SHUTTERSTOCK



ADOBE STOCK/EASY MEDIABANK



ROMAN ZAIETS/SHUTTERSTOCK



XIA YUAN/GETTY IMAGES

Sequência de imagens ilustrando etapas da histologia: corte do material em fatias delgadas com o auxílio do micrótomo **(A)**; preparação de lâminas com fatias do material **(B)**; coloração de tecido presente na lâmina **(C)**; lâminas prontas para observação ao microscópio **(D)**; corte histológico de fígado humano, corado com hematoxilina e eosina **(E)**. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada 150 vezes.)

Os microscópios eletrônicos

Os microscópios eletrônicos (MEs) utilizam feixes de elétrons em vez de luz visível para o estudo das amostras. Com isso, eles superam os microscópios de luz em termos de limite de resolução e capacidade de ampliação. A luz visível tem comprimentos de onda relativamente longos, o que limita a capacidade dos microscópios de luz em distinguir detalhes muito pequenos. Os elétrons, por sua vez, têm característica ondulatória e, quanto maior é a quantidade de movimento (ou energia cinética) deles, menor é o comprimento de onda gerado, o que dá ao ME a capacidade de discernir detalhes extremamente pequenos nas amostras.

Em um ME, o feixe de elétrons é gerado pelo canhão de elétrons, onde são impulsionados por uma diferença de potencial elétrico (voltagem), adquirindo quantidade substancial de energia cinética. Eles são geralmente liberados a partir de filamentos de tungstênio aquecidos por alta voltagem e apresentam pequeno comprimento de onda.

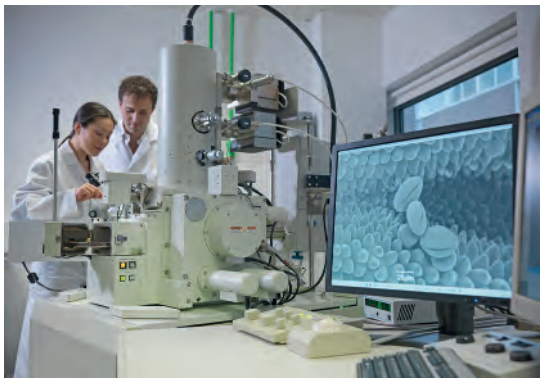
O material a ser analisado ao ME deve ser devidamente fixado e corado com metais que propiciem contrastes nas estruturas dos objetos, tornando-os menos permeáveis aos feixes de elétrons. As estruturas mais coradas são vistas em preto ou cinza-escuro e as menos coradas, em tons de cinza-claro.

A imagem formada é exibida em uma tela e pode ser impressa como fotografia, chamada **eletromicrografia**. Como são sempre em tons de preto e branco, essas imagens podem ser posteriormente colorizadas de modo artificial (em certos *softwares*, por exemplo), buscando-se evidenciar ainda mais as estruturas estudadas.

Nesses microscópios, o material devidamente preparado é colocado em um tubo onde se estabelece vácuo, de modo a evitar que moléculas do ar interfiram na trajetória dos elétrons. Um conjunto de lentes magnéticas direciona o feixe de elétrons para uma área pequena do objeto a ser estudado, atuando de modo semelhante às lentes convergentes dos microscópios de luz. Ao atingir o objeto, os elétrons interagem com ele, e os sinais resultantes dessa interação são captados e convertidos em um sinal elétrico que pode ser processado para criar uma imagem.

Ao longo do estudo sobre microscópios eletrônicos, reconheça com os estudantes a importância dos conhecimentos de Física, Química e Engenharia no desenvolvimento desses equipamentos. Veja mais informações no Suplemento para o professor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



CONNECT IMAGES - CURATED/SHUTTERSTOCK

Cientistas utilizando um microscópio eletrônico de varredura para obter imagens de pólens.

Os MEs podem ser de transmissão ou de varredura. O primeiro **microscópio eletrônico de transmissão** (MET) foi desenvolvido em 1932 pelo físico alemão Ernst Ruska (1906-1988) e seus colaboradores, e o primeiro **microscópio eletrônico de varredura** (MEV) foi desenvolvido em 1938 pelo engenheiro alemão Max Knoll (1897-1969) e sua equipe.

Os METs são empregados para analisar estruturas cortadas em fatias muito mais finas que as obtidas com os micrótomos comuns. Para isso, são utilizados os chamados ultramicrótomos. Os MEVs, por sua vez, são empregados para analisar a superfície de estruturas até mesmo espessas.

A tecnologia dos microscópios e seus impactos

É indiscutível que os microscópios expandiram os horizontes do conhecimento científico-tecnológico, revelando um mundo invisível a olho nu e contribuindo para avanços significativos em áreas como Biologia, Química, Física, Ciências da Terra e Ciência dos Materiais.

Esses aparelhos têm desempenhado impactos positivos em diversos aspectos da vida humana. Em âmbito social, por exemplo, eles revolucionaram a Medicina, permitindo diagnósticos mais precisos e o desenvolvimento de tratamentos eficazes para uma variedade de doenças, possibilitando melhorias na saúde pública e na qualidade de vida das pessoas. Isso inclui, por exemplo, o aprimoramento de práticas diversas de prevenção a enfermidades e mudanças em determinados hábitos culturais, como aqueles relacionados às práticas de higiene e de manipulação e preparo dos alimentos.

Em relação ao ambiente, os microscópios têm sido essenciais no estudo e no monitoramento da biodiversidade e da contaminação por agentes patogênicos, contribuindo para a conservação e a sustentabilidade, entre outras aplicações.

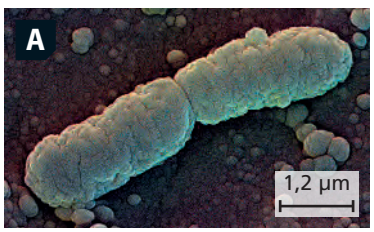
Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

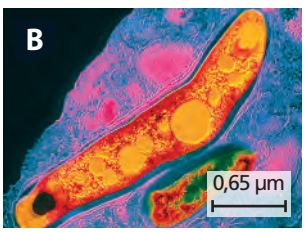
Registre em seu caderno

3. Em 1882, Louis Pasteur se dedicou ao estudo da raiva, doença transmitida pela mordida de animais contaminados. Ele analisou amostras de sangue e saliva de cães raivosos e sangue de pessoas mordidas, mas não conseguiu observar ao microscópio de luz nenhum microrganismo supostamente relacionado à doença. Hoje se sabe que a raiva é causada por um vírus. Explique por que Pasteur não conseguiu observar o agente causador da raiva.

4. Um pesquisador precisa escolher a melhor técnica de microscopia para analisar a estrutura interna de bactérias. Observe as imagens a seguir e responda.



DAVID SCHARF/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/ FOTOARENA



CNRI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Mycobacterium tuberculosis **(A)**. (Imagem obtida com microscópio eletrônico e ampliada 8.300 vezes.) *Bacillus* sp. **(B)**. (Imagem obtida com microscópio eletrônico e ampliada 15.300 vezes.)

a. Qual das duas técnicas de microscopia eletrônica seria mais adequada ao estudo que o pesquisador deseja realizar?

b. Qual das duas micrografias, A ou B, representa células bacterianas observadas com o microscópio que você indicou na resposta ao item **a**? Explique.

5. Suponha que uma comunidade hipotética enfrente o surto de uma doença desconhecida. Como os microscópios podem ser utilizados para diagnosticar e entender a doença, contribuindo para a melhoria da saúde pública e a qualidade de vida das pessoas dessa comunidade?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os envoltórios das células

Todas as células são delimitadas pela membrana plasmática (ou membrana celular), mas em certos grupos de organismos há também a parede celular.

Parede celular

A parede celular é uma estrutura externa à membrana plasmática e apresenta certa rigidez, de modo que as células que a apresentam têm menor possibilidade de modificar sua forma. Em certos limites, essa estrutura é permeável, não exercendo controle sobre as substâncias que entram na célula ou que saem dela.

Nas bactérias, a parede celular é formada basicamente por uma substância típica desses procariontes: o **peptidoglicano**, molécula grande constituída de moléculas menores de açúcar associadas a aminoácidos. Nas arqueas, a composição varia, mas nunca há peptidoglicano.

Nas plantas, a parede celular é formada principalmente por celulose e, por isso, é também conhecida como **parede celulósica**. Nos fungos, é formada basicamente pelo carboidrato **quitina**.

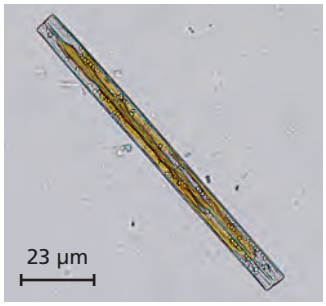
Entre os unicelulares eucariontes, a composição da parede celular varia nos diferentes grupos; por exemplo, nas diatomáceas, fotossintetizantes que vivem em ambiente aquático, a parede celular é de sílica.

Membrana plasmática

A membrana plasmática é muito fina, com cerca de 5 nm de espessura, sendo apenas visualizada ao microscópio eletrônico de transmissão.

O modelo de estrutura da membrana plasmática aceito atualmente foi proposto em 1972 pelos cientistas estadunidenses Seymour Jonathan Singer (1924-2017) e Garth Nicholson (1943-) e denomina-se **modelo do mosaico fluido**. Em Ciências da Natureza, o termo *modelo* refere-se a uma representação simplificada ou abstrata de um sistema, uma estrutura, um fenômeno ou um processo natural, que é difícil de ser estudado diretamente.

Segundo esse modelo, a membrana plasmática é uma estrutura dinâmica, composta de uma bicamada fosfolipídica fluida, em que há um mosaico de moléculas de proteína com funções diversas. A fluidez da membrana permite a movimentação tanto das moléculas de fosfolipídio como das moléculas de proteína.



JUAN CARLOS JUAREZ JARAMILLO/ISTOCK/GETTY IMAGES

Diatomácea da espécie *Ulnaria ulna*, um unicelular fotossintetizante. Apresenta parede celular de sílica. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada 440 vezes.)

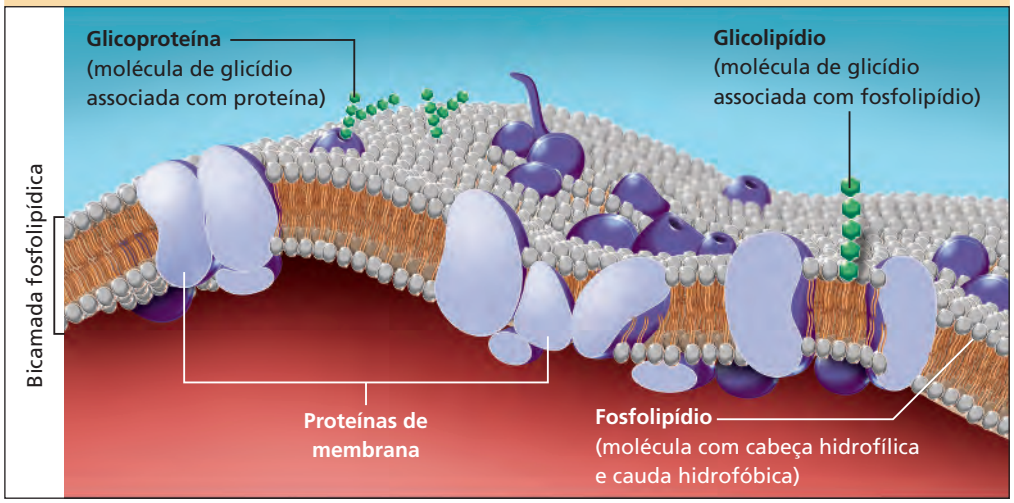
Fique por dentro

Membrana plasmática – Resumo

MEMBRANA plasmática – resumo (legendado). [*S. l.*: *s. n.*], 2015. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal Biologia Celular e Molecular NF. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=4IF8XhkiYPc. Acesso em: 2 out. 2024.

Vídeo em inglês, com legendas em português, publicado pelo canal Biologia Celular e Molecular NF, que mostra um resumo da constituição, das funções e da importância da membrana plasmática.

Modelo do mosaico fluido



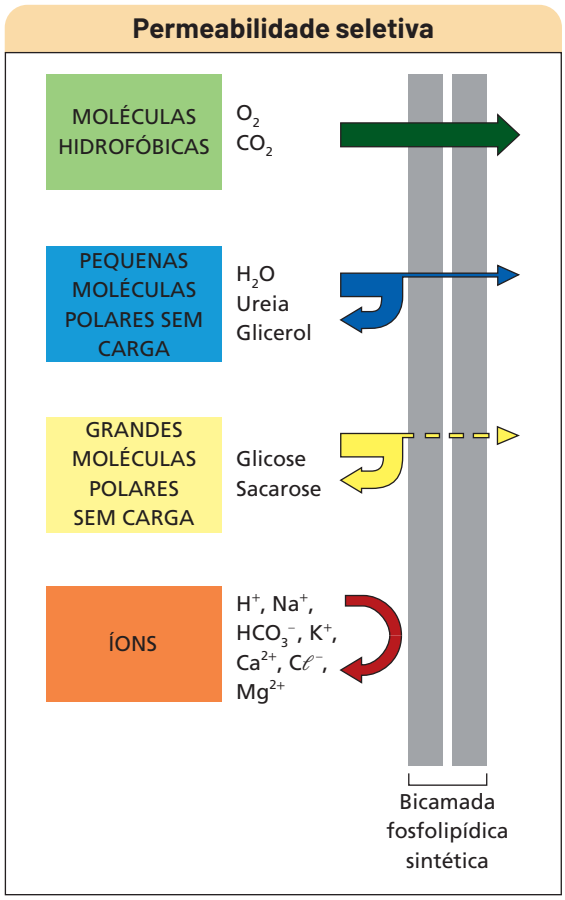
ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de membrana plasmática em corte, segundo o modelo do mosaico fluido. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Na face externa da membrana há moléculas de glicídios associadas a algumas moléculas de proteína e de fosfolipídios, formando, respectivamente, as **glicoproteínas** e os **glicolipídios**. Essas moléculas glicídicas participam de várias funções, como a de reconhecimento célula a célula e a de percepção de estímulos do meio.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Representação da permeabilidade de uma bicamada fosfolipídica sintética: moléculas hidrofóbicas, como gás oxigênio (O_2) e gás carbônico (CO_2), passam livremente, ao passo que pequenas moléculas polares, como água (H_2O), passam de modo lento, enquanto as moléculas polares grandes, como glicose, passam de forma ainda mais lenta ou não passam. Os íons não atravessam livremente a bicamada, que é impermeável a eles.

Apesar de a estrutura da membrana plasmática ser a mesma em todas as células, os tipos e as quantidades de proteínas, glicoproteínas e glicolipídios variam, o que está relacionado às diversas funções celulares. Há também outras diferenças, como a presença de moléculas de colesterol nas membranas de células animais, que ajudam a manter a fluidez.

Processos de troca entre a célula e o meio externo

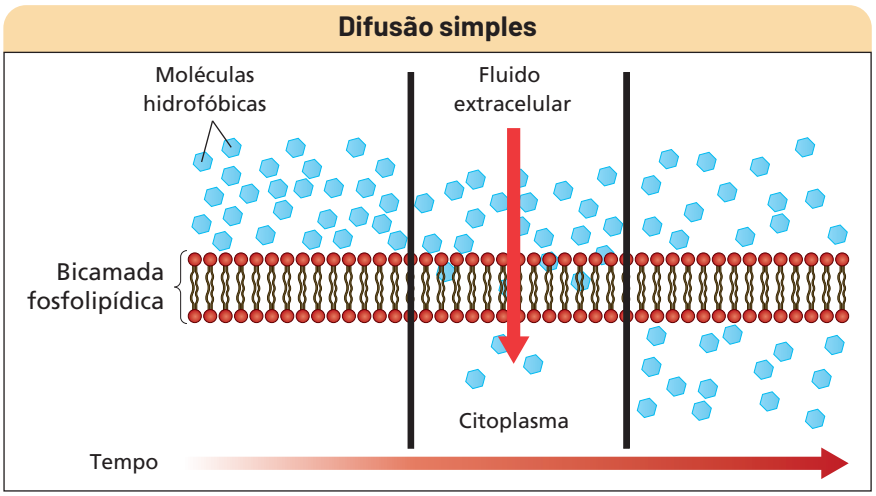
A estrutura e a composição da membrana plasmática conferem a ela **permeabilidade seletiva**, ou seja, a membrana controla o que passa por ela. A bicamada fosfolipídica dificulta ou até mesmo impede a passagem de íons e moléculas polares, como água, glicídios e aminoácidos. Em contrapartida, permite a passagem de pequenas moléculas apolares, como gás oxigênio e gás carbônico, que são hidrofóbicas.

Assim, se a membrana fosse formada apenas por fosfolipídios, a célula não conseguiria trocar íons e moléculas com o meio, o que afetaria seu metabolismo. Isso não ocorre, no entanto, porque existem proteínas na membrana que são especializadas nessas trocas.

Tais trocas dependem do tipo de íon ou molécula envolvido no processo e da concentração deles dentro e fora da célula. Essas trocas podem ocorrer por **processos passivos** (sem gasto de energia, como difusão simples, difusão facilitada e osmose) ou **ativos** (com gasto de energia, como a bomba de sódio e potássio).

Difusão simples

A **difusão simples** nas células ocorre através da bicamada fosfolipídica da membrana plasmática e envolve o movimento de pequenas moléculas hidrofóbicas, como gás oxigênio e gás carbônico, a favor do gradiente de concentração, ou seja, da região de maior concentração para a de menor concentração. Isso ocorre até que as concentrações nos meios extra e intracelular se igualem.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. **Biology**. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: https://openstax.org/books/biology-2e/pages/5-2-passive-transport. Acesso em: 2 out. 2024.

Representação de difusão simples pela bicamada fosfolipídica em função do tempo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

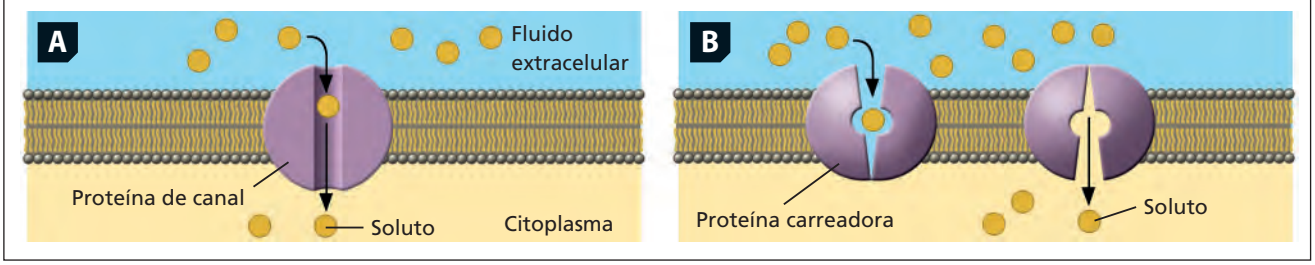
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Difusão facilitada

O processo de **difusão facilitada** ocorre a favor do gradiente de concentração e é auxiliado por proteínas da membrana, que podem ser de dois tipos:

- **proteínas de canal**, que delimitam um poro estreito, facilitando a passagem mais rápida de algumas substâncias, como água, glicerol e amônia, e de alguns íons, como sódio, potássio, cálcio e cloreto;
- **proteínas transportadoras** ou carreadoras, com partes móveis que se articulam, mediando a passagem através da membrana de alguns íons ou moléculas específicas, como glicose, aminoácidos e vitaminas.

Difusão facilitada



ILUSTRAÇÕES: EBER EVANGELISTA/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de processos de difusão facilitada através da membrana plasmática, vista em corte: **(A)**, por meio de proteínas de canal; **(B)**, por meio de proteínas transportadoras ou carreadoras. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

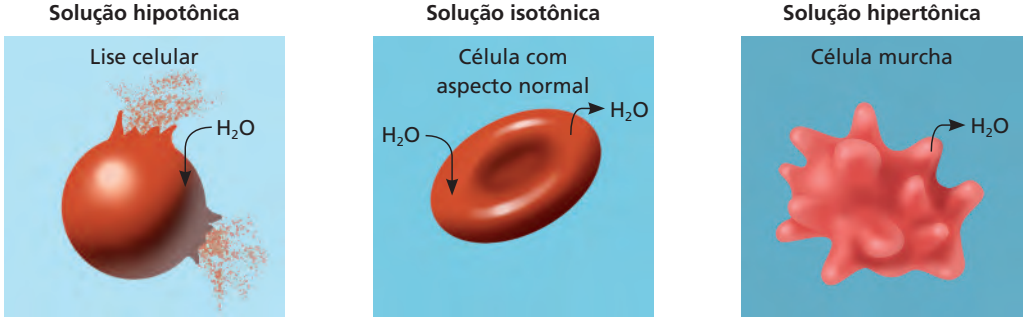
Osmose

A **osmose** é um caso especial de difusão em que ocorre passagem de moléculas de água através de membranas semipermeáveis: essas moléculas difundem-se da solução menos concentrada (hipotônica ou hiposmótica) para a solução mais concentrada (hipertônica ou hiperosmótica), pois há a tendência de as concentrações das soluções se igualarem. Como a molécula de água é polar, ela atravessa muito devagar a bicamada fosfolipídica; por isso, o principal modo de passagem de água pela membrana ocorre por meio de proteínas de canal específicas, as **aquaporinas**, que tornam o movimento de água mais rápido do que por difusão simples.

Quando uma célula está em um meio de concentração igual à de seu interior (isto é, em meio isotônico ou isosmótico), ela se apresenta com aparência normal. Já em meio hipertônico, a célula perde água; e em meio hipotônico ocorre a entrada de água na célula, provocando o aumento de seu volume.

No caso da célula animal, a entrada excessiva de água faz com que a célula inche, podendo provocar sua ruptura; no caso de saída excessiva, a célula fica deformada.

Osmose em célula animal



EBER EVANGELISTA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

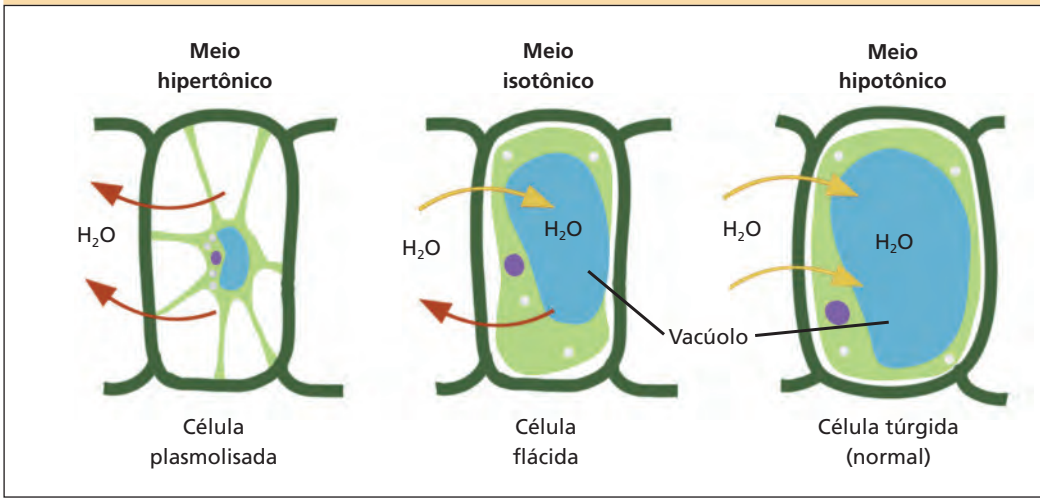
Representação dos efeitos da osmose em uma hemácia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No caso da célula vegetal, deve-se considerar a parede celular e o vacúolo central, organela relativamente grande e rica em solução aquosa com várias substâncias e que é a principal participante da osmose. Uma célula vegetal é considerada **túrgida** quando está com o vacúolo central completamente cheio de água e a célula como um todo exercendo pressão na parede celular. Se essa célula é colocada em uma solução hipertônica, ela perde água para o meio, mas a célula não se deforma como a célula animal. Nesse caso, ocorre a diminuição do volume do vacúolo e de todo o citoplasma, reduzindo a zero a pressão sobre a parede celular. A célula é então considerada **flácida** e a perda de turgor resulta no murchamento da planta. Se a concentração do meio é muito maior que a da célula, ela perde ainda mais água, o que pode fazer com que a membrana plasmática se separe da parede celular, processo denominado **plasmólise**. O inverso é a **deplasmólise**, processo que ocorre quando a célula plasmolisada, ao ser colocada em água pura ou em solução de baixa concentração, volta a ficar túrgida.

Osmose em célula vegetal

EBER EVANGELISTA/ARQUIVO DA EDITORA



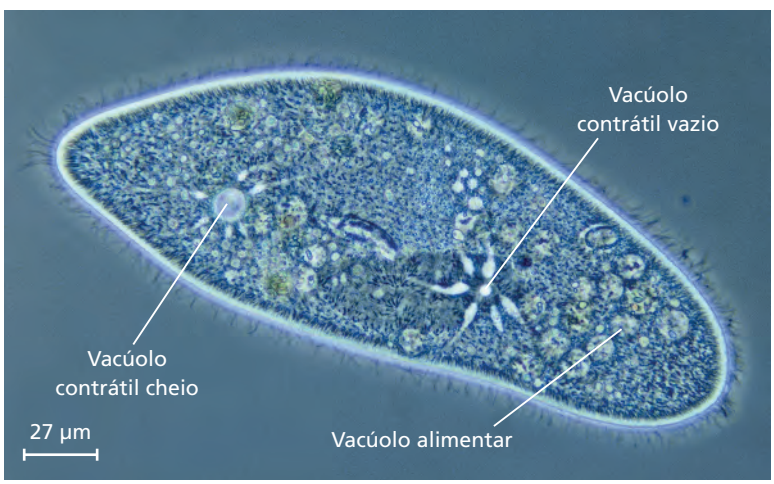
Fonte: CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. **Biology**. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: https://openstax.org/books/biology-2e/pages/5-2-passive-transport. Acesso em: 2 out. 2024.

Representação dos efeitos da osmose em uma célula vegetal. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Unicelulares eucariontes de água doce, como várias espécies de paramécios, amebas e euglenas, apresentam vacúolos especializados no controle osmótico da célula: os **vacúolos pulsáteis** ou **contráteis**. Esses vacúolos recolhem a água que entra em excesso na célula, que é hiperosmótica em relação ao meio e, quando cheios, descarregam-na para fora da célula. A forma dos vacúolos e o número deles por célula variam entre os diferentes grupos desses microrganismos.

Os princípios da osmose podem ser aplicados em processos de conservação de alimentos, como na preparação de compotas e salga de carnes e peixes. Como nas compotas o meio é rico em açúcar e na salga ele é rico em sal, o meio se torna hipertônico em relação às eventuais células de microrganismos que podem contaminar o alimento. Caso ocorra esse contato, os microrganismos perdem muita água por osmose, ficam desidratados e morrem. Com isso, o alimento fica conservado por mais tempo.

M. I. WALKER/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA



Paramecium caudatum, um protozoário ciliado comum em água doce. Nesses organismos, os vacúolos são estrelados e contraem-se de modo alternado: enquanto um está cheio e pronto para eliminar o excesso de água, o outro acabou de eliminar a água e está vazio, enchendo-se em seguida. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada 370 vezes.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

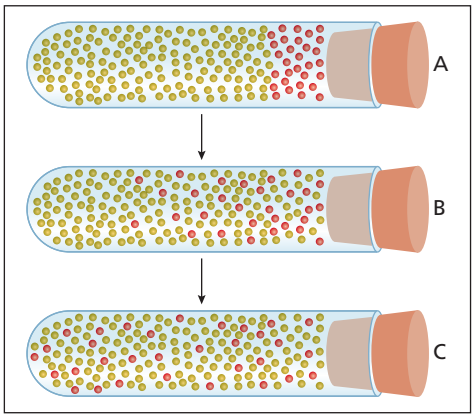
Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

6. A figura mostra o que está acontecendo ao longo do tempo em um recipiente contendo água e dois solutos, um deles representado por bolinhas vermelhas, e o outro, por bolinhas amarelas. A situação A corresponde ao tempo zero ou inicial; a situação B representa o mesmo frasco depois de 5 minutos; e a situação C, depois de 10 minutos. Esse esquema pode ser usado como modelo para explicar que tipo de processo ocorre através de membranas permeáveis e semipermeáveis? Explique.

7. Explique por que, ao temperar uma salada com vinagre ou limão, sal e azeite com alguma antecedência, as verduras tendem a murchar.



ERICSSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Registre em seu caderno

EM FOCO Dessalinização

A água doce potável está cada vez mais escassa devido à poluição de corpos d'água, alta demanda pela agricultura, crescimento populacional humano e secas prolongadas associadas às mudanças climáticas. Esse panorama impõe a necessidade de gerir melhor esse recurso e aproveitar, por exemplo, água salgada de mares e oceanos e água salobra do subsolo. Esse tipo de água não é consumível pelo ser humano, pois é hipertônica em relação ao sangue. Sua ingestão pode sobrecarregar os rins e comprometer o equilíbrio osmótico do corpo, afetando as funções cardíaca, muscular e neurológica, podendo levar à morte.

Uma maneira de tornar potável a água salgada ou salobra é a **dessalinização** por meio da **osmose reversa**, ou **inversa**. Esse processo é o inverso da osmose natural e consiste em usar uma bomba de alta pressão para forçar a água salgada através de uma membrana semipermeável, que retém boa parte dos sais e produz água doce e um resíduo salino, ou salmoura. Apesar de ser uma solução, o resíduo salino gerado impõe desafios, pois seu descarte pode provocar desequilíbrios ambientais como a salinização do solo, que prejudica o desenvolvimento de muitas plantas.

No Semiárido brasileiro, a escassez de água doce é um problema, e a água de poços é salobra, o que inviabiliza o consumo humano e outros usos. Com o objetivo de solucionar esses problemas de modo sustentável, foi desenvolvido um projeto que usa a osmose reversa para obter água potável, com aproveitamento do resíduo salino. O projeto integra o Programa Água Doce (PAD) do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), unidade Semiárido, governos estaduais e municipais e comunidades da região, e tem como base o **sistema produtivo integrado**.

A primeira unidade desse projeto foi instalada na comunidade Caatinga Grande, no município de São José do Seridó (RN). De acordo com o sistema desenvolvido, a água livre de sais é tratada para o consumo humano e a salmoura é enviada para tanques de criação de tilápias, que, apesar de serem peixes originalmente de água doce, desenvolvem-se bem e ficam mais saborosas quando criadas em ambientes com valores controlados de sais. Os sais também evitam a proliferação de fungos e bactérias que poderiam prejudicar esses animais ou até alterar a qualidade da água dos tanques.

O efluente da criação dos peixes, enriquecido agora com matéria orgânica derivada dos dejetos dos animais, é aproveitado para irrigar o cultivo da erva-sal (*Atriplex nummularia*), que é resistente a solos salinos e contribui para a despoluição de solos contaminados pela salinidade do rejeito. Além disso, essa planta é usada na produção de feno para alimentação de caprinos e/ou ovinos da região.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sistema produtivo integrado

CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: SISTEMA de dessalinização. **Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional**, Brasília, DF, 9 jul. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/programa-agua-doce/sistemas-de-dessalinizacao/sistema-de-dessanilizacao. Acesso em: 2 out. 2024.

Representação de um sistema produtivo integrado ao sistema de dessalinização. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Diferencie a osmose da osmose reversa. Como a osmose reversa é utilizada no projeto do Programa Água Doce para contornar a escassez de água potável no Semiárido brasileiro?
2. Com base na leitura do texto, responda.
   a. Defina, com suas palavras, o significado de "sistema produtivo integrado".
   b. Qual é a importância social e ambiental do projeto de sistema produtivo integrado abordado, considerando o aproveitamento da água salobra dos poços profundos no Semiárido brasileiro?
3. Nos tanques de criação de tilápias, a presença de valores controlados de sais evita a proliferação de fungos e bactérias que poderiam prejudicar esses animais. Com base no que foi estudado sobre osmose, proponha uma hipótese para explicar essa constatação.
4. Uma das adaptações da planta erva-sal a solos salinos é a presença de células que acumulam excessos de sais. Essas células ficam localizadas em vesículas especiais presentes principalmente na superfície das folhas. Relacione essa característica com:
   a. o que acontece com plantas que não apresentam adaptações a solos salinos quando são colocadas nesse tipo de solo;
   b. a capacidade da erva-sal de absorver água em solos salinos;
   c. a importância do uso da erva-sal no manejo integrado abordado no texto e na despoluição de solos contaminados por rejeitos de dessalinização.
5. O Programa Água Doce abarca uma série de políticas públicas que visam auxiliar as populações do Semiárido a lidar com a questão da seca. Sabendo disso, faça o que se pede.
   a. Identifique a política pública tratada no texto e os atores envolvidos em sua implementação.
   b. Reflita sobre como se dá a participação de cada um dos atores envolvidos e elabore um texto resumindo a importância da contribuição de cada um deles.
6. No sistema produtivo integrado tratado no texto, identifique serviços que contribuem para o saneamento básico da comunidade.

ODS 2 ODS 6 ODS 11 ODS 12 ODS 15 ODS 17

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

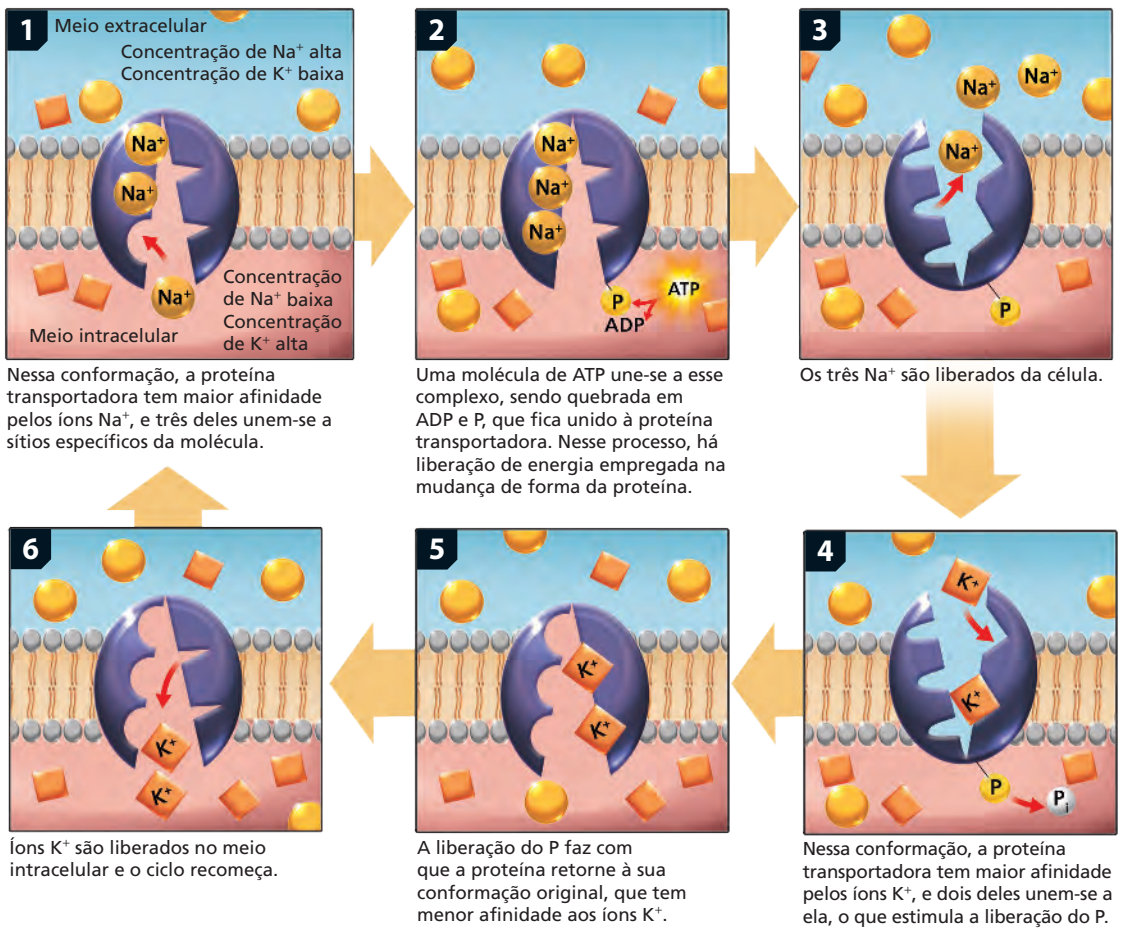
Bomba de sódio e potássio

No **transporte ativo**, há gasto de energia na mudança da forma de proteínas transportadoras específicas, que promovem o movimento de solutos contra o gradiente de concentração, ou seja, da solução menos concentrada para a mais concentrada. Com isso, a célula mantém a concentração ideal de íons e moléculas em seu interior, garantindo seu funcionamento adequado.

Na **bomba de sódio e potássio**, que é a principal bomba de íons nas células animais, há a participação de moléculas de **ATP** (sigla para adenosina-trifosfato), que liberam energia ao serem quebradas em ADP + P_i (adenosina-difosfato e fosfato inorgânico).

A bomba de sódio e potássio atua na manutenção de maior concentração de íons sódio (Na^+) no meio extracelular e de íons potássio (K^+) no meio intracelular. Esses íons atravessam a membrana por difusão facilitada, de modo que a tendência é que igualem suas concentrações dentro e fora da célula; porém, a bomba de sódio e potássio mantém a diferença de concentração desses íons entre os dois meios. Íons K^+ são importantes dentro das células, pois atuam na síntese de proteínas e em algumas etapas da respiração, mas o aumento da concentração desses íons poderia provocar problemas osmóticos para as células, pois elas se tornariam hiperosmóticas em relação ao meio. Nesse contexto, o bombeamento de Na^+ para fora da célula contribui para a regulação osmótica.

Bomba de sódio e potássio



Nessa conformação, a proteína transportadora tem maior afinidade pelos íons Na^+, e três deles unem-se a sítios específicos da molécula.

Uma molécula de ATP une-se a esse complexo, sendo quebrada em ADP e P, que fica unido à proteína transportadora. Nesse processo, há liberação de energia empregada na mudança de forma da proteína.

Os três Na^+ são liberados da célula.

Nessa conformação, a proteína transportadora tem maior afinidade pelos íons K^+, e dois deles unem-se a ela, o que estimula a liberação do P.

A liberação do P faz com que a proteína retorne à sua conformação original, que tem menor afinidade aos íons K^+.

Íons K^+ são liberados no meio intracelular e o ciclo recomeça.

ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação da bomba de sódio e potássio. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A bomba de sódio e potássio e outras bombas de íons são responsáveis por manter uma diferença de potencial elétrico entre as superfícies externa e interna da membrana plasmática, o que é chamado **potencial de membrana**. Esse potencial é importante em muitos processos celulares, como na contração muscular e na propagação do impulso nervoso. Nesses casos, quando há estímulo adequado na célula, ocorre inversão temporária das cargas elétricas mantidas pela bomba de sódio e potássio, e essa inversão é então transmitida ao longo da membrana plasmática e, em seguida, revertida.

O potencial de membrana é medido em milivolts (mV). Nas células em repouso, sem estímulos, os valores são negativos, sendo o sinal de menos indicativo de que o lado interno da membrana é negativo em relação ao externo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor. Registre em seu caderno

8. Com relação ao transporte ativo nas células, é correto afirmar que: 8. Alternativa **e**.

a. ocorre através da bicamada fosfolipídica quando a concentração da célula é isotônica em relação à do meio externo, de modo a manter essas duas concentrações iguais.

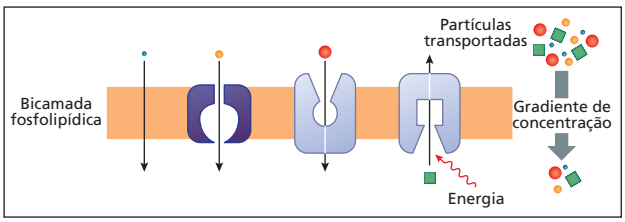
b. depende de proteínas presentes na membrana plasmática para igualar as concentrações das soluções entre as faces interna e externa da membrana.

c. movimenta solutos através da membrana plasmática a favor de seu gradiente de concentração.

d. movimenta solvente através da camada fosfolipídica da membrana plasmática contra seu gradiente de concentração, com gasto de energia, para igualar as concentrações das soluções dentro e fora da célula.

e. movimenta solutos através de proteínas presentes na membrana plasmática contra seu gradiente de concentração, com gasto de energia, mantendo a diferença de concentração dentro e fora da célula.

9. Analise a seguinte imagem que resume os processos de troca entre a célula e o meio discutidos até aqui. Interprete-a, explicando a relação entre cada uma das partículas representadas por meio de formas e cores distintas e os respectivos processos de transporte através da membrana. Quais passam por transporte ativo? E por transporte passivo (por quais tipos)?



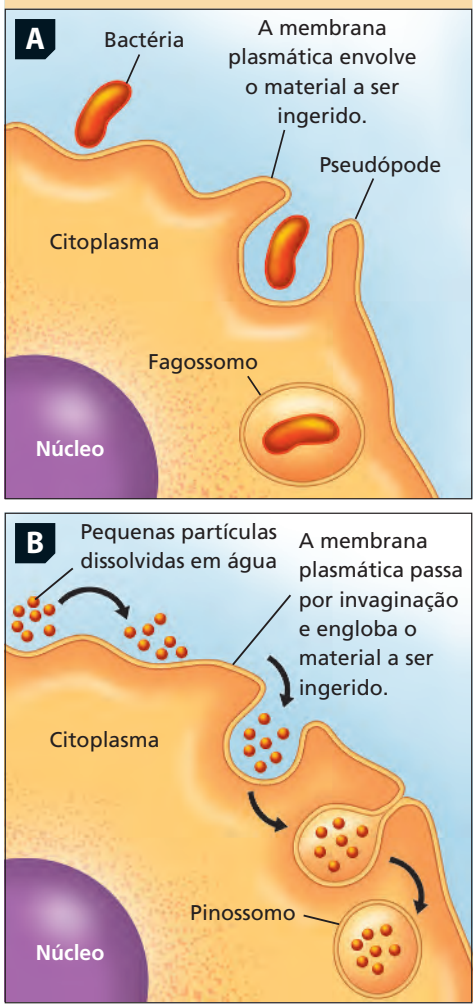
ERICSON GUILHERME LUCIANO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação da passagem de partículas do soluto (moléculas ou íons), representadas por formas de cores e tamanhos distintos através da membrana plasmática. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fagocitose e pinocitose



ILUSTRAÇÕES: PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Endocitose e exocitose

A endocitose e a exocitose são processos de troca entre a célula e o meio mediados por vesículas. A endocitose se refere à entrada de partículas ou microrganismos na célula, e a exocitose, à eliminação de substâncias dela.

A endocitose pode ocorrer por dois processos básicos: a fagocitose e a pinocitose. A **fagocitose** (do grego, *fagos* = comer; *citos* = célula; ato de a célula "comer") é um processo de ingestão de partículas grandes, como microrganismos e restos de outras células. A **pinocitose** (do grego, *pinos* = beber; *citos* = célula; ato de a célula "beber") está relacionada à ingestão de moléculas dissolvidas em água, como polissacarídeos e proteínas.

A fagocitose é um mecanismo empregado por muitos protozoários, como as amebas, no processo de obtenção de alimento, englobando outros microrganismos. Nos multicelulares, a fagocitose é exercida apenas por algumas células especializadas nos mecanismos de defesa. Nesse processo, o material ingerido fica no interior de uma vesícula grande, denominada **fagossomo**.

Ao contrário da fagocitose, que é realizada apenas por algumas células especializadas, a pinocitose ocorre praticamente em todos os tipos celulares. Nesse caso, as gotículas ingeridas ficam no interior de diminutas vesículas (cerca de 0,2 µm de diâmetro) denominadas **pinossomos**.

A exocitose é um processo frequente em células com função secretora, como as do pâncreas que secretam insulina e glucagon (hormônios lançados na corrente sanguínea que atuam no metabolismo de açúcares). Por exocitose, também são eliminados resíduos do material digerido dentro da célula. Esse processo é denominado **clasmocitose** ou defecação celular.

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação dos tipos de endocitose: **(A)** fagocitose e **(B)** pinocitose. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Em uma amostra de solo analisada ao microscópio de luz, um pesquisador encontrou diversos organismos. Entre eles, notou que havia bactérias e fungos e corretamente associou que: 1. Alternativa **d**.

a. a parede celular da bactéria é composta de peptidoglicano, e a do fungo, de celulose.

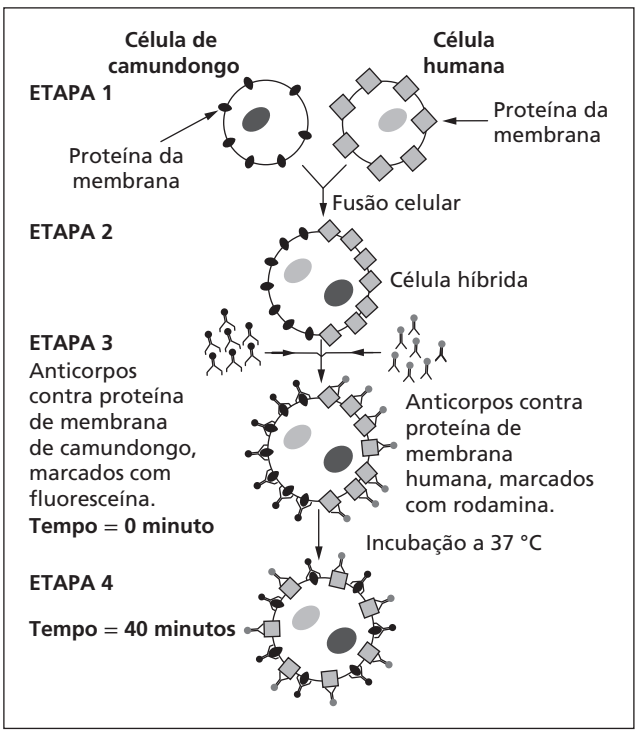
b. a parede celular da bactéria é composta de celulose, e a do fungo, de quitina.

c. se ambos têm parede celular, a composição dela é a mesma da que existe em células de plantas.

d. a parede celular da bactéria é composta de peptidoglicano, e a do fungo, de quitina.

e. a parede celular das bactérias tem a mesma composição química da que ocorre em arqueas, pois ambas são procariontes, mas a parede celular do fungo é de celulose, pois ele é um eucarionte.

2. (Enem) Visando explicar uma das propriedades da membrana plasmática, fusionou-se uma célula de camundongo com uma célula humana, formando uma célula híbrida. Em seguida, com o intuito de marcar as proteínas de membrana, dois anticorpos foram inseridos no experimento, um específico para as proteínas de membrana do camundongo e outro para as proteínas de membrana humana. Os anticorpos foram visualizados ao microscópio por meio de fluorescência de cores diferentes.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

ALBERTS, B. *et al.* **Biologia Molecular da célula**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. (Adaptado.)

A mudança observada da etapa 3 para a etapa 4 do experimento ocorre porque as proteínas: 2. Alternativa **a**.

a. movimentam-se livremente no plano da bicamada lipídica.

b. permanecem confinadas em determinadas regiões da bicamada.

c. auxiliam o deslocamento dos fosfolipídios da membrana plasmática.

d. são mobilizadas em razão da inserção de anticorpos.

e. são bloqueadas pelos anticorpos.

3. (Enem) As células da epiderme da folha da *Tradescantia pallida purpurea*, uma herbácea popularmente conhecida como trapoeraba-roxa, contém um vacúolo onde se encontra um pigmento que dá a coloração arroxeada a esse tecido. Em um experimento, um corte da epiderme de uma folha da trapoeraba-roxa foi imerso em ambiente hipotônico e, logo em seguida, foi colocado em uma lâmina e observado em microscópio óptico.

Durante a observação desse corte, foi possível identificar o(a): 3. Alternativa **c**.

a. acúmulo do solvente com fragmentação da organela.

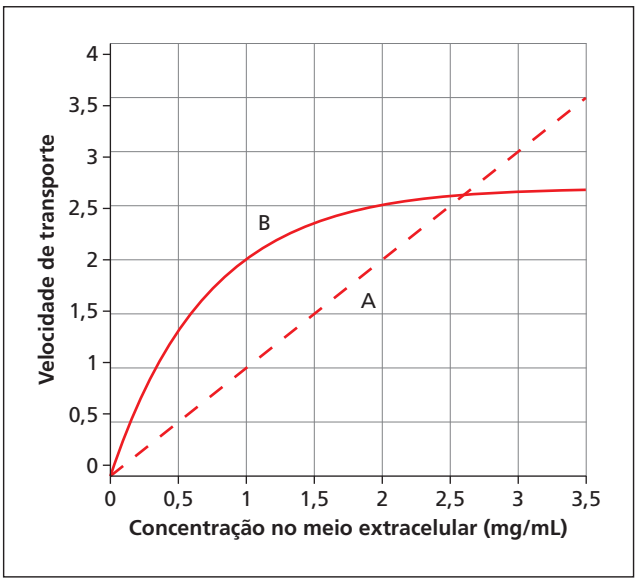
b. rompimento da membrana celular com liberação do citosol.

c. aumento do vacúolo com diluição do pigmento no seu interior.

d. quebra da parede celular com extravasamento do pigmento.

e. murchamento da célula com expulsão do pigmento do vacúolo.

4. (Unicamp-SP) Hemácias de um animal foram colocadas em meio de cultura em vários frascos com diferentes concentrações das substâncias A e B, marcadas com isótopo de hidrogênio. Dessa forma, os pesquisadores puderam acompanhar a entrada dessas substâncias nas hemácias, como mostra o gráfico apresentado a seguir.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continua

Indique a alternativa correta. 4. Alternativa **a**.

a. A substância A difunde-se livremente através da membrana; já a substância B entra na célula por um transportador que, ao se saturar, mantém constante a velocidade de transporte através da membrana.

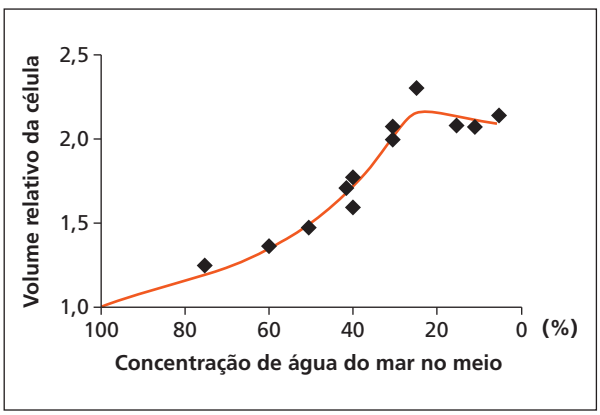
b. As substâncias A e B atravessam a membrana da mesma forma, porém a substância B deixa de entrar na célula a partir da concentração de 2 mg/mL.

c. A quantidade da substância A que entra na célula é diretamente proporcional à sua concentração no meio extracelular, e a de B, inversamente proporcional.

d. As duas substâncias penetram na célula livremente, por um mecanismo de difusão facilitada, porém a entrada da substância A ocorre por transporte ativo, como indica sua representação linear no gráfico.

5. (Fuvest-SP) O gráfico representa o volume celular de um protozoário ciliado em um gradiente de salinidade:

5. Alternativa **e**.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

A partir desses dados, é correto afirmar que o protozoário ciliado é:

a. de água salobra e seu equilíbrio osmótico ocorre por difusão passiva em ambientes hiposmóticos.

b. de água doce e possui mecanismos de controle osmótico em ambientes hiperosmóticos.

c. marinho e possui mecanismos de controle osmótico em ambientes hiperosmóticos.

d. de água doce e não possui mecanismos de controle osmótico em ambientes hiposmóticos.

e. marinho e não possui mecanismos de controle osmótico em ambientes hiposmóticos.

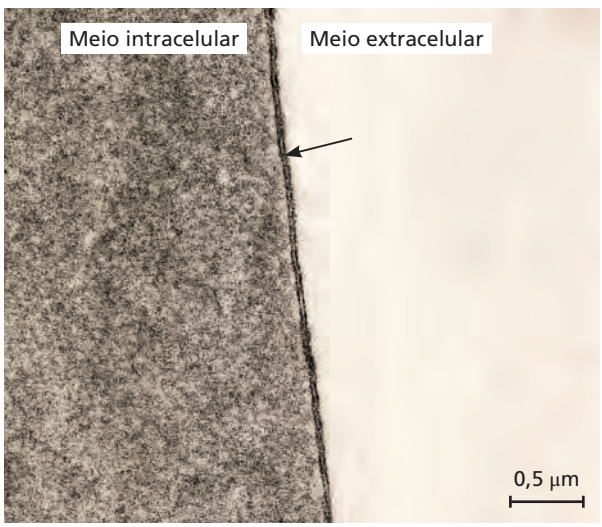
Note e adote:
O volume celular do ciliado em seu *habitat* natural é o referencial 1.
0% corresponde a água doce pura.

6. De acordo com conhecimentos de Física e Química, o aumento da temperatura de um meio aumenta a energia cinética das moléculas, fazendo com que elas se movimentem mais rapidamente; a diminuição da temperatura, por sua vez, produz o efeito contrário. Sabendo disso, pode-se questionar: Será que a temperatura do meio afeta a taxa de difusão simples de moléculas através da membrana plasmática?

a. Com base nessa pergunta, elabore uma hipótese para responder a ela. Lembre-se de que uma hipótese é uma possível explicação testável de fenômenos naturais, tendo como base conhecimentos prévios sobre o assunto. Uma vez proposta a hipótese, faça uma previsão, que geralmente tem forma condicional "**se**... **então**...".

b. O teste da hipótese pode ser feito por meio de experimentos, para verificar se os resultados são condizentes com a previsão. Se forem condizentes, o que isso significa? E se não forem, o que um pesquisador deve fazer para continuar sua investigação?

7. Analise a eletromicrografia a seguir de um setor de uma hemácia.



NIBSC/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Setor de uma hemácia. (Imagem obtida com microscópio eletrônico de transmissão e ampliada 20.000 vezes.)

a. Que estrutura da célula está apontada pela seta? Justifique.

b. A que corresponde cada linha escura dessa estrutura?

8. O ferro é transportado para dentro das células por meio de uma proteína extracelular chamada apotransferrina, que se liga a dois íons ferro (Fe^{3+}) e forma o complexo ferrotransferrina. Os receptores celulares do corpo humano se ligam apenas à ferrotransferrina e essa ligação desencadeia um processo que permite que o complexo entre nas células por meio de vesículas. Dentro da célula, os íons ferro então se desligam da apotransferrina e são usados no metabolismo celular, ao passo que a apotransferrina retorna para o meio extracelular também por meio de vesículas. Identifique cada um dos processos de transporte celular citados.

9. Na tabela a seguir, são apresentadas as estimativas de concentração de alguns íons em neurônios (células nervosas) gigantes de lulas. Os valores estão representados em unidades arbitrárias (u).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Íons em neurônios gigantes de lula

Íons	Concentração no citoplasma (u)	Concentração no meio extracelular (u)
Potássio (K^+)	400	20
Sódio (Na^+)	50	440
Cloreto ($C\ell^-$)	52	560
Ânions orgânicos	385	0

Fonte: VARANDA, W. A.; CHAVES, L. A. P.; BAPTISTA, V. **Bioeletrogênese**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura da Universidade de São Paulo, [20--]. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Bioeletrog-nese.pdf. Acesso em: 2 out. 2024.

a. O que a tabela evidencia com a comparação da concentração desses íons dentro e fora da célula?

b. Com base nos mecanismos de transporte através da membrana, explique como é possível a condição evidenciada pelos dados da tabela.

10. Em duas tigelas iguais, foram colocados 250 mL de água filtrada em temperatura ambiente e fatias iguais de batata com casca, com cerca de 6 mm de espessura cada uma. Em uma das tigelas, foram adicionadas três colheres de chá de sal, misturando-o na água. O que se espera que ocorra após algum tempo com as batatas em cada tigela? Explique.

11. Leia o texto a seguir e faça o que se pede.

Uma mulher de 35 anos morreu em Monticello, Indiana, nos Estados Unidos. De acordo com a família, ela faleceu em decorrência de uma intoxicação por água, após ingerir cerca de dois litros em aproximadamente 20 minutos. [...]

Essa intoxicação ocorre quando se bebe muita água muito rápido, o que perturba o equilíbrio de eletrólitos, ou se os rins retêm muita água devido a condições de saúde subjacentes. Também chamada de hiperidratação, a condição pode causar estado mental alterado, desorientação, confusão, náusea e vômito, cãibras musculares, dor e dores de cabeça. [...]

[...]

Fonte: MIRANDA, M. D. Mulher morre depois de se intoxicar com água. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 8 ago. 2023. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/saude-e-bem-viver/2023/08/08/interna_bem_viver,1542609/mulher-morre-depois-de-se-intoxicar-com-agua.shtml. Acesso em: 2 out. 2024.

Identifique no texto um trecho que corresponda a uma consequência direta do processo de osmose nas células. Explique-o. Dica: eletrólitos são minerais que carregam carga elétrica quando dissolvidos em um líquido como o sangue; é o caso do sódio, potássio, cloreto e bicarbonato.

12. ODS 4 Leia o texto sobre projeto realizado por estudantes de Limoeiro (PE) e faça o que se pede.

Alunos [...] desenvolveram um microscópio com materiais recicláveis e capacidade de ampliação de até mil vezes ao custo de apenas R$ 5. Tudo começou em uma aula de Biologia, em 2015, quando [...] se sentiram prejudicados pela ausência de equipamentos no laboratório [...].

[...] chegaram então a um protótipo que tem como material base o papelão. Composto também por vidros, parafusos, lâmpadas de LED, pilhas e lente de *drive* [...].

[...] Acoplado ao *flash* de uma câmera de celular para fornecer luz, é possível uma perfeita observação de cortes [...].

Fonte: TENÓRIO, A. Estudantes de Limoeiro criam microscópio de cinco reais. **Folha de Pernambuco**, Recife, 22 set. 2017. Disponível em: https://www.folhape.com.br/noticias/estudantes-de-limoeiro-criam-microscopio-de-cinco-reais/42600/. Acesso em: 2 out. 2024.

a. Converse com os professores de Ciências da Natureza sobre a presença e a disponibilidade de microscópios na escola. Em seguida, elabore um argumento que: 1. aponte a realidade de sua escola quanto a esses equipamentos; 2. relacione-a com a de outras escolas do país; 3. comente os impactos que os microscópios podem ter na comunidade escolar e na vida dos estudantes.

b. Em grupo, planejem e executem a construção de um microscópio caseiro. Para isso, pensem nas partes que compõem o aparelho e em suas funções, propondo o uso de materiais simples. Façam pesquisas em fontes confiáveis para conhecer projetos similares e se inspirar neles. Além dos professores de Ciências da Natureza, os professores de Arte podem colaborar. Em posse dos dados pesquisados e contando com a criatividade, construam o equipamento e testem-no quanto à funcionalidade e à qualidade das imagens produzidas. Façam ajustes, se necessário.

c. Coordenem com os professores e a diretoria a realização de oficinas na escola e em outros estabelecimentos de ensino do município ou da região, visando divulgar o conhecimento científico-tecnológico que vocês produziram. Discutam entre si a importância de fazer esse tipo de divulgação e registrem as ideias principais.

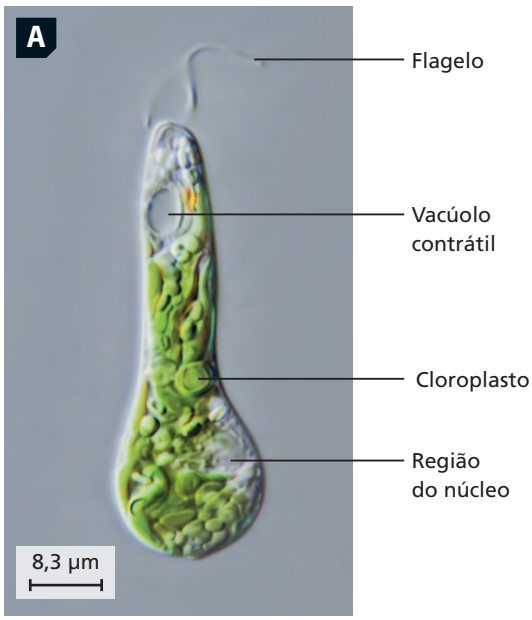
d. De acordo com a reportagem, os estudantes ainda inscreveram o projeto na 22ª edição estadual da Feira de Ciência Jovem, ficando em 4º lugar na categoria Desenvolvimento Tecnológico, o que permitiu a eles participarem da Mostratec, que é a etapa nacional da feira. Além dessa iniciativa, há outras no Brasil, como a Febrace (Feira Brasileira de Ciências e Engenharia), em que jovens podem se inscrever e apresentar seus projetos de pesquisa. Avaliem com os professores a possibilidade de inscrever seus trabalhos envolvendo microscópios ou outros temas nesses eventos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

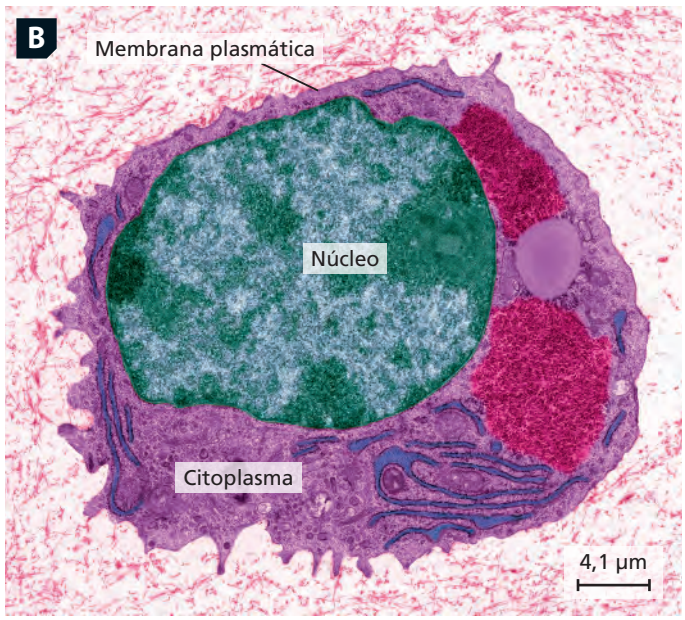
11. Se necessário, informe aos estudantes que eletrólitos são minerais que carregam carga elétrica quando dissolvidos em um líquido, como o sangue; é o caso de sódio, potássio, cloreto e bicarbonato.

Capítulo 6

Citoplasma e núcleo



GERD GUENTHER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Em **(A)**, *Euglena gracilis*, microrganismo fotossintetizante que vive em água doce e que se desloca por meio do batimento de um longo flagelo. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada 1.200 vezes.) Em **(B)**, condrócito humano, célula do tecido cartilaginoso. (Imagem obtida com microscópio eletrônico de transmissão, colorizada artificialmente e ampliada cerca de 2.430 vezes.)

A vida depende de energia e, para entendermos melhor essa relação, precisamos estudar as células e seus processos. Ao tratarmos dos níveis de organização biológica, destacamos que a célula é a unidade básica do corpo dos seres vivos. Nelas ocorrem os processos metabólicos fundamentais para a manutenção da vida, os quais dependem de energia. No capítulo anterior, analisamos aspectos estruturais e funcionais dos envoltórios celulares, e agora vamos analisar o interior das células e entender sua organização e fisiologia.

Nos unicelulares, sejam procariontes, sejam eucariontes, a célula realiza todas as funções para a sobrevivência e a reprodução dos indivíduos. A euglena mostrada na fotomicrografia, por exemplo, é um unicelular eucarionte fotossintetizante. Ela se desloca no ambiente aquático por meio do batimento de um longo flagelo, apresentando diversos comportamentos em resposta às variações ambientais, garantindo sua sobrevivência. Na reprodução, a célula divide-se originando dois indivíduos, havendo, assim, a continuidade da espécie.

Nos multicelulares, como os animais, há outros níveis de organização além da célula: os tecidos, os órgãos e os sistemas, que trabalham em conjunto na realização das diversas funções, incluindo movimento, reprodução e respostas a estímulos do meio. A eletromicrografia de um condrócito ilustra a especialização de uma célula humana que faz parte do tecido conjuntivo cartilaginoso, que tem como uma de suas funções o suporte a estruturas do corpo. Nessa célula, é possível notar o núcleo (em verde), o retículo endoplasmático granuloso (em azul) e grânulos de substância de reserva, o glicogênio (em vermelho vivo).

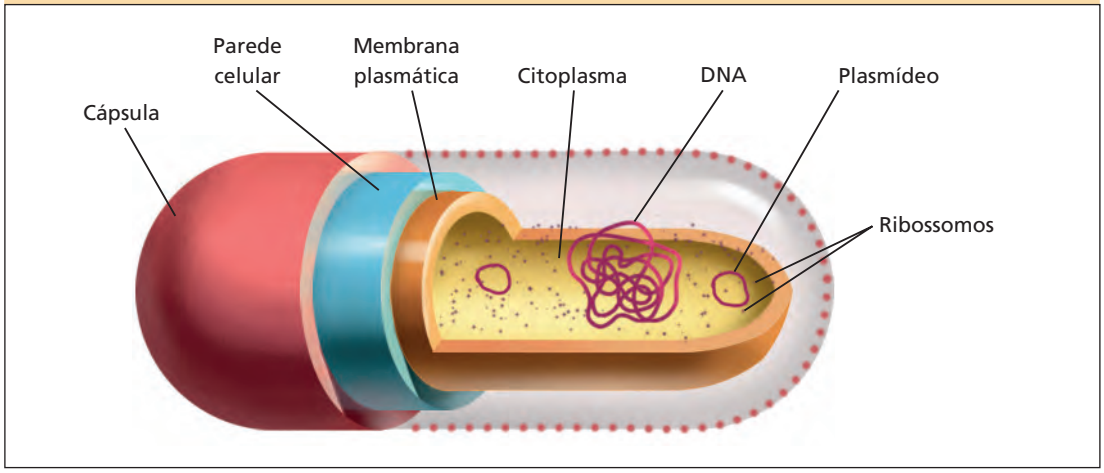
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Citoplasma

O citoplasma das células procarióticas é morfologicamente simples e contém **ribossomos**, estruturas também presentes no citoplasma das células eucarióticas. Além deles, há uma região chamada **nucleoide**, onde se localiza o material genético, que, na generalidade dos casos, é uma molécula de DNA circular.

Pequenas moléculas circulares de DNA, chamadas **plasmídeos**, geralmente estão presentes e se replicam de modo independente do DNA principal. Os plasmídeos apresentam genes que conferem vantagens adaptativas, como as relacionadas à resistência bacteriana a antibióticos. Antes considerados exclusivos dos procariontes, hoje se sabe que há plasmídeos ou formas replicativas de DNA que são estrutural e experimentalmente comparáveis aos plasmídeos bacterianos em determinados eucariontes dos grupos dos fungos e das plantas.

Célula procariótica



EBER EVANGELISTA/ARQUIVO DA EDITORA

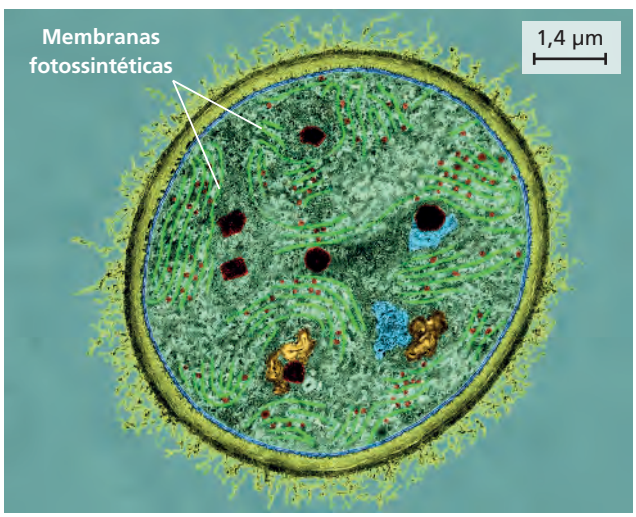
Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de uma bactéria, com uma parte em corte para evidenciar sua estrutura interna. Mede cerca de 3 µm de comprimento. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Em bactérias fotossintetizantes, no entanto, como é o caso das cianobactérias, há no citoplasma uma rede de membranas que não formam organelas e onde se localizam as moléculas de clorofila, fundamentais para a captação da luz na fotossíntese.

Nas células eucarióticas, o citoplasma corresponde ao compartimento entre a membrana plasmática e o núcleo, geralmente a maior organela da célula. O citoplasma é estruturalmente mais complexo do que nas células procarióticas, com diversos tipos de compartimento delimitados por membrana, as organelas citoplasmáticas, cada uma relacionada à execução de funções específicas.

A região do citoplasma ao redor das organelas corresponde ao **citosol**, rico em água, proteínas e diversas outras substâncias. Nele há uma rede bem desenvolvida de filamentos proteicos relacionados com a sustentação e a movimentação celular, denominada **citoesqueleto**. Embora se pensasse que os procariontes não tivessem citoesqueleto, avanços na tecnologia de visualização e determinação estrutural das células procarióticas demonstraram que existem filamentos proteicos nessas células, falando-se em **citoesqueleto procariótico**, que é, no entanto, mais simples do que o dos eucariontes.



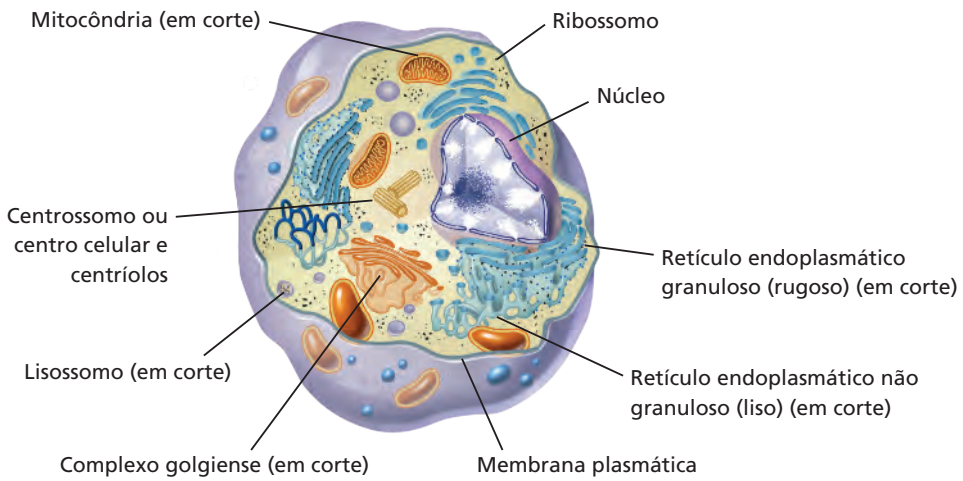
DENNIS KUNKEL MICROSCOPY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Cianobactéria marinha pertencente ao gênero *Dermocarpa*. O corte mostra membranas fotossintéticas colorizadas em tom esverdeado.(Imagem obtida com microscópio eletrônico de transmissão, colorizada artificialmente e ampliada 7.000 vezes.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Compare, nas imagens a seguir, a estrutura de duas células eucarióticas: uma animal e uma vegetal. As células representadas são hipotéticas e não se referem a um tipo celular específico de determinado tecido animal ou vegetal. Considere, no entanto, que, dependendo do tipo de tecido e da espécie de organismo a que ele pertence, há variações na forma das células e na quantidade e nos tipos de estrutura celular.

Célula animal

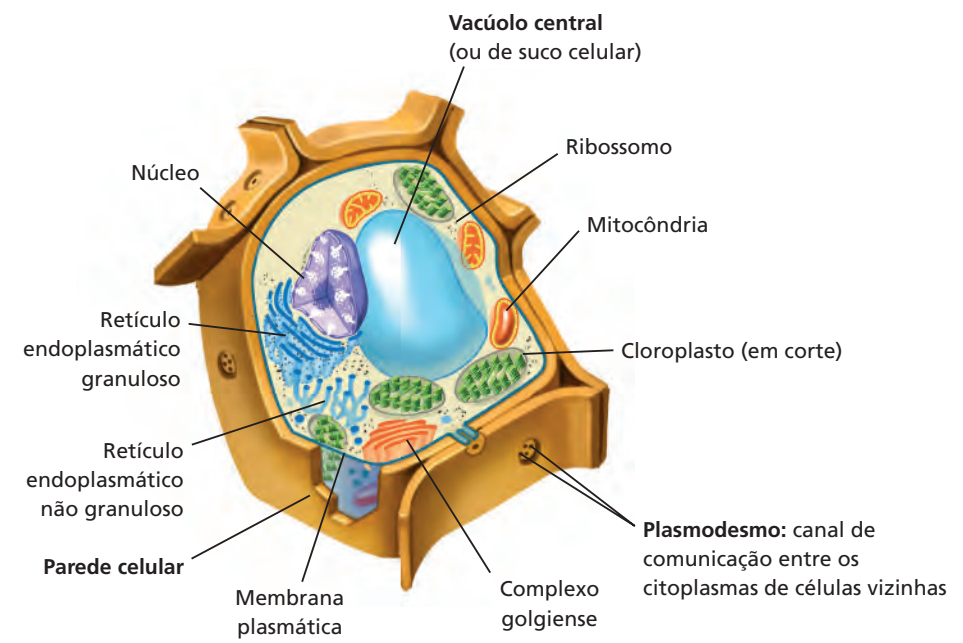


EBER EVANGELISTA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de célula animal generalizada com uma parte em corte para visualização de seus componentes internos. A célula mede cerca de 20 µm de diâmetro. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Célula eucariótica vegetal



EBER EVANGELISTA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de célula eucariótica vegetal generalizada de uma angiosperma com uma parte em corte para visualização de seus componentes internos. A célula mede cerca de 100 µm de diâmetro. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Comparando as figuras anteriores, nota-se que as células vegetais apresentam três principais estruturas que não estão presentes nas células animais: parede celular, vacúolo de suco celular (ou vacúolo central) e cloroplastos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Vamos agora estudar o citoplasma eucariótico, considerando as principais funções citoplasmáticas e as estruturas envolvidas na execução dessas funções:

- **movimentos celulares:** relacionados ao citoesqueleto, como deslocamento de organelas, ciclose, movimentos ameboide, flagelar e ciliar.
- **síntese, armazenamento e transporte de macromoléculas:** relacionados a ribossomos, retículo endoplasmático, complexo golgiense, lisossomos e vacúolos.
- **metabolismo energético:** relacionado a cloroplastos e mitocôndrias. A discussão das vias bioquímicas desse metabolismo será feita no capítulo seguinte. Aqui abordaremos as organelas.

Fique por dentro

Deslocamento de vesículas nas células

FANTASTIC vesicle traffic. [*S. l.*: *s. n.*], 2009. 1 vídeo (2 min). Publicado pelo canal DvonWangenheim. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=7sRZy9PgPvg. Acesso em: 7 out. 2024.

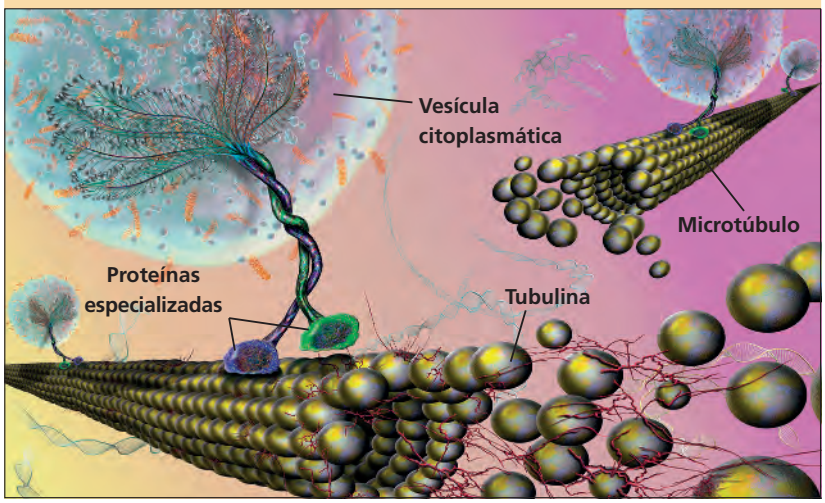
O vídeo mostra o deslocamento de vesículas por meio da associação entre proteínas especializadas e microtúbulos em células de raiz de planta recém-germinada.

Movimentos celulares e citoesqueleto eucariótico

O citoesqueleto eucariótico é composto de estruturas filamentosas proteicas, como os microtúbulos e os microfilamentos.

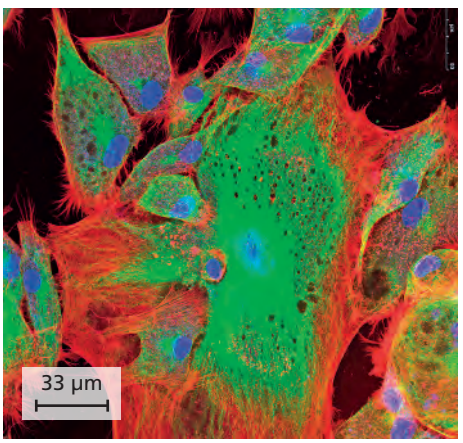
Os **microtúbulos** são estruturas cilíndricas formadas por inúmeras subunidades da proteína globular **tubulina**. Têm como funções principais o suporte estrutural da célula, a formação dos fusos meiótico e mitótico nas divisões celulares e a formação de centríolos, cílios e flagelos. Além disso, atua como espécie de "caminho" por onde proteínas especializadas se deslocam, transportando vesículas e outras estruturas dentro das células para os locais de destino.

Deslocamento de vesícula na célula



KEITH CHAMBERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Representação de vesículas citoplasmáticas (esferas grandes) sendo transportadas ao longo de microtúbulos por proteínas especializadas (estruturas verdes e roxas). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

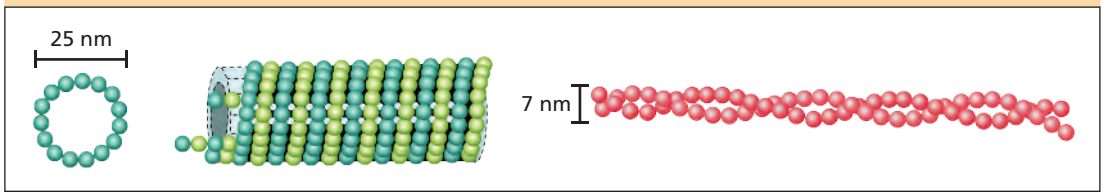


VSHYUKOVA/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Fibroblasto, corado com corantes especializados para visualização dos microtúbulos (em verde) e dos microfilamentos (em vermelho). (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada 300 vezes.)

Os **microfilamentos** são formados por inúmeras subunidades da proteína globular **actina**. Entre suas principais funções está a participação na movimentação do citoplasma e no processo de separação das células na divisão celular. Com a proteína miosina, formam os principais componentes contráteis das células musculares.

Microtúbulos e microfilamentos



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de microtúbulo (em tons de verde) e microfilamento (em vermelho). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O citoesqueleto está constantemente se modificando. Os filamentos podem se desorganizar e reorganizar sem que ocorra destruição ou síntese de suas subunidades proteicas. Esse dinamismo possibilita a movimentação dentro do citoplasma.

Em células vegetais vivas observadas ao microscópio de luz, por exemplo, podem-se notar ao redor do vacúolo central correntes citoplasmáticas capazes de deslocar de modo ordenado organelas e várias substâncias suspensas no citosol. Esse movimento, chamado **ciclose**, facilita a troca de substâncias dentro da célula e entre a célula e seu ambiente.

Em algumas células, como nas amebas e em células ameboides de defesa do corpo, a movimentação do citoplasma promove a formação de pseudópodes, projeções citoplasmáticas usadas na locomoção por movimentos ameboides e na fagocitose.

Centríolos e centrossomo

Os **centríolos** ocorrem aos pares na maioria das células eucarióticas e ficam dispostos perpendicularmente entre si. Estão ausentes em alguns outros grupos de eucariontes, como em alguns grupos de fungos, nas angiospermas e em muitas gimnospermas, como os pinheiros.

Cada centríolo é uma estrutura cilíndrica composta de nove grupos de três microtúbulos proteicos.

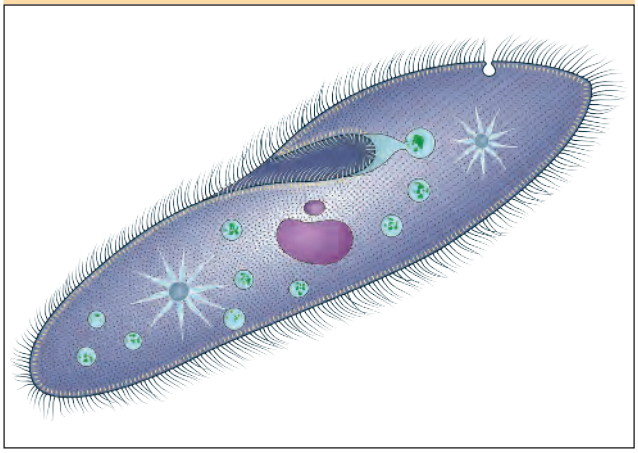
Os centríolos localizam-se próximos ao núcleo em uma região denominada **centro celular** ou **centrossomo**, de onde partem os microtúbulos do citoesqueleto. O centrossomo é uma região organizadora de microtúbulos e está presente em todas as células eucarióticas, tenham elas centríolos ou não.

Cílios e flagelos

Os cílios são mais curtos e mais numerosos por célula do que os flagelos e, embora o batimento deles seja diferente, ambos promovem a movimentação do líquido circundante e apresentam a mesma origem e estrutura. Os cílios têm um movimento semelhante a um chicote e os flagelos movimentam-se por ondulação. No caso dos flagelos, seu batimento pode puxar a célula, como acontece com as euglenas, ou empurrar as células, como acontece com os espermatozoides.

Nos unicelulares eucariontes, o batimento dos cílios pode participar da função de locomoção e da obtenção de alimento, como ocorre no ciliado paramécio, por exemplo.

Paramécio



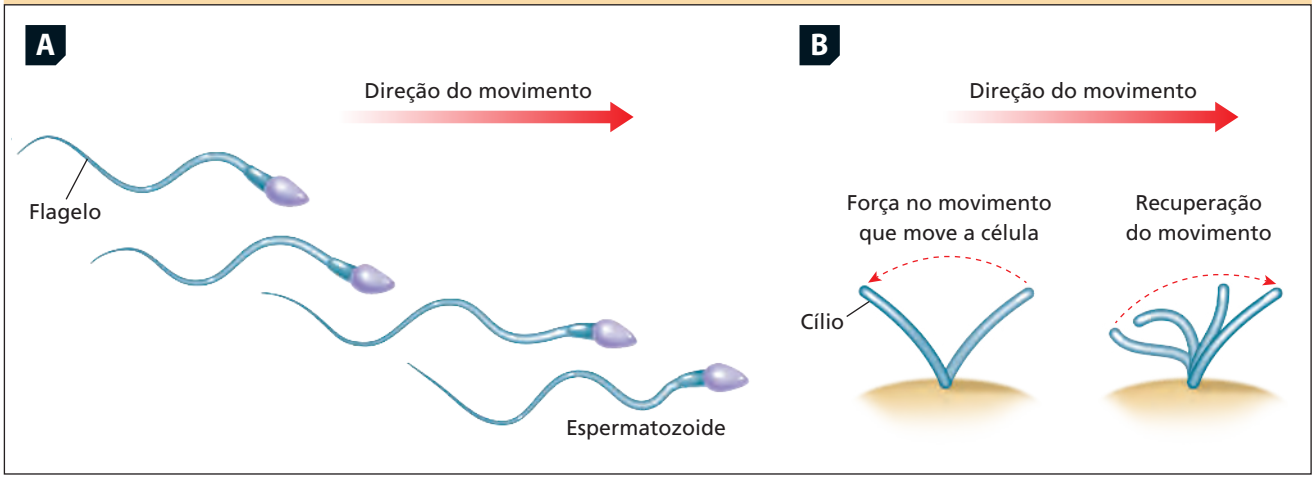
ALDONA GRISKEVICIENE/SHUTTERSTOCK

Representação de um paramécio, ciliado comum em água doce. Os cílios recobrem toda a célula. O paramécio mede cerca de 300 µm de comprimento. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Entre os multicelulares, os cílios estão presentes em muitos tipos celulares, como nas células epiteliais do trato respiratório. O batimento dos cílios promove um fluxo de fluido em direção à boca, ajudando a limpar as vias respiratórias. Já os flagelos estão presentes em células reprodutoras, como os espermatozoides dos animais.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Movimento de flagelo e de cílio



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

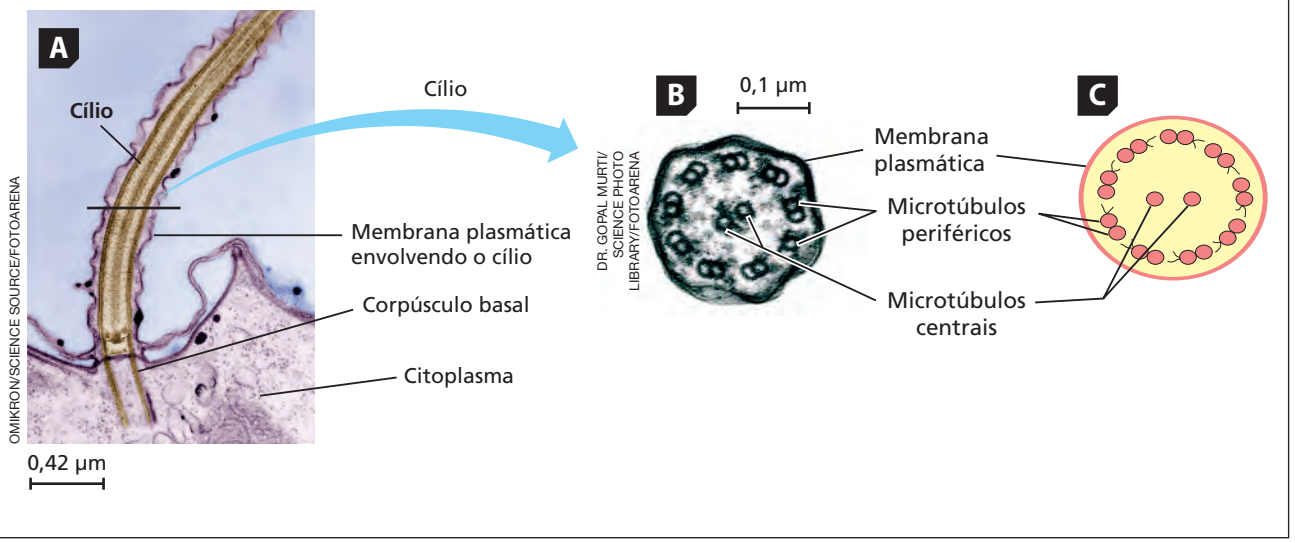
Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação do movimento flagelar em um espermatozoide **(A)** e do cílio **(B)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Caso considere pertinente, converse com os colegas do componente curricular de física para que, juntos, possam explicar para os estudantes que os efeitos do movimento flagelar e ciliar podem ser explicados com base em princípios físicos da mecânica dos fluidos. Isso valoriza a importância da física nas explicações de diferentes processos biológicos.

Cílios e flagelos têm origem no **corpúsculo basal**, que tem a mesma estrutura do centríolo. Dele, alongam-se dois microtúbulos proteicos de cada grupo de três, que ficam envoltos pela membrana plasmática; além disso, são formados dois microtúbulos centrais, estabelecendo-se, assim, uma organização microtubular 9 + 2.

Estrutura de um cílio



OMIKRON/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

DR. GOPAL MURTI/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Em **(A)**, superfície de uma célula com um cílio visto em corte longitudinal. (Imagem obtida com microscópio eletrônico de transmissão, colorizada artificialmente e ampliada 23.800 vezes.) Em **(B)**, cílio em corte transversal. (Imagem obtida com microscópio eletrônico de transmissão, colorizada artificialmente e ampliada 92.000 vezes.) Em **(C)**, representação da disposição dos microtúbulos proteicos vistos em corte transversal. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

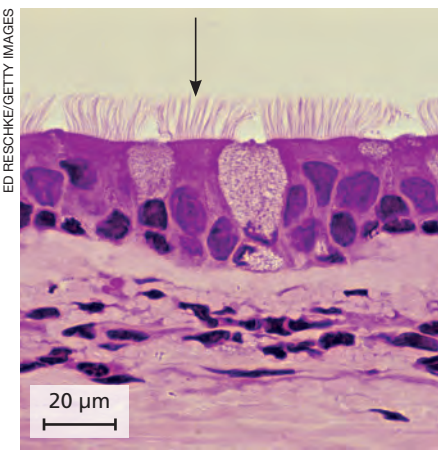
Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Explique o significado de centrossomo e de centríolos e diga se essas estruturas estão presentes em células de todos os eucariontes.

2. Observe a imagem a seguir do epitélio da traqueia de um mamífero e responda às questões.



ED RESCHKE/GETTY IMAGES

Epitélio da traqueia de um mamífero, tratado com corante especial. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada cerca de 500 vezes.)

a. Quais são as estruturas indicadas pela seta? Cite sua função nesse epitélio e sua organização interna.

b. A estrutura indicada origina-se de quais componentes celulares?

3. Considere um espermatozoide. Qual é a estrutura envolvida em seu deslocamento? No que ela difere da estrutura que você citou na questão anterior?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Registre em seu caderno

EM FOCO Efeitos do cigarro sobre o epitélio respiratório

O consumo do cigarro está associado à principal causa atualmente prevenível de mortalidade, com importância crescente principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Em sua última publicação sobre tabagismo, a Organização Mundial da Saúde apontou que, entre as oito principais causas de morte que ocorrem no mundo, seis delas estão relacionadas ao consumo e à exposição ao tabaco, entre elas as doenças inflamatórias e as doenças infecciosas do trato respiratório. [...]

O epitélio que reveste o trato respiratório superior atua como a primeira linha de defesa contra agentes agressores (poluentes, alérgenos, microrganismos), podendo gerar sintomas e doenças das vias aéreas superiores quando expostos a eles.

A fumaça de cigarro inalada tanto passivamente como ativamente tem sido associada a incômodo e irritação crônica dos olhos, do nariz e da orofaringe. Desde 1964, quando foi publicado um relatório sobre o tabagismo pelo Departamento de Saúde dos Estados Unidos, já havia evidências apontando que a exposição à fumaça de cigarro poderia atuar como um fator de "agravamento e prolongamento" das rinossinusites.

A combustão do cigarro produz uma fumaça com mais de 4.000 componentes nocivos, incluindo substâncias gasosas e substâncias particuladas. Entre elas estão a acroleína, formaldeído, monóxido de carbono, nicotina, cotinina, acetaldeído, fenol e o cianeto de potássio, sendo que muitos desses componentes são comprovadamente tóxicos para o epitélio respiratório.

[...] A inalação oral, assim como a inalação nasal da fumaça de cigarro, promove uma profunda diminuição ***in vivo*** no transporte mucociliar. [...] a cotinina, um metabólito tóxico da nicotina, é capaz de reduzir de maneira significativa o batimento ciliar de células epiteliais ***in vitro***. [...] Além de evidências *in vitro*, a exposição à fumaça de cigarro também prejudica o transporte mucociliar em humanos, tanto em exposições agudas como em exposições crônicas.

[...]

Fonte: TAMASHIRO, E. *et al.* Efeitos do cigarro sobre o epitélio respiratório e sua participação na rinossinusite crônica. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v. 75, n. 6, dez. 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjorl/a/FdRtyVM9kKY3LYVfw4VJZwR/. Acesso em: 7 out. 2024.

***In vivo*:** testes realizados em organismos vivos. O termo deriva do latim e significa "dentro do vivo".

***In vitro*:** testes realizados em laboratório, em ambiente controlado, fora do organismo, podendo envolver culturas celulares ou sistemas isolados. O termo é uma expressão em latim que significa "em vidro", e sua origem está relacionada ao uso de recipientes de vidro para conduzir experimentos biológicos.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Como a fumaça do cigarro pode interferir no funcionamento dos cílios das células do epitélio respiratório tanto no caso de fumantes ativos (pessoas que fumam) quanto no de fumantes passivos (pessoas que não fumam, mas inalam a fumaça do cigarro)?
2. A Lei n. 9.294, de 1996, conhecida como Lei Antifumo, em seu art. 2º, dispõe que: "É proibido o uso de cigarros, cigarrilhas, charutos, cachimbos ou qualquer outro produto fumígeno, derivado ou não do tabaco, em recinto coletivo fechado, privado ou público". Redija um argumento com base em evidências científicas que subsidie esse trecho da legislação.
3. Forme um grupo com seus colegas de classe e pesquise, em fontes confiáveis, a respeito dos riscos à saúde do hábito de fumar além dos citados no texto anterior. Discutam entre si os seguintes tópicos: o papel da publicidade no uso do cigarro e como isso foi regulado na legislação; os efeitos da obrigatoriedade de incluir nas embalagens de cigarro imagens que associam o hábito do fumo a problemas de saúde diversos; os aspectos socioculturais relacionados ao hábito de fumar ao longo da história. Depois, promovam na escola uma campanha de conscientização a respeito do tabagismo e dos riscos à saúde de todos, não apenas do fumante ativo. Pensem em como essa campanha pode ser desenvolvida.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

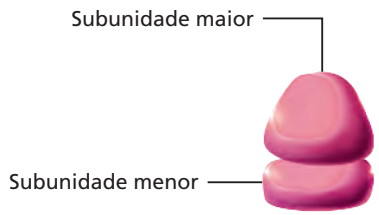
Síntese, transporte e armazenamento de macromoléculas

As macromoléculas fazem parte da constituição das células e são indispensáveis à fisiologia celular. Produzidas pela atividade celular, elas são transportadas, armazenadas e/ou liberadas das células, processos que envolvem energia.

Ribossomos

Os **ribossomos** participam do processo de síntese proteica. São formados por duas partes com tamanhos diferentes, que se dispõem uma sobre a outra. Essas estruturas são visíveis apenas ao microscópio eletrônico e são constituídas por proteínas e por um tipo de ácido ribonucleico: o **RNA ribossômico** (**RNAr**).

Ribossomos



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação simplificada de um ribossomo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Retículo endoplasmático

O **retículo endoplasmático** é composto de canais delimitados por membrana. Esses canais comunicam-se com o envelope nuclear.

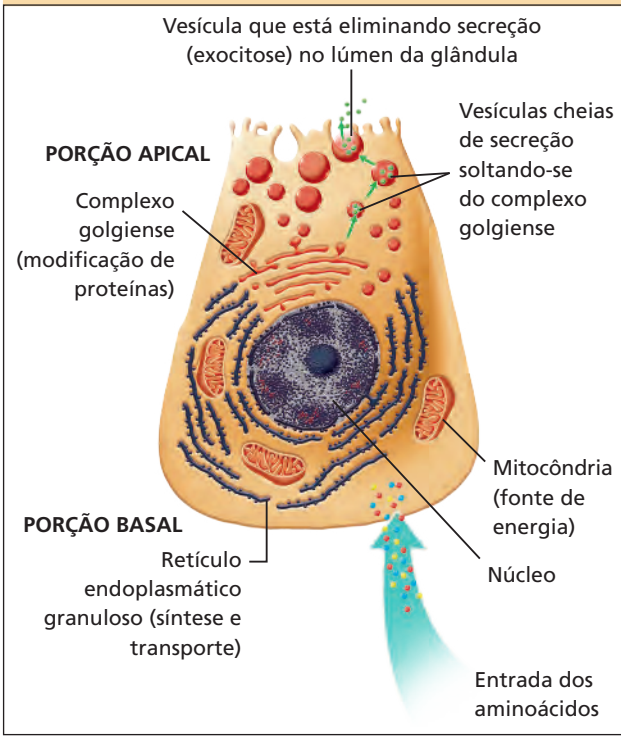
Essa organela tem função de transporte e apresenta duas regiões especializadas:

- **retículo endoplasmático não granuloso** (liso ou agranular), com sistema de túbulos mais cilíndricos e sem ribossomos aderidos à membrana;
- **retículo endoplasmático granuloso** (rugoso ou granular), com sistema de túbulos achatados e ribossomos aderidos à face citosólica da membrana, o que lhe confere aspecto granular.

O retículo não granuloso é abundante em células do fígado e das gônadas e participa principalmente da síntese de lipídios, como esteroides, fosfolipídios e ácidos graxos. Atua também na degradação do álcool ingerido em bebidas alcoólicas. Álcool, sedativos e outras drogas, quando ingeridos em excesso ou com frequência, induzem a proliferação do retículo não granuloso. Isso aumenta a tolerância do organismo à droga, fazendo com que doses cada vez mais altas sejam necessárias para produzir o mesmo efeito no organismo. Esse é um alerta importante para que possamos entender parte dos problemas decorrentes da ingestão de bebidas alcoólicas e do uso, sem prescrição médica, de medicamentos.

A principal função do retículo granuloso é a síntese de proteínas, realizada nos ribossomos aderidos à sua membrana. Ao serem sintetizadas, essas proteínas são encaminhadas para a luz do retículo, onde se acumulam e são encaminhadas para o complexo golgiense. Esse retículo e o complexo golgiense são muito desenvolvidos em células com função secretora, como as células do pâncreas que secretam enzimas digestivas e hormônios e as células caliciformes da parede do intestino que secretam muco.

Célula secretora pancreática



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: HICKMAN, C. P. *et al.* **Integrated principles of Zoology**. 14. ed. New York: McGraw-Hill Companies, 2007.

Representação de uma célula secretora pancreática vista em corte, mostrando a entrada de aminoácidos na célula e a sequência de estruturas relacionadas com a síntese, o transporte, o armazenamento e a liberação de secreções proteicas. Essa célula mede cerca de 15 µm de largura. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Complexo golgiense

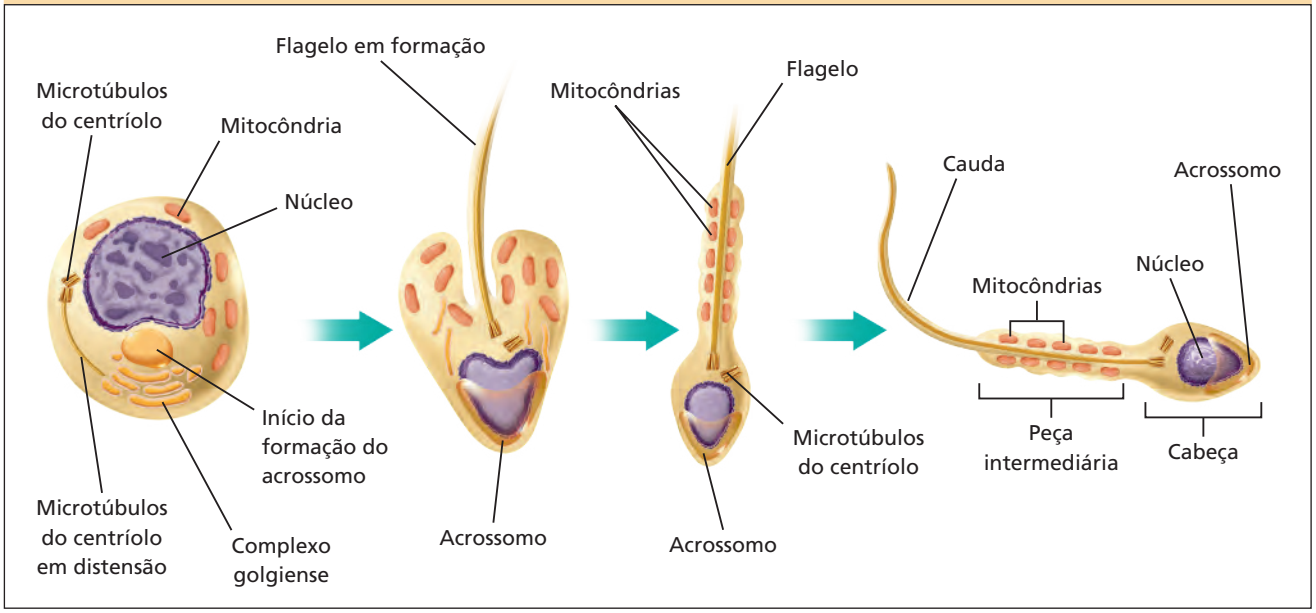
O **complexo golgiense** é formado por vários conjuntos de sáculos lameliformes interligados. Localiza-se geralmente próximo ao núcleo e ao retículo endoplasmático granuloso.

As proteínas sintetizadas no retículo granuloso saem dessa organela no interior de vesículas membranosas de transporte, que podem se fundir ao complexo golgiense. Uma vez nesse complexo, as proteínas são então modificadas e liberadas dentro de vesículas, que podem ser grânulos de secreção, os quais lançam seu conteúdo para o exterior da célula pelo processo de exocitose, ou lisossomos, responsáveis pela digestão intracelular.

O complexo golgiense produz ainda alguns polissacarídeos, como a hemicelulose, substância presente na parede celular de plantas, e os carboidratos que compõem as glicoproteínas.

Nos espermatozoides, o complexo golgiense dá origem a uma estrutura denominada **acrossomo**, que contém enzimas importantes para o processo de penetração do espermatozoide no gameta feminino.

Diferenciação do espermatozoide



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GILBERT, S. F. **Biologia do Desenvolvimento**. 5. ed. Ribeirão Preto: Funpec-Editora, 2003.

Representação da diferenciação do espermatozoide, com detalhe para a formação do acrossomo. O espermatozoide humano mede cerca de 60 µm de comprimento. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Lisossomos

Os **lisossomos** são pequenas organelas em forma de vesícula que contêm grande quantidade de enzimas hidrolíticas que atuam em meio ácido, responsáveis pela digestão intracelular, estando ligados às funções heterofágica e autofágica.

A **função heterofágica** refere-se à digestão de partículas alimentares que entram na célula por fagocitose ou pinocitose. Elas ficam no interior de vacúolos alimentares (fagossomos ou pinossomos, respectivamente) e a eles fundem-se os lisossomos primários, liberados do complexo golgiense, originando os vacúolos digestivos ou lisossomos secundários, onde ocorre a digestão. Havendo resíduos, eles são temporariamente armazenados no interior dessas estruturas, que passam a ser chamadas vacúolos ou corpos residuais, e podem ser eliminados por clasmocitose.

A **função autofágica** refere-se à digestão de estruturas citoplasmáticas que não estão mais realizando suas funções, contribuindo para a renovação do material citoplasmático, sendo um processo que ocorre naturalmente nas células.

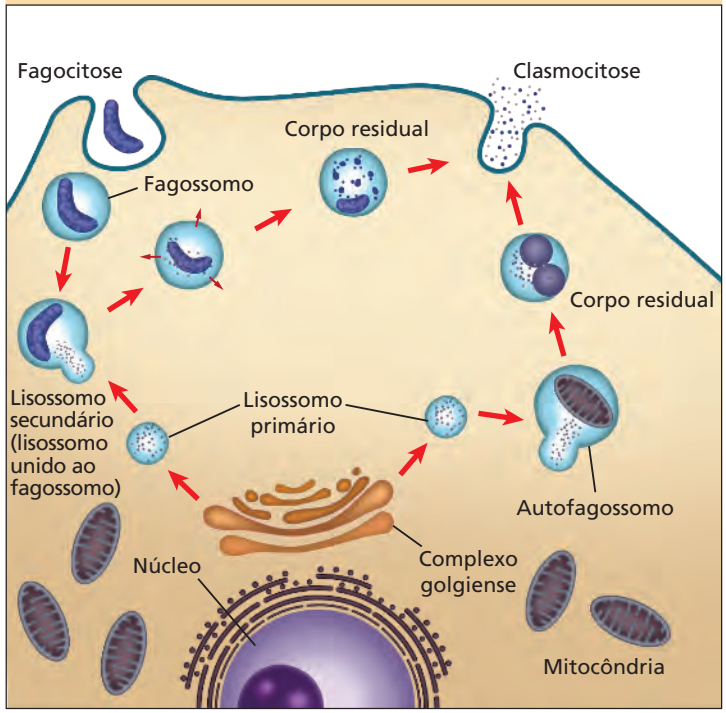
A autofagia é também responsável pela transformação de um tipo celular em outro. Isso ocorre, por exemplo, no processo de formação das hemácias (ou eritrócitos), células desprovidas de núcleo e outras organelas citoplasmáticas, mas que se originam de eritroblastos, células da medula óssea vermelha

que apresentam essas estruturas. Nesse processo de transformação, o núcleo é eliminado da célula por exocitose e os lisossomos digerem, por autofagia, as estruturas citoplasmáticas, formando as hemácias.

Sob determinadas condições anômalas ou patológicas, a membrana do lisossomo pode perder sua estabilidade, romper-se e liberar as enzimas no interior da célula, destruindo-a. Isso ocorre, por exemplo, em uma doença denominada **silicose**, frequente em indivíduos que trabalham em minas ou com britadeiras sem usar os equipamentos de proteção adequados. Nesses casos, a pessoa inspira grande quantidade de pó de sílica, um dos principais componentes das rochas. A sílica destrói os lisossomos das células pulmonares, havendo liberação das enzimas digestivas no interior do citoplasma. Os componentes celulares são digeridos e as células morrem, provocando diminuição da capacidade pulmonar.

A **doença de Tay-Sachs** é hereditária e decorre principalmente da ausência ou da inativação de determinadas enzimas lisossômicas que degradam lipídio, sobretudo em células do sistema nervoso. Com isso, ocorre acúmulo dessas substâncias nas células, resultando nos sintomas típicos da doença, como lesões graves e irreversíveis no sistema nervoso, podendo levar à morte.

Funções heterofágica e autofágica dos lisossomos



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: MILLER, K. R.; LEVINE, J. S. **Biology**. New Jersey: Pearson, 2010.

Representação das funções heterofágica e autofágica dos lisossomos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Vacúolos

Os vacúolos são organelas de formato e tamanho variáveis, delimitados por membrana lipoproteica.

Há diversos tipos de **vacúolo**, como os contráteis ou pulsáteis, que atuam na osmorregulação de unicelulares eucariontes que vivem principalmente em água doce, e os relacionados com a digestão intracelular.

Nas plantas, há o **vacúolo de suco celular** ou **vacúolo central**, delimitado por uma membrana chamada **tonoplasto**. Ele contém solução aquosa rica em íons, carboidratos, aminoácidos e proteínas, sendo importante nos fenômenos osmóticos das células vegetais, como explicado no capítulo anterior.

Esse vacúolo pode ser incolor, mas também pode conter pigmentos, como as antocianinas, que são os principais responsáveis pelas colorações azul, violeta, vermelha e púrpura de flores e frutos. Essa organela também pode armazenar compostos que são tóxicos ou desagradáveis para os animais, atuando como defesa da planta contra herbívoros.

Ademais, o vacúolo central desempenha outra função: o aumento de tamanho da célula. Nas células vegetais jovens, há pequenos e numerosos vacúolos que se fundem à medida que a célula cresce. As células vegetais geralmente atingem dimensões maiores do que as células animais. Isso é possível sem grandes custos de energia em razão do vacúolo central. A formação de células grandes totalmente preenchidas por citoplasma requer muita energia, tanto para sintetizar o citoplasma novo como para mantê-lo. No caso das células vegetais, seu crescimento depende da água que se acumula no vacúolo, gerando uma pressão hidrostática interna denominada turgor. Essa pressão do vacúolo, uma vez exercida sobre a parede celular jovem ainda não espessada, provoca distensão da parede e aumento do tamanho da célula.

Nas células adultas, em que o vacúolo já está bem desenvolvido e as paredes celulares encontram-se bem espessadas, o aumento de turgor não acarreta mais o crescimento das células. Nesse caso, o turgor é contrabalanceado pela resistência mecânica da parede celular.

O vacúolo ocupa quase todo o volume das células vegetais adultas e restringe o citoplasma a uma fina camada próxima à parede celular, onde os movimentos de ciclose ocorrem. Isso facilita a troca de materiais e a captura de energia luminosa pelos cloroplastos, que ficam restritos a essa estreita porção do citoplasma.

Os vacúolos realizam também a hidrólise enzimática, função similar à dos lisossomos das células animais. Alguns biólogos consideram esses vacúolos hidrolíticos um tipo de lisossomo.

Se considerar pertinente, retome com os estudantes a osmose em célula vegetal estudada no capítulo anterior para analisar o que acontece na célula adulta com as variações de turgescência relacionadas com maior ou menor quantidade de água na célula, principalmente do vacúolo central.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Organelas relacionadas ao metabolismo energético

Mitocôndrias

As **mitocôndrias** são organelas responsáveis pela respiração aeróbia nos eucariontes. Geralmente têm a forma de bastonete e são delimitadas por duas membranas, sendo uma externa lisa e contínua e a outra interna pregueada, formando as **cristas mitocondriais**. No interior da mitocôndria, há a **matriz mitocondrial**, com enzimas, ribossomos, DNA e RNA. Nela ocorrem vários processos metabólicos, como a síntese de algumas proteínas. Outras proteínas são formadas no citosol, sob comando do DNA nuclear, e depois incorporadas à mitocôndria.

Essa organela pode se autoduplicar de modo independente da célula. A quantidade de mitocôndrias varia muito, ocorrendo em maior número nas células com alta atividade metabólica.

Cloroplastos

Os **cloroplastos** são organelas encontradas somente em eucariontes fotossintetizantes, sejam unicelulares, como diatomáceas e euglenas, sejam multicelulares, como as plantas. Eles podem ter vários formatos e tamanhos, dependendo do grupo de organismo fotossintetizante.

O cloroplasto é delimitado pelo **envoltório**, formado por duas membranas: uma externa e outra interna. Em seu interior, há o **estroma**, que, assim como a matriz das mitocôndrias, apresenta enzimas, DNA, RNA e ribossomos, e onde ocorrem várias reações químicas, incluindo a síntese de algumas proteínas necessárias ao metabolismo do cloroplasto. Outras proteínas formadas no citoplasma, sob comando do DNA nuclear, são incorporadas ao cloroplasto.

A membrana interna origina vesículas achatadas, os **tilacoides**, que ficam mergulhados no estroma, geralmente em grande número. Os tilacoides organizam-se em pilhas; cada pilha recebe o nome de ***granum***, e o conjunto delas chama-se ***grana*** (plural de *granum*). Além disso, as diversas pilhas comunicam-se entre si.

Nos tilacoides, há os **complexos-antena**, formados por pigmentos que captam a energia luminosa, essencial para a fotossíntese. Dentre esses pigmentos, o mais importante é a **clorofila**.

Localização e estrutura dos cloroplastos

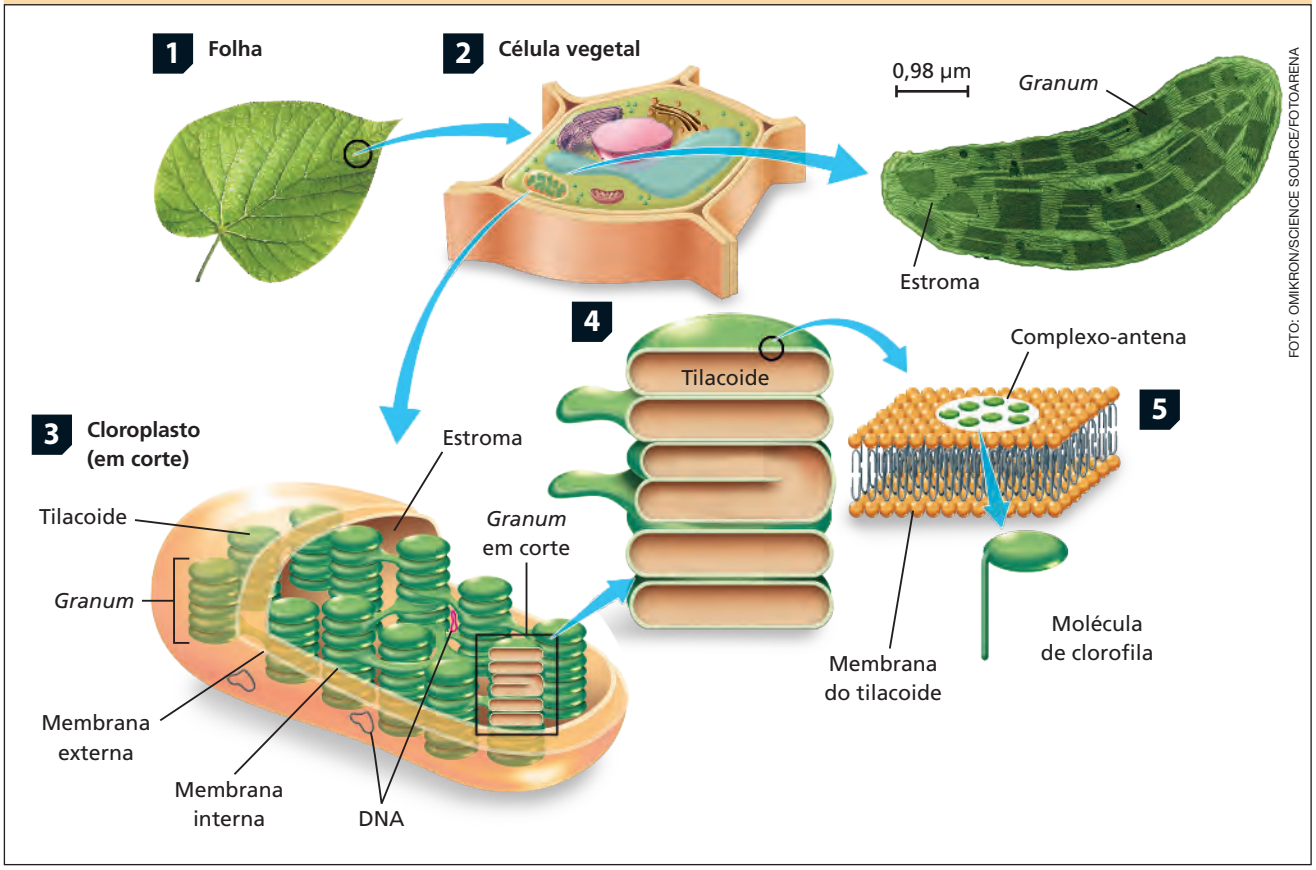


ILUSTRAÇÃO: ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

FOTO: OMIKRON/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de folha, célula vegetal e cloroplasto, com suas estruturas internas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.) No detalhe, cloroplasto (Imagem obtida com microscópio eletrônico de transmissão, colorizada artificialmente e ampliada 10.200 vezes).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

4. Em seu caderno, elabore uma tabela a fim de relacionar, de modo resumido, as seguintes estruturas com suas respectivas funções: ribossomos, retículo endoplasmático não granuloso (ou liso), retículo endoplasmático granuloso, mitocôndrias, lisossomos e complexo golgiense.
5. Compare o citoplasma de uma célula procariótica fotossintetizante com o de uma célula clorofilada de uma planta angiosperma. Quais estruturas são comuns a elas? Onde ficam as moléculas de clorofila nesses organismos?
6. Cite pelo menos duas funções do vacúolo central das plantas.

Núcleo

O **núcleo** é uma organela típica das células eucarióticas. Geralmente há apenas um núcleo por célula (mononucleada), mas existem células binucleadas, multinucleadas e até mesmo anucleadas (caso das hemácias).

O núcleo é uma estrutura importante não só para o crescimento, a manutenção e a diferenciação das células, mas também para sua divisão. Nele estão as moléculas de DNA que formam os cromossomos.

As partes do núcleo

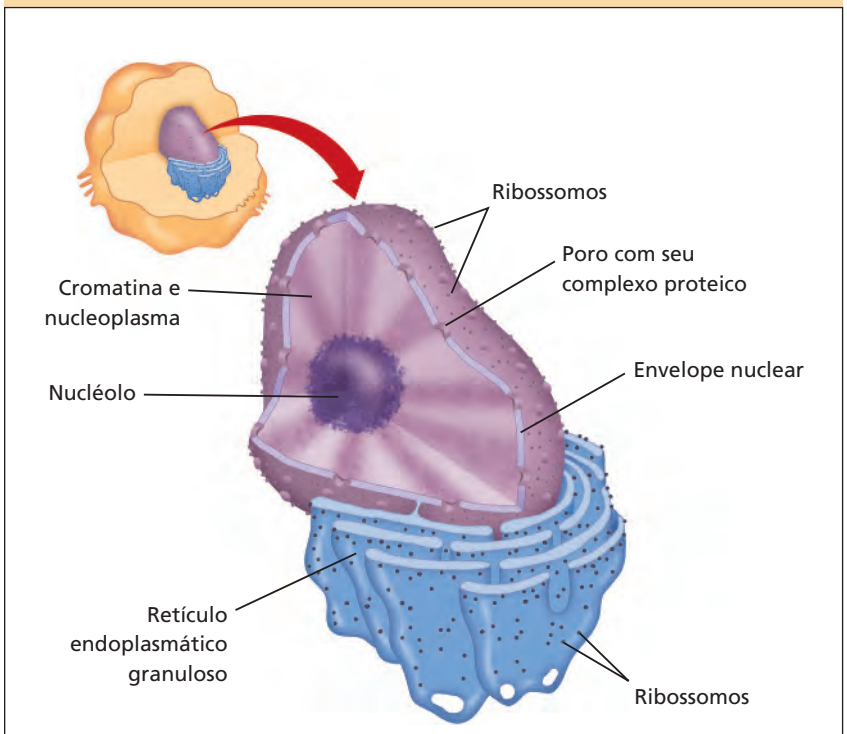
O núcleo é constituído de envelope nuclear (ou carioteca), nucleoplasma, cromatina e nucléolo.

O **envelope nuclear** é formado por duas membranas lipoproteicas. A externa apresenta ribossomos aderidos à sua superfície, e a interna fica em contato com o **nucleoplasma**, solução aquosa constituída de íons, vários tipos de enzima e diversas outras substâncias.

O envelope apresenta poros delimitando espaços por meio dos quais ocorrem trocas de substâncias entre o núcleo e o citoplasma. Em cada poro, há um complexo de proteínas que regula a entrada de substâncias no núcleo e a saída delas.

O **nucléolo** é uma região não delimitada por membrana, onde há as **regiões organizadoras do nucléolo**, nas quais os genes codificantes para ácido ribonucleico ribossômico (RNAr) são intensamente transcritos. Logo após serem sintetizados, os RNAr se associam a proteínas e originam grãos de ribonucleoproteínas, que formarão as duas subunidades dos ribossomos. Elas saem do núcleo por meio dos poros do envelope nuclear, em direção ao citoplasma, onde são unidas.

Núcleo de célula animal



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de célula animal com parte da célula removida, destacando o núcleo e o retículo endoplasmático granuloso. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

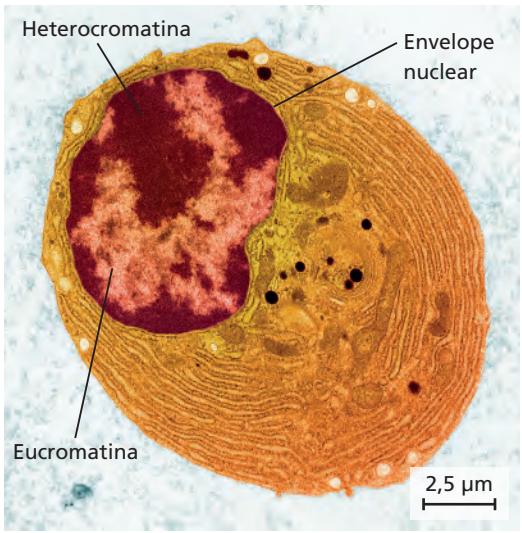
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A **cromatina** (do grego, *chroma* = cor) é o material que forma os cromossomos, composto de DNA associado a proteínas, principalmente histonas. O termo *cromatina* surgiu no início do estudo das células, quando os cientistas verificaram que o núcleo podia ser corado com corantes básicos. Estes interagem com estruturas celulares que contêm grupos ácidos, como é o caso dos ácidos nucleicos. Além do núcleo, regiões do citoplasma ricas em ácidos nucleicos também ficam bem evidenciadas com esses corantes. A cromatina pode aparecer com diferentes níveis de condensação, refletindo maior ou menor empacotamento dos cromossomos.

Na interfase, período em que a célula não está em divisão, as regiões menos condensadas são geneticamente ativas, ou seja, contêm os genes que estão sendo transcritos naquele momento, e recebem o nome de **eucromatina** (do grego, *eu* = verdadeiro); já as regiões mais condensadas são geneticamente inativas e chamadas **heterocromatina** (do grego, *hetero* = diferente). A cromatina, no entanto, é dinâmica, pois regiões da heterocromatina podem se descondensar, originando eucromatina, e vice-versa.

Na interfase, os genes são transcritos em moléculas de ácido ribonucleico mensageiro (**RNAm**), que passam para o citoplasma e se associam aos ribossomos, participando da síntese de proteínas.

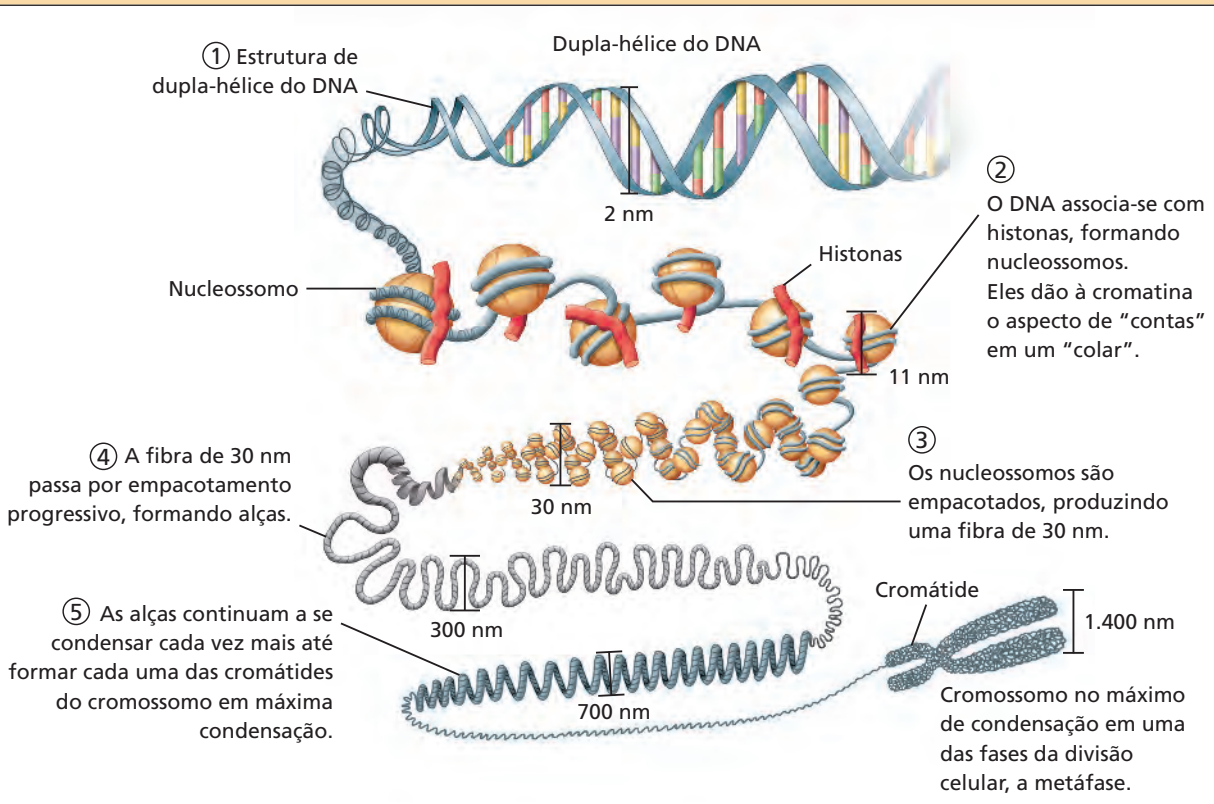
Quando a célula entra em divisão, a condensação da cromatina aumenta, a transcrição gênica cessa e é possível visualizar ao microscópio os cromossomos individualizados, pois as fibras de cromatina, ao se condensarem, ficam mais espessas e curtas.



STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Linfócito, com destaque para o núcleo interfásico. (Imagem obtida com microscópio eletrônico de transmissão, colorizada artificialmente e ampliada cerca de 4.000 vezes.)

Níveis de empacotamento da cromatina



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Representação dos níveis de empacotamento da cromatina desde a interfase até a metáfase na divisão celular. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Analise as frases a seguir e indique qual delas explica corretamente o que ocorre na diferenciação de um espermatozoide a partir de uma célula inicial: 1. Alternativa **a**.

a. na célula inicial, há dois centríolos e outras estruturas citoplasmáticas: um dos centríolos origina o flagelo, e o complexo golgiense origina o acrossomo, que contém enzimas importantes na fecundação.

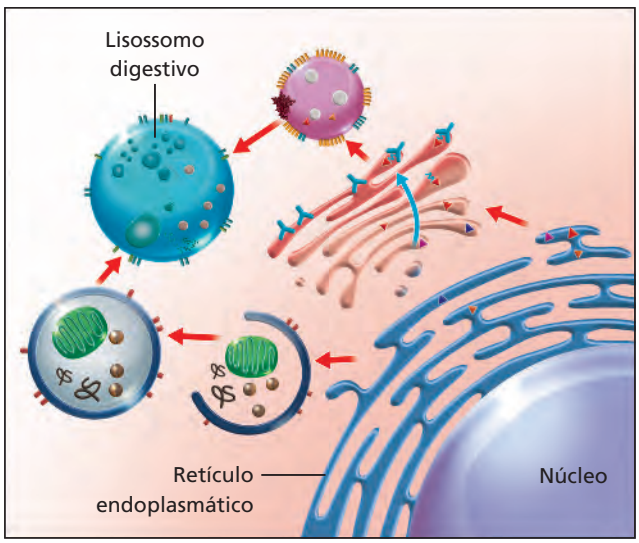
b. na célula inicial, há dois centrossomos e outras estruturas citoplasmáticas: um dos centrossomos origina o flagelo, e o lisossomo origina o acrossomo, rico em enzimas digestivas importantes na fecundação.

c. no espermatozoide, o flagelo deriva do centríolo da célula inicial, e o acrossomo deriva do retículo endoplasmático granuloso da célula inicial e armazena enzimas utilizadas na fecundação.

d. no espermatozoide, o flagelo deriva do centrossomo da célula inicial, e o complexo golgiense deriva do lisossomo da célula inicial e armazena enzimas digestivas utilizadas na fecundação.

e. apesar de a célula inicial se modificar muito, somente seu centríolo é alterado, originando o flagelo usado no deslocamento.

2. (Unicamp-SP) Os lisossomos são organelas centrais que desempenham funções importantes para a homeostase celular. Indique a alternativa que descreve corretamente a função dos lisossomos representada na figura a seguir. 2. Alternativa **c**.



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

a. Heterofagia por pinocitose, o que permite à célula degradar fragmentos de microrganismos, fragmentos esses importantes na apresentação de antígenos.

b. Autofagia, que permite à célula empacotar, modificar e exportar proteínas sinalizadas no lúmen de cisternas do retículo endoplasmático.

c. Autofagia, que permite à célula eliminar porções envelhecidas ou danificadas do citoplasma, incluindo organelas e moléculas.

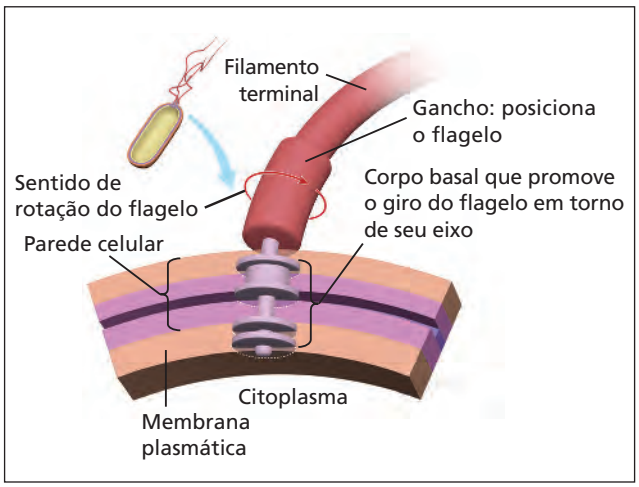
d. Heterofagia por fagocitose, o que permite à célula capturar macromoléculas, utilizando-as nas diferentes vias biossintéticas.

3. (UFJF-MG) O pâncreas é uma glândula mista, cujos componentes celulares elaboram diferentes produtos de secreção. Um exemplo é a produção das enzimas digestivas, que fazem parte do chamado suco pancreático, importantes para a digestão das proteínas do bolo alimentar. Sabendo que as células do pâncreas secretam este tipo de secreção proteica, responda:

a. O que é exocitose?

b. Quais são as 2 (duas) organelas celulares envolvidas na síntese e modificação das proteínas de exportação?

4. Algumas bactérias podem apresentar flagelo, como ilustrado na figura a seguir. Analise-a, descreva como é o flagelo e explique como é seu movimento. Esses flagelos podem ser considerados estruturas análogas ou homólogas dos flagelos dos eucariontes? Explique.



ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em MADIGAN, M. T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

Representação do flagelo de uma bactéria. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

5. Compare uma célula procariótica com uma eucariótica com relação à síntese de proteínas. Em que se assemelham e em que se diferenciam?

6. Explique quais são as vantagens para as células de a digestão intracelular ocorrer no interior de vacúolos.

7. O hormônio proteico insulina é sintetizado em células endócrinas do pâncreas e atua na redução dos níveis de glicose no sangue. Descreva a sequência da síntese desse hormônio desde a entrada de aminoácidos na célula até sua liberação no sangue.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

8. Leia as afirmativas a seguir e escreva em seu caderno quais delas são verdadeiras e quais são falsas, justificando sua resposta.

I. A organização do nucléolo independe dos cromossomos presentes no núcleo.

II. O nucléolo é uma região de intensa síntese de RNA ribossômico.

III. No nucléolo, as moléculas de RNA ribossômico associam-se a proteínas, formando as subunidades que comporão os ribossomos.

9. Analise as seguintes informações.

Na medula óssea vermelha formam-se os eritroblastos, que perdem o núcleo originando reticulócitos, em que há intensa síntese de hemoglobina. No sangue, sempre há pequena porcentagem de reticulócitos. Estes transformam-se em hemácias, importantes no transporte de gás oxigênio, onde não há mais síntese de hemoglobina. Algumas drogas, como a eritropoietina (EPO), são indicadas para o tratamento de doenças associadas a problemas com a medula, estimulando a produção de hemácias. Atualmente, a contagem de reticulócitos é empregada em exames *antidoping* nos esportes para investigar o uso irregular e proibido dessas substâncias nesses casos, pois o objetivo seria apenas proporcionar melhor desempenho nas competições. Há riscos à saúde, como hipertensão, tromboses, acidentes vasculares cerebrais (AVCs) e infartos. Nesses exames de sangue, usam-se corantes com afinidade por ácidos nucleicos.

Agora, responda:

a. Por meio de qual processo os eritroblastos perdem o núcleo, originando reticulócitos?

b. Qual dos tipos de ácido nucleico é evidenciado nos reticulócitos? Explique.

c. Que processo explica a transformação final dos reticulócitos em hemácias e que se relaciona com a interrupção do processo de síntese de hemoglobina?

d. Explique a relação entre a contagem de reticulócitos no sangue nos exames esportivos *antidoping* e o uso de drogas como a EPO.

e. Qual é a relação entre o uso de drogas como EPO em atletas e o aumento do rendimento nos esportes?

10. As células, sejam procarióticas, sejam eucarióticas, funcionam como um todo integrado, apesar de cada uma de suas partes e de suas estruturas terem determinadas funções. Para a realização dessas funções, há necessidade de energia. Qual organela celular está relacionada com o principal processo de fornecimento de energia para as células eucarióticas? Se os procariontes não apresentam organelas, onde esse processo ocorre nesses organismos?

11. Os cloroplastos são organelas que realizam fotossíntese. As bactérias não apresentam organelas, mas há bactérias que realizam fotossíntese. Como isso é possível?

12. Um dos experimentos históricos que permitiram iniciar a compreensão da função do núcleo foi realizado com amebas, no final do século XIX, pelo cientista francês Eduard Girard Balbiani (1825-1899). Ele cortou a célula de várias amebas, de modo que parte de cada célula ficasse com núcleo e parte sem núcleo, e as manteve em meios de cultura. Balbiani verificou que a parte com o núcleo crescia e se dividia, ao passo que a parte sem o núcleo vivia por curto período, não crescia e morria sem se dividir.

Com base nesses experimentos e no que se sabe hoje a respeito do núcleo, responda:

a. A qual conclusão esses experimentos permitiram chegar a respeito da função do núcleo?

b. Como se explicaria hoje o motivo de a célula sem núcleo não crescer mais, durar por pouco tempo e depois morrer?

13. (UFF-RJ) Um aluno em sua casa, estudando eletromicrografias de diferentes células, recortou o núcleo de duas células para posterior montagem em seu colégio. O núcleo de uma destas células apresentava muita eucromatina e nucléolo bem desenvolvido e o da outra, muita heterocromatina. No dia seguinte, em sala de aula, o aluno percebeu que os citoplasmas destas duas células também eram diferentes: um apresentava grande quantidade de organelas e o outro, poucas. O aluno, então, sentiu dificuldade em executar a montagem porque não foi capaz de associar, com precisão, cada núcleo ao respectivo citoplasma. Tendo em vista as informações dadas, explique como devem ser montadas estas duas células. Justifique sua resposta, levando em consideração a atividade metabólica destas células.

14. Em um grupo de 5 integrantes, montem um modelo tridimensional de célula vista em corte, evidenciando detalhes de suas estruturas internas. O modelo deve ser capaz de auxiliar o estudo das células por todos os estudantes, com ou sem deficiência visual. Para a elaboração do modelo, vocês podem dividir as tarefas e as partes da célula que estarão presentes no modelo, definindo o material utilizado e como representar cada componente celular. Vocês podem buscar imagens de células e seus componentes neste capítulo e no anterior e em outras fontes confiáveis.

Após a finalização dos projetos, apresentem o modelo construído para os demais colegas, explicando o tipo de célula representado, as estruturas celulares presentes e a(s) função(ões) delas. Analisem, em grupo, a eventual necessidade de aprimoramento do modelo, incluindo a necessidade de ajustes para melhorar a acessibilidade.

Depois da apresentação e análise dos modelos, respondam:

a. Quais as vantagens dos modelos tridimensionais de células, quando comparados com os bidimensionais, em relação à compreensão das estruturas celulares? Qual é o papel dos modelos científicos e das tecnologias na educação?

b. Qual é a importância dos modelos na Ciência?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 7

Metabolismo energético



CESAR DINIZ/PULSAR IMAGENS

A arara-azul-grande (*Anodorhynchus hyacinthinus*), maior espécie de arara do mundo, com cerca de 1 m de comprimento, teve redução drástica de suas populações, principalmente, por causa da caça e do comércio ilegais e da degradação de seu *habitat* por queimadas e desmatamento. Desde 1990, a bióloga Neiva Guedes coordena o Projeto Arara Azul, que tem obtido êxito na conservação da espécie, embora ainda seja considerada vulnerável à extinção pela União Internacional para Conservação da Natureza.

Este exemplo ilustra a importância da Ciência para a conservação da biodiversidade, uma das premissas fundamentais do desenvolvimento sustentável. Conhecer os hábitos das espécies permite delinear medidas eficazes de manejo e conservação. A arara-azul-grande alimenta-se de frutos de palmeiras e participa da dispersão de suas sementes, colaborando para a manutenção dos ambientes florestais. As palmeiras, sendo autótrofas, produzem os próprios alimentos por meio da fotossíntese a partir de água, gás carbônico e energia da luz; nesse processo, elas transformam energia luminosa em energia química, que é armazenada em moléculas orgânicas. Parte dessas moléculas é utilizada pelas palmeiras na respiração celular aeróbia, liberando a energia armazenada que pode ser então utilizada nas funções do organismo; outra parte passa a constituir o corpo dessas plantas e pode servir de alimento para herbívoros, como as araras, que, por sua vez, podem ser fonte de alimento para carnívoros. Desse modo, a energia flui ao longo da cadeia alimentar.

Vida e energia estão interligadas. As reações bioquímicas celulares que têm como função primária a realização de transferências envolvendo matéria e energia correspondem ao metabolismo energético, tema deste capítulo.

Reações químicas e energia

Para melhor compreender o metabolismo energético, alguns conceitos de Química são aqui apresentados na medida necessária para nossa discussão.

Entre os processos de síntese de matéria orgânica a partir de substâncias simples, temos a fotossíntese oxigênica, a fotossíntese anoxigênica e a quimiossíntese. Já entre os processos de liberação da energia armazenada em moléculas orgânicas, temos a respiração celular aeróbia, a respiração celular anaeróbia e a fermentação. Esses processos ocorrem por meio de inúmeras reações químicas celulares.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Há reações químicas em que os reagentes apresentam mais energia química acumulada que os produtos, e parte dessa energia é liberada na forma de calor. Essas reações são chamadas **exergônicas** (do grego, *eks* = fora; *érgon* = energia) ou **exotérmicas**. Em outras, os reagentes têm menos energia química acumulada do que os produtos e há necessidade da incorporação de energia para ocorrerem; isso caracteriza as reações **endergônicas** (do grego, *éndon* = dentro) ou **endotérmicas**.

Essas noções aplicadas a reações individuais podem ser estendidas a processos que envolvem várias reações. Desse modo, o conjunto de reações que ocorre durante a fotossíntese e a quimiossíntese pode ser considerado endergônico, e o conjunto de reações envolvido na respiração e na fermentação, exergônico.

Muitas reações químicas na natureza não são espontâneas, ou seja, os reagentes podem estar em contato, mas não reagem sem uma fonte de energia; a energia necessária para que a reação ocorra é chamada **energia de ativação**. Uma das maneiras de viabilizar a ocorrência de uma reação não espontânea é fornecer energia aumentando a temperatura, pois isso promove maior agitação das moléculas dos reagentes, elevando as chances de elas se chocarem com energia suficiente para provocar a reação química entre elas. Outra maneira é reduzir a energia de ativação necessária com o uso de enzimas, o que aumenta a velocidade das reações, uma vez que, mesmo sem elevar a temperatura, um número maior de reagentes passa a atingir a energia necessária para reagir.

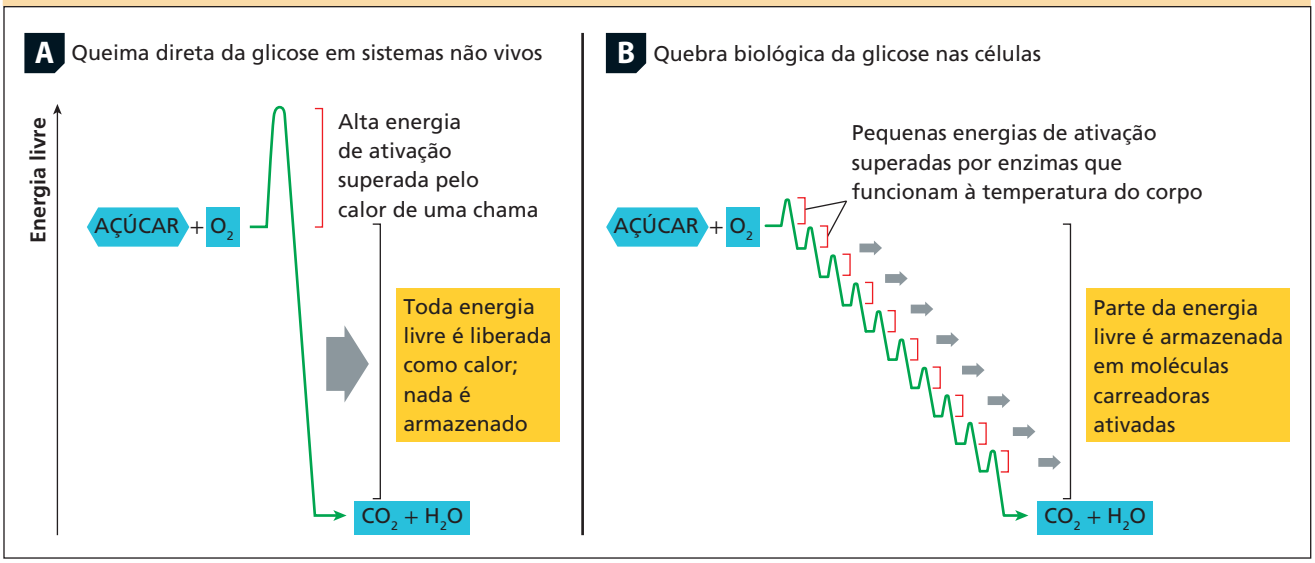
No corpo dos seres vivos, as reações químicas não são espontâneas e, para ocorrerem, precisam de energia. Essa energia, porém, não pode decorrer do aumento da temperatura, pois isso poderia levar à desnaturação proteica e à morte. O que ocorre nos sistemas vivos, portanto, é a redução da energia de ativação por meio da ação de enzimas.

Uma vez iniciada a reação, ao longo do processo e até se formarem os produtos, há liberação de energia, no caso das reações exergônicas, ou incorporação de energia, no caso das reações endergônicas. No corpo dos seres vivos, no entanto, a liberação da energia não pode ser feita toda de uma vez, ela deve ser gradual. Vamos comparar, por exemplo, a combustão não biológica da glicose (que não ocorre nas células) com a quebra biológica da glicose (que ocorre nas células durante a respiração celular).

Na combustão não biológica, ou seja, na queima direta da glicose, a alta energia de ativação é fornecida pelo calor de uma chama, e toda a energia é liberada rapidamente na forma de calor. A liberação é tão intensa que, se essa energia estivesse em uma célula, ela seria destruída. Já a quebra biológica da glicose ocorre em etapas e a energia armazenada nas ligações químicas é liberada de modo gradativo. Em cada etapa, há enzimas que reduzem a energia de ativação e atuam à temperatura do corpo. A energia liberada ao longo das etapas é empregada, em grande parte, na síntese de moléculas de ATP (adenosina trifosfato), sendo uma pequena parcela liberada na forma de calor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Quebra da glicose



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

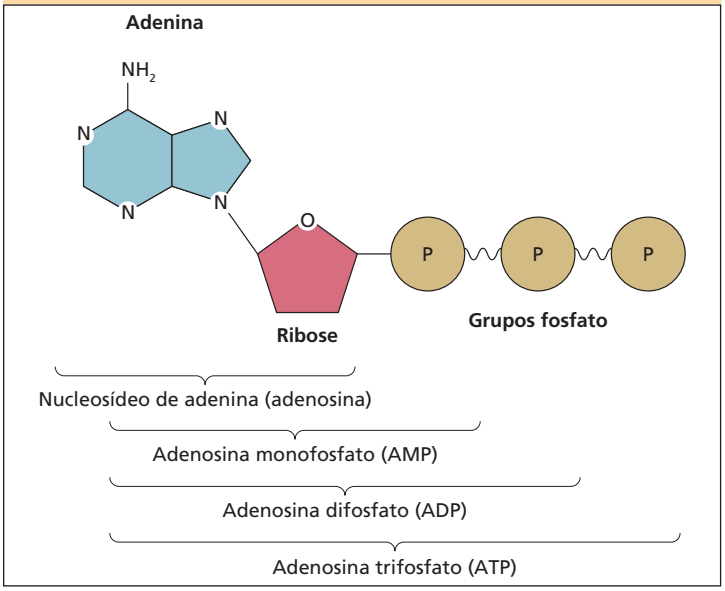
Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Fundamentos da Biologia Celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Comparação entre a queima direta da glicose em sistemas não vivos **(A)** e a quebra biológica da glicose nas células em etapas controladas **(B)**. O total de energia livre liberado é exatamente o mesmo na figura **(A)** e na figura **(B)**.

O ATP funciona como uma reserva de energia para uso imediato no interior das células. Trata-se de um nucleotídeo composto de uma molécula da base nitrogenada adenina, uma molécula do açúcar ribose e três grupos fosfato ligados em cadeia. Quando as ligações entre grupos fosfato são quebradas por hidrólise, os produtos da reação química apresentam conteúdo de energia livre muito menor do que os reagentes. A energia liberada fica, então, disponível para as reações endergônicas. Geralmente apenas uma das ligações entre grupos fosfato é quebrada, formando ADP (adenosina difosfato) e um fosfato inorgânico (P_i).

Nas células, as reações exergônicas e endergônicas ocorrem de modo acoplado, com as moléculas de ATP e ADP se alternando entre elas. Isso propicia melhor aproveitamento da energia liberada nas reações exergônicas e empregada nas reações endergônicas. Esse mecanismo é conhecido como **acoplamento de reações**.

Molécula de ATP



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de uma molécula de ATP. As ligações entre grupos fosfato estão representadas por linhas onduladas (∧).

Reações de oxirredução e transportadores de elétrons

As reações químicas que envolvem transferência de elétrons são conhecidas como reações de **oxirredução** (ou **redox**). O reagente que perde elétrons fica oxidado e o que recebe elétrons fica reduzido. Podemos dizer que a oxidação libera energia, ao passo que a redução incorpora energia.

Em reações biológicas, durante os processos de síntese e degradação de substâncias orgânicas nas células, ocorrem muitas reações químicas com alto nível de energia que envolvem transferência de elétrons e de átomos de hidrogênio. Eles são captados por **transportadores de elétrons**, cujas formas oxidadas (com menor energia) são representadas por **NAD**$^+$ (**n**icotinamida-**a**denina-**d**inucleotídeo), **NADP**$^+$ (**P** = grupo fosfato) e **FAD** (**f**lavina-**a**denina-**d**inucleotídeo). Eles são nucleotídeos associados às vitaminas nicotinamida ou riboflavina. Ao receberem elétrons e hidrogênios, NAD^+, $NADP^+$ e FAD ficam reduzidos, convertendo-se em NADH, NADPH e $FADH_2$, respectivamente. Logo, essas formas reduzidas têm mais energia do que suas correspondentes formas oxidadas e atuam como fornecedoras de energia em determinadas reações químicas.

O NAD^+ e o $NADP^+$ são substâncias semelhantes, mas atuam em processos distintos: o NAD^+ atua na fermentação e na respiração celular; e o $NADP^+$ atua na fotossíntese. O FAD se restringe a algumas etapas da respiração.

NAD^+ (forma oxidada) ⇌ NADH (forma reduzida)
$NADP^+$ (forma oxidada) ⇌ NADPH (forma reduzida)
FAD (forma oxidada) ⇌ $FADH_2$ (forma reduzida)

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Explique o que é "metabolismo energético" e informe a função primária dos processos que ele envolve. Exemplifique sua definição com base na quebra biológica da glicose.
2. Compare o papel do ATP com o dos transportadores de elétrons no metabolismo energético.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fotossíntese

Antes de analisarmos a fotossíntese mais detalhadamente, realize, em grupo, o experimento a seguir.

Sugerimos que esta atividade seja desenvolvida em grupos de cerca de cinco estudantes.

Registre em seu caderno

NA PRÁTICA Fatores ambientais e fotossíntese

A ocorrência da fotossíntese depende de fatores intrínsecos dos seres clorofilados e de fatores externos ou ambientais, que podem afetar o processo. Nesta atividade, vamos testar a hipótese de que, mesmo tendo disponível água e gás carbônico no meio, se não houver luz, a fotossíntese não ocorre.

MATERIAIS

- 2 ramos do mesmo tamanho de elódea (planta que vive em água doce e pode ser encontrada em lojas de aquarismo)
- 2 cubas altas e iguais de vidro transparente (ou dois béqueres), de volume de 1 L
- 2 funis de vidro com haste curta e com altura menor que a da cuba
- 2 tubos de ensaio que encaixem a haste do funil e sejam bem mais longos que ela
- 30 g de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$)
- 1 jarra com pouco mais de 2 L de água
- 1 colher
- 1 caixa de papelão para cobrir uma das cubas
- 1 luminária com lâmpada de LED de 15 W

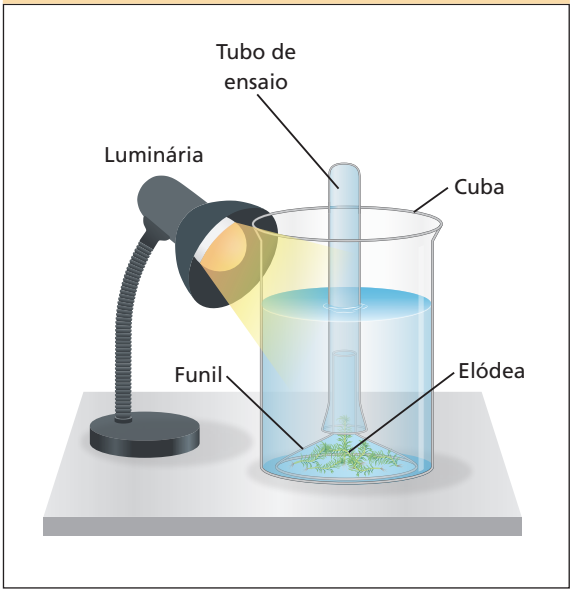
PROCEDIMENTO

- Acomode os ramos de elódea dentro de cada funil e insira as montagens nas cubas, com a abertura maior dos funis posicionada no fundo. Atente para que as plantas fiquem totalmente dentro dos funis.
- Separadamente, adicione os 30 g de bicarbonato de sódio na jarra com água e mexa com a colher. Analise a equação química mostrando o que acontece com essa substância quando dissolvida em meio aquoso:

  $2\ NaHCO_3(aq) \rightarrow Na_2CO_3(aq) + CO_2(g) + H_2O(\ell)$

  O uso do bicarbonato de sódio permite que o experimento transcorra mais rapidamente.
- Adicione a mesma quantidade da solução aquosa da jarra em cada uma das cubas. Como a solução vai entrar nos funis, cuide para que eles fiquem totalmente imersos na água. Deve sobrar um pouco da solução na jarra, que será usado para encher os tubos de ensaio.
- Com o restante do líquido da jarra, encha cada um dos tubos de ensaio até a capacidade máxima; tome cuidado para que não se formem bolhas de ar no interior deles.
- Tape com o dedo a abertura de um tubo de ensaio e vire-o dentro do líquido de uma das cubas. Então remova o dedo da abertura e acomode o tubo na haste do funil, sem deixar entrar ar. Repita o procedimento com o segundo tubo de ensaio na outra montagem.
- Uma vez prontas as duas montagens idênticas, deixe uma delas exposta à luz da luminária (unidade controle) e a outra no mesmo local, porém coberta com a caixa de papelão para bloquear a passagem da luz (unidade experimental). Assim, a variável avaliada será a luz.
- Mantenha as duas montagens por cerca de 30 minutos e então remova a caixa de papelão. Descreva os resultados observados em cada montagem.

Montagem da unidade controle



LUIZ RUBIO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação da montagem da unidade controle do experimento. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Comparando os resultados obtidos em cada montagem, o que pode ser concluído?
2. O experimento permitiu testar a hipótese de que a luz é importante para a fotossíntese? A hipótese foi corroborada ou refutada? Explique.
3. Apoiando-se nos resultados do experimento, no que você já sabe sobre fotossíntese e na equação geral desse processo (apresentada a seguir), responda.

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

   a. É possível associar as alterações observadas a um componente da equação da fotossíntese. Identifique-o e justifique sua escolha.
   b. Na descrição do procedimento da atividade, é informado que a dissolução de bicarbonato de sódio na água visa acelerar a realização do experimento. Reflita sobre esse fenômeno e formule uma hipótese para explicá-lo. Em seguida, proponha um experimento para testar a hipótese com base no que foi feito até aqui.

A radiação solar inclui ampla gama de comprimentos de onda, que vão desde os muito longos até os muito curtos, formando o **espectro eletromagnético**. Desse espectro, o olho humano consegue perceber um pequeno intervalo, que vai de 380 a 780 nanômetros (nm), chamado **espectro eletromagnético da luz visível** ou luz branca. Quando a luz é decomposta, os comprimentos de onda podem ser percebidos como cores pelos nossos olhos, como acontece no arco-íris, havendo uma ordem crescente de comprimentos de onda correspondentes às luzes violeta, anil (ou índigo), azul, verde, amarela, laranja e vermelha.

Como os pigmentos absorvem determinados comprimentos de onda e refletem os demais, a cor deles depende dos comprimentos de onda refletidos. Portanto, para cada pigmento há um **espectro de absorção de luz** típico.

Na fotossíntese, os principais pigmentos responsáveis por captar a luz são as clorofilas, que são verdes. Há vários tipos de clorofila, que diferem ligeiramente em suas moléculas e nos comprimentos de onda que absorvem.

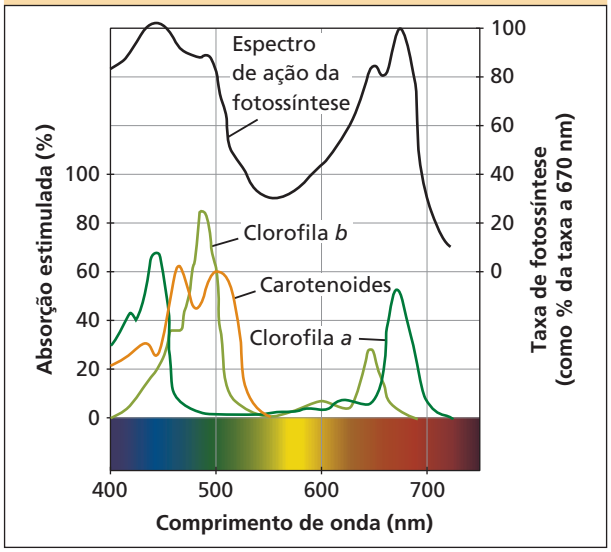
A clorofila *a* é a mais abundante na natureza, ocorrendo em todos os fotossintetizantes eucariontes e nas cianobactérias, o que é mais uma evidência que reforça a hipótese da simbiogênese em relação à origem evolutiva dos cloroplastos. Esse tipo de clorofila é essencial para que ocorra a fotossíntese com liberação de gás oxigênio, por isso chamada **fotossíntese oxigênica**. Nas plantas, além da clorofila *a*, há a clorofila *b* e pigmentos carotenoides (carotenos e xantofilas).

A importância dos comprimentos de onda da luz na fotossíntese pode ser estimada avaliando-se as taxas de fotossíntese, que são medidas pela quantidade de gás oxigênio liberado ao expor as plantas a cada intervalo de comprimento de onda. Com isso, obtém-se o gráfico do **espectro de ação da luz na fotossíntese**.

Pela análise do gráfico, pode-se notar que a fotossíntese é mais intensa nos comprimentos de onda das luzes violeta-azul e vermelha, que correspondem, em especial, ao espectro de absorção da clorofila *a*. Esse é o pigmento fundamental da fotossíntese, sendo a clorofila *b* e os carotenoides considerados pigmentos acessórios, pois ampliam o espectro de absorção e transferem a energia para a clorofila *a*.

Há também bactérias que realizam um tipo de fotossíntese em que não ocorre liberação de gás oxigênio, chamada

Gráfico do espectro de ação da luz na fotossíntese e de absorção da luz pelos pigmentos fotossintetizantes



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Espectro de ação da fotossíntese associado ao espectro de absorção da luz pelos pigmentos fotossintetizantes clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

fotossíntese anoxigênica (*a* = prefixo de negação). São exemplificadas pelas bactérias purpúreas, que contêm o pigmento bacterioclorofila, cujo espectro de absorção se dá principalmente nas regiões do infravermelho e do vermelho longo do espectro eletromagnético.

Nos primórdios da vida na Terra, quando o ambiente ainda não tinha gás oxigênio, havia grande quantidade de substâncias como o gás hidrogênio (H_2) e o gás sulfídrico (H_2S) ou íons ferrosos, que podem ter sido empregados como doadores de elétrons no lugar da água.

Vamos focar nosso estudo na fotossíntese oxigênica, considerando como exemplo a que ocorre nos cloroplastos das plantas terrestres.

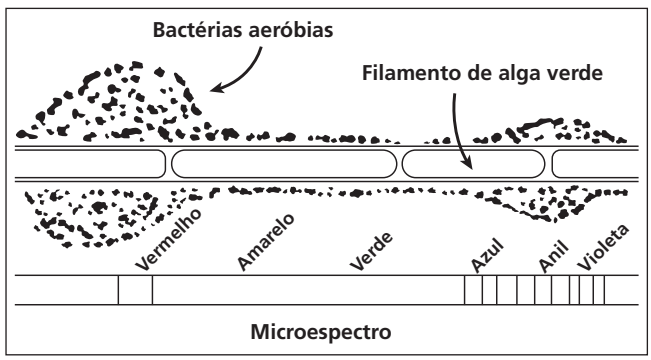
Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

3. Explique o que acontece com a atividade fotossintética quando se expõem as plantas somente à luz na faixa do espectro correspondente à luz verde. Se essa condição é mantida por um tempo mais longo, o que acontece com as plantas?

4. (Enem) Em uma aula sobre metabolismo energético, foi apresentado um experimento clássico realizado por Engelmann. Um recipiente contendo bactérias aeróbias e uma alga verde filamentosa foi submetido à iluminação de uma fonte de luz, representada pelo microespectro. Após a explicação, um aluno esquematizou na lousa o resultado do referido experimento.



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Considerando a figura, a faixa do microespectro em que a alga possui maior taxa de realização fotossintética é a do: 4. Alternativa **e**.

a. anil.
b. verde.
c. violeta.
d. amarelo.
e. vermelho.

5. Construa um argumento que dê suporte à hipótese proposta por cientistas de que a fotossíntese oxigênica surgiu depois da anoxigênica ao longo da evolução da vida.

De onde vem o gás oxigênio na fotossíntese?

No passado, pesquisadores pensavam que a reação primária da fotossíntese envolvesse a quebra da molécula de gás carbônico (CO_2) pela luz, produzindo gás oxigênio (O_2) e carbono (C). Acreditava-se também que o carbono seria usado na síntese de carboidratos em uma reação com a água.

Em 1929, o microbiologista alemão Cornelius van Niel (1897-1985), ao estudar a fotossíntese realizada por bactérias sulfurosas purpúreas, notou que elas produziam carboidrato, mas não liberavam gás oxigênio. No lugar da água, elas utilizavam sulfeto de hidrogênio (H_2S) e produziam enxofre (S), que ficava acumulado como grânulos nas células. Niel elaborou, então, a fórmula geral da fotossíntese realizada por essas bactérias, que é anoxigênica:

$$CO_2 + 2\,H_2S \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} [CH_2O] + 2\,S + H_2O$$

Com base na compreensão desse tipo de fotossíntese, Niel propôs a **equação geral da fotossíntese**:

$$CO_2 + 2\,H_2A \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} [CH_2O] + 2\,A + H_2O$$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Nessa equação, o composto H_2A pode ser a água (H_2O) ou o sulfeto de hidrogênio (H_2S). Se for a água, ela será a fonte de gás oxigênio; se for o sulfeto, ele será a fonte do enxofre (S) liberado. De acordo com essa explicação, o gás oxigênio produzido na fotossíntese provém da quebra da molécula de água, e não da molécula de CO_2 como se pensava anteriormente.

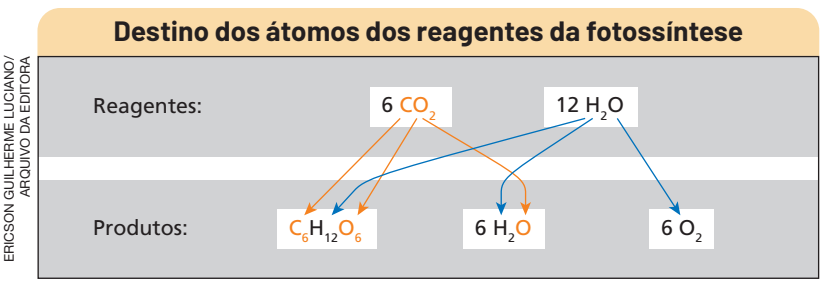
O glicídio formado de imediato na fotossíntese é um monossacarídeo de três átomos de carbono ($C_3H_6O_3$, uma triose), que, em seguida, dá origem a outros glicídios, como a glicose ($C_6H_{12}O_6$), a sacarose e o amido, além de outras moléculas orgânicas. A glicose é formada pela união de duas dessas trioses, de modo que, na equação química que representa o processo geral da fotossíntese, é frequente encontrar a glicose como produto:

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

Em 1937, o bioquímico britânico Robert Hill (1899-1991) realizou experimentos com cloroplastos isolados, tendo verificado que, ao serem expostos à luz e supridos com um receptor artificial de elétrons, eram capazes de produzir O_2 na ausência de CO_2. Esse fenômeno ficou conhecido como **reação de Hill** e deu suporte à proposta de Cornelis van Niel sobre a origem do gás oxigênio liberado na fotossíntese.

Mais tarde, em 1941, os pesquisadores Samuel Ruben (1913-1943), estadunidense, e Martin Kamen (1913–2002), canadense, realizaram experimentos fornecendo às plantas água com oxigênio marcado, O^{18}, em substituição ao O^{16}, que é o oxigênio da água comum. Eles verificaram que o gás oxigênio formado era composto de O^{18}, corroborando que o gás oxigênio liberado na fotossíntese provém da água, o que é aceito até hoje.

Um resumo dos destinos dos átomos dos reagentes envolvidos na fotossíntese está esquematizado a seguir.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ ARQUIVO DA EDITORA

Representação do destino dos átomos dos reagentes da fotossíntese oxigênica – gás carbônico e água – em relação aos produtos resultantes no processo – glicídio, água e gás oxigênio.

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Note que o carbono do gás carbônico é fixado em moléculas de glicídio, ao passo que o átomo de oxigênio da água dá origem ao gás oxigênio, que é liberado da célula ou pode ser utilizado na respiração celular aeróbia do próprio organismo fotossintetizante.

As etapas da fotossíntese

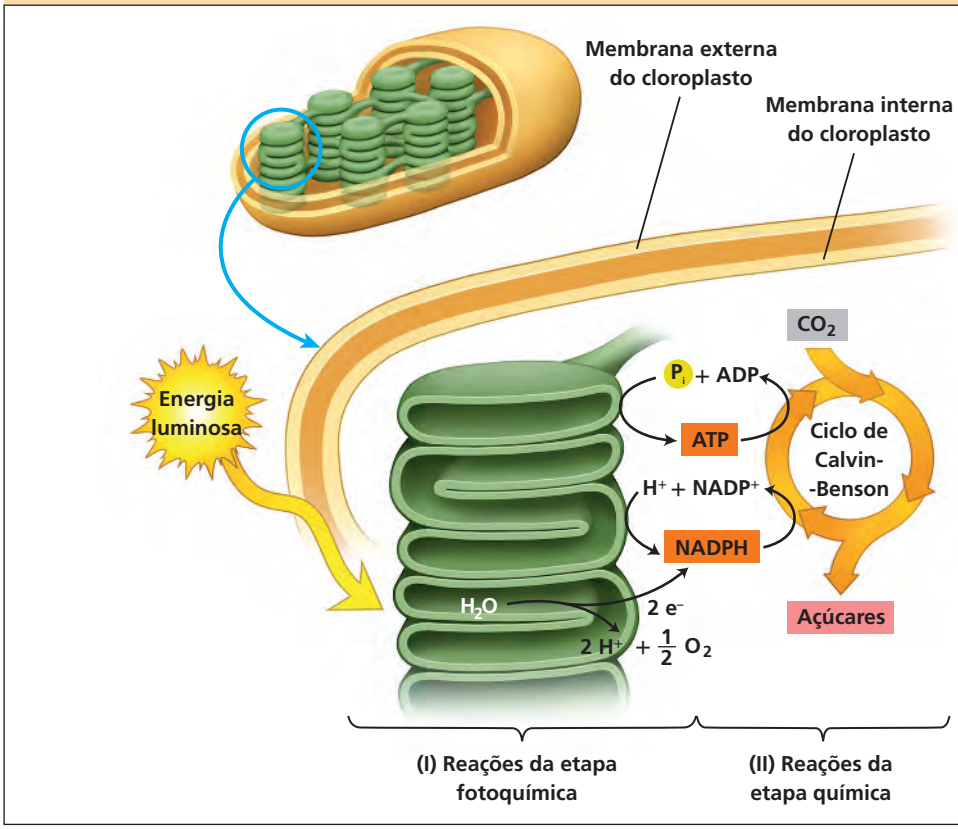
As diversas reações químicas que ocorrem na fotossíntese são agrupadas em duas etapas interligadas: a fotoquímica e a química.

A **etapa fotoquímica**, ou dependente da luz, ocorre nos tilacoides do cloroplasto. Ela abrange dois processos: a **fotólise da água**, em que a energia luminosa é empregada na quebra da molécula de água, gerando prótons (H^+) e gás oxigênio e liberando elétrons; e a **fotofosforilação**, em que há adição de fosfato inorgânico (P_i) ao ADP, formando ATP, e formação de NAPH.

A **etapa química**, ou fixadora de carbono, ocorre no estroma do cloroplasto sem a participação direta da luz, por meio das reações complexas do **ciclo de Calvin-Benson**, elucidado na década de 1940 pelo bioquímico Melvin Calvin (1911-1997) e pelo biólogo Andrew Benson (1917-2015). Nesse ciclo, além do gás carbônico, há a participação de ATP e de elétrons e prótons das moléculas de NADPH produzidas na etapa fotoquímica e ocorre a formação de glicose e outros glicídios, aminoácidos e ácidos graxos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Etapas da fotossíntese



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

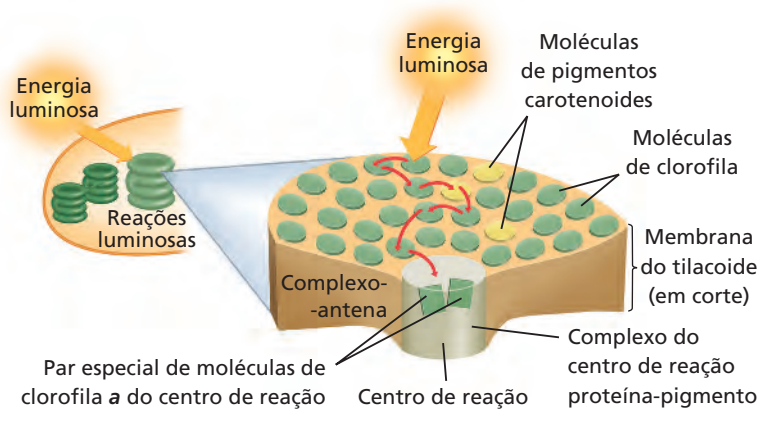
Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação das etapas da fotossíntese. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Vamos analisar, com um pouco mais de detalhes, apenas a etapa fotoquímica. Carotenoides e clorofilas *a* e *b* estão reunidos em dois **fotossistemas** (**I** e **II**) localizados nas membranas dos tilacoides. Cada fotossistema tem dois componentes: o **complexo-antena** e o **centro de reação**. No complexo-antena, ficam as clorofilas e os carotenoides que captam a energia e a transferem para o centro de reação, onde há um par especial de clorofilas *a* associado a proteínas. É esse par que é capaz de utilizar a energia da luz na fotossíntese.

Os dois fotossistemas diferem quanto ao pico ótimo de absorção da luz das clorofilas *a* do centro de reação: no fotossistema I, o pico ocorre em 700 nm; e, no fotossistema II, o pico ocorre em 680 nm. Por isso, fala-se em clorofilas P_{700} e P_{680}, respectivamente.

Complexo-antena e centro de reação



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

À esquerda, representação de setor de um cloroplasto, com destaque para os tilacoides. À direita, representação da estrutura de um fotossistema em corte, mostrando o arranjo do complexo-antena e do centro de reação na membrana do tilacoide. As setas vermelhas indicam a transferência de energia entre moléculas de pigmento. (Imagens sem escalas; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O fotossistema I pode atuar de modo independente do fotossistema II em um processo chamado **fotofosforilação cíclica** ou pode atuar em conjunto com o fotossistema II em dois processos: **fotofosforilação acíclica** e fotólise da água.

Na fotofosforilação cíclica, os elétrons excitados passam das clorofilas P_{700} do fotossistema I para uma cadeia de transporte na membrana do tilacoide e retornam para as clorofilas do próprio fotossistema. Durante esse percurso, os elétrons liberam energia que vai promover a síntese de ATP.

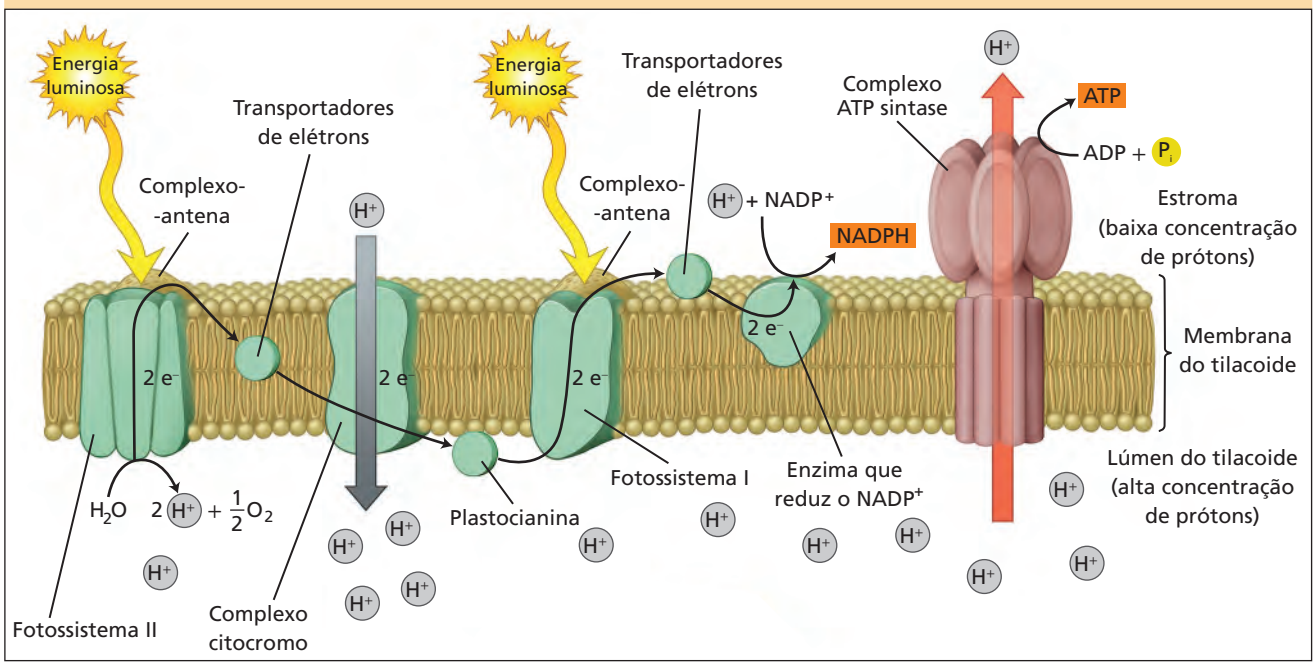
Na fotofosforilação acíclica, como o próprio nome indica, os elétrons que saem das clorofilas de cada fotossistema não retornam para o mesmo fotossistema. A luz promove a excitação das clorofilas P_{680} do fotossistema II e P_{700} do fotossistema I, que liberam elétrons, ficando oxidadas. Os elétrons que saem do fotossistema II são recebidos inicialmente por um receptor primário e então passam por uma cadeia transportadora de elétrons até chegarem às clorofilas P_{700} do fotossistema I, repondo os elétrons que elas perderam pela excitação da luz. Já os elétrons das clorofilas P_{680} do fotossistema II são repostos pelos elétrons liberados na fotólise da água.

No trajeto dos elétrons entre os dois fotossistemas, a energia liberada é usada no processo de síntese de ATP. No fotossistema I, por sua vez, os elétrons excitados pela luz saem das moléculas de clorofila e, depois de serem transportados, são transferidos para os $NADP^+$, que, com os prótons (H^+) do estroma, formam NADPH.

Em cada passo do transporte de elétrons excitados ao longo da cadeia transportadora na membrana dos tilacoides, há liberação de energia. Essa energia é empregada no bombeamento de prótons (H^+), presentes no estroma do cloroplasto, para o lúmen dos tilacoides. O bombeamento é feito principalmente pelo **complexo citocromo** e promove aumento da concentração de prótons (H^+) no lúmen dos tilacoides, gerando uma diferença de concentração entre os dois lados da membrana. Isso faz com que a energia fique armazenada (energia potencial eletroquímica), podendo vir a ser transformada em trabalho. Como a fotólise da água ocorre no lúmen do tilacoide, ela também contribui com prótons para a geração desse potencial eletroquímico.

De acordo com o princípio geral da difusão, há uma tendência de os solutos se moverem do local onde estão mais concentrados para onde estão menos concentrados, igualando suas concentrações. Sendo a bicamada fosfolipídica das membranas celulares impermeável a íons, eles não conseguem passar através dela. Há, no entanto, na membrana dos tilacoides, um complexo enzimático chamado **ATP sintase**, composto de uma região que atravessa a membrana, contendo um canal hidrofílico, e outra que se projeta para o estroma e cujas partes podem girar. Por meio do canal hidrofílico, os íons H^+ retornam do lúmen dos tilacoides para o estroma a favor de seu gradiente de concentração. O movimento dos íons H^+ faz com que o complexo ATP sintase gire, e a energia liberada no processo é usada na síntese de ATP a partir de ADP e P_i. Desse modo, a energia potencial eletroquímica do gradiente de prótons é transformada em energia cinética (giro da ATP sintase), que, por sua vez, é transformada em energia química (síntese do ATP). Esse mecanismo de formação de ATP acoplado ao bombeamento de íons H^+ e à difusão deles a favor de seu gradiente de concentração através da ATP sintase é chamado **quimiosmose**.

Quimiosmose



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação da membrana do tilacoide, mostrando a quimiosmose: cadeia transportadora de elétrons acoplada com a síntese de ATP. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Enquanto na fotofosforilação cíclica o único produto são moléculas de ATP, na acíclica, formam-se ATP e NADPH, que também são usados no ciclo de Calvin-Benson, que não detalharemos.

ATIVIDADE COMENTADA

(Enem) A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que:

a. o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.
b. os carboidratos convertem energia solar em energia química.
c. a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
d. o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
e. a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.

Analisar o enunciado

A questão exige interpretação do texto, como explicitado no trecho do enunciado "As informações [...] descritas no texto, permitem concluir que". Assim, é necessário decompô-la, a fim de depreender as informações fornecidas no texto sobre fotossíntese, respiração celular e a relação desses processos com a obtenção e a transformação de recursos naturais no presente (biomassa, que é a quantidade de matéria orgânica) e em tempos remotos (combustíveis fósseis).

Selecionar as informações relevantes

Na fotossíntese, ocorre conversão da energia solar em energia química, que, por sua vez, é utilizada na síntese de carboidratos. A energia armazenada nos carboidratos é usada por todos os organismos, incluindo os fotossintetizantes, na realização dos processos celulares dependentes de energia.

O CO_2 é liberado na atmosfera durante a respiração celular. A atividade fotossintética é responsável por boa parte da produção de recursos energéticos atuais (biomassa) e do passado remoto (combustíveis fósseis).

Analisar as alternativas

Com base nas informações do enunciado, podemos avaliar cada alternativa:

a. Embora moléculas de CO_2 e água sejam usadas na fotossíntese, a energia do processo provém do Sol; já na respiração, essas moléculas são liberadas após os organismos aproveitarem a energia armazenada nas moléculas orgânicas. Logo, o CO_2 e a água são moléculas de baixo teor energético e a alternativa está errada.

b. Na fotossíntese, "a energia solar é convertida em energia química [...] que é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos)". Portanto, primeiro ocorre a conversão de energia solar em química e, depois, o uso dessa energia para a síntese de carboidratos, sequência esta que contradiz o texto da alternativa.

c. Segundo o texto, "a fotossíntese é o único processo [...] capaz de realizar essa conversão", isto é, converter energia solar em energia química e, então, usá-la para a produção de carboidratos. Como "todos os organismos [...] aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares", conclui-se que a vida é dependente da fotossíntese e, por extensão, da energia solar.

d. O enunciado afirma claramente que "todos os organismos [...] liberam CO_2 para a atmosfera [...] por meio da respiração celular", contradizendo o texto da alternativa.

e. De acordo com o texto, a produção de biomassa e combustível fóssil resulta da atividade fotossintética e, portanto, do uso de CO_2, o que implica remoção desse gás da atmosfera, e não seu aumento (como aponta erradamente a alternativa).

Verificar a alternativa correta

Com base na análise das opções e apoiando-se nas informações do enunciado, identifica-se que a alternativa **c** é a correta. Como a fotossíntese é o único processo que permite a captação de energia solar e sua conversão em energia química utilizável pelos seres vivos, conclui-se que a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol, como bem coloca o texto da alternativa.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

6. Embora os seres humanos e muitos outros organismos não façam fotossíntese, por que a etapa fotoquímica desse processo é fundamental para a sobrevivência deles?

7. Sobre a participação do gás carbônico na fotossíntese, responda.

a. Em qual etapa da fotossíntese se dá essa participação? Em que local ela ocorre?

b. Qual é a procedência desse gás? Especifique algumas de suas possíveis origens.

OBJETO DIGITAL
Podcast: Fotossíntese, plantas transgênicas e produtividade no campo

Registre em seu caderno

EM FOCO Biocombustíveis, ambiente e sociedade

Um dos maiores problemas causados pelo uso de combustíveis fósseis é a emissão de carbono na atmosfera sob a forma de CO_2. Esse gás foi fixado por meio da fotossíntese em outros períodos geológicos da Terra e se mantinha armazenado no subsolo na forma de combustíveis fósseis. Ao serem queimados, eles liberam gás carbônico na atmosfera atual, somando-se ao teor de CO_2 já existente. Isso contribui para o aquecimento global.

Uma alternativa que vem sendo explorada, em especial no Brasil, é o uso de biocombustíveis (como o etanol), que são combustíveis derivados de plantas que assimilam, por meio da fotossíntese, o carbono presente no CO_2 da atmosfera atual. Dessa forma, a queima dos biocombustíveis apenas devolve para a atmosfera o carbono que as respectivas plantas retiraram dela durante a atividade fotossintética, o que, a princípio, não contribui para o aumento do gás carbônico atmosférico a médio e longo prazos.



RUBENS CHAVES/PULSAR IMAGENS

Canavial brasileiro voltado para a produção de etanol (Laranjeiras, SE, 2024).

Plantas com alta eficiência fotossintética (como o milho e a cana-de-açúcar) são frequentemente consideradas boas candidatas para a produção de biocombustíveis. Isso ocorre porque essas plantas podem acumular maior massa de compostos orgânicos, exigindo menor área de plantio.

No entanto, a expansão das áreas de plantio dessas plantas para aumentar a produção de biocombustíveis tem grandes custos, como desmatamento e a perda de biodiversidade.

Esse exemplo ilustra a complexidade da controvérsia ao considerar biocombustíveis como combustíveis "limpos". Embora sejam uma fonte de energia renovável que pode ajudar a reduzir as emissões de CO_2, as práticas agrícolas associadas à sua produção podem ter consequências ambientais adversas. Essas práticas têm sido aprimoradas, mas ainda há muito a ser feito.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Qual é a diferença entre o uso de combustíveis fósseis e o de biocombustíveis com relação ao aumento do teor de CO_2 na atmosfera?

2. Por que o texto afirma que a controvérsia sobre os biocombustíveis serem considerados combustíveis "limpos" é complexa?

3. A intensificação do efeito estufa tem sido responsável por mudanças drásticas e aceleradas no clima. Esse fenômeno resulta do acúmulo de gases (como o CO_2) que retêm calor na atmosfera terrestre, provocando o aquecimento global. Além disso, como o desmatamento colabora com esse processo, o reflorestamento tem sido encarado como uma das possíveis soluções. Nesse sentido, especialistas utilizam a expressão "sequestro de carbono" para justificar o reflorestamento como forma de combater o fenômeno do aquecimento global.

a. Em qual fase da fotossíntese ocorre a fixação do carbono? Descreva essa fase.

b. Por que o reflorestamento é uma forma de sequestro de carbono e de combate ao fenômeno do aquecimento global?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Quimiossíntese

A **quimiossíntese** é um processo em que a energia utilizada na formação de compostos orgânicos provém da oxidação de substâncias inorgânicas, e não da luz. No entanto, a fonte de carbono para as moléculas orgânicas é o CO_2, assim como na fotossíntese.

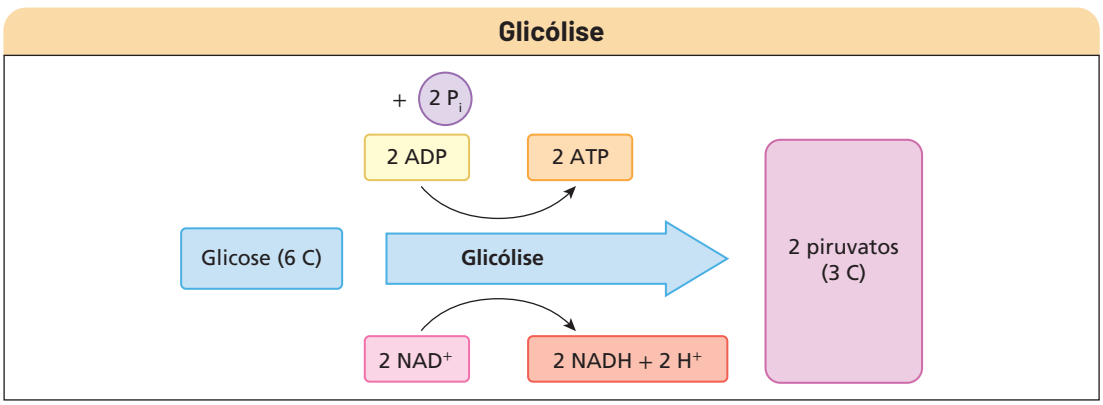
Alguns procariontes fazem quimiossíntese e cada espécie utiliza a oxidação de determinado composto inorgânico, por exemplo: sulfeto de hidrogênio (H_2S), enxofre elementar (S, empregado pelas sulfobactérias), íons amônio (NH_4^+), íons nitrito (NO_2^-, empregados pelas nitrobactérias), e íons Fe^{2+}, empregados pelas ferrobactérias.

Fermentação

A **fermentação** ocorre no citosol e é um processo de liberação de energia a partir da quebra de moléculas de glicose, sem a participação do gás oxigênio.

Inicialmente, a molécula de glicose (6 átomos de carbono) é quebrada em duas moléculas de **piruvato** (3 átomos de carbono) em um processo denominado **glicólise** (do grego, *glico* = glicídio; *lise* = quebra). Para ativar esse processo, são necessários 2 ATP para cada molécula de glicose, quando então ocorrem várias reações químicas até a produção de piruvato, havendo liberação de 4 ATP e de 2 NADH + 2 H^+.

Como são formados 4 ATP e são necessários 2 ATP para ativação inicial do processo, o saldo final da glicólise é de 2 ATP.



Representação simplificada da formação de piruvato na glicólise, indicando apenas os saldos de ATP, NADH e H^+.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

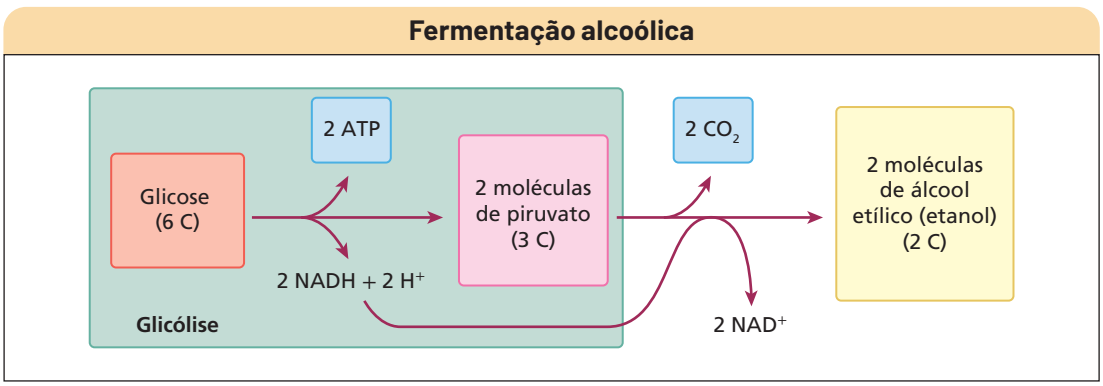
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O piruvato formado na glicólise é um composto-chave para o metabolismo celular, pois pode ser usado tanto na fermentação quanto na respiração celular.

Há vários tipos de fermentação, mas vamos abordar os mais comuns: a **alcoólica**, em que há formação de álcool etílico e CO_2, e a **lática**, em que há formação de ácido lático, mas não há formação de CO_2. Analise as equações gerais e os esquemas a seguir.

Fermentação alcoólica

$C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ P_i \rightarrow 2\ C_2H_6O + 2\ CO_2 + 2\ ATP$

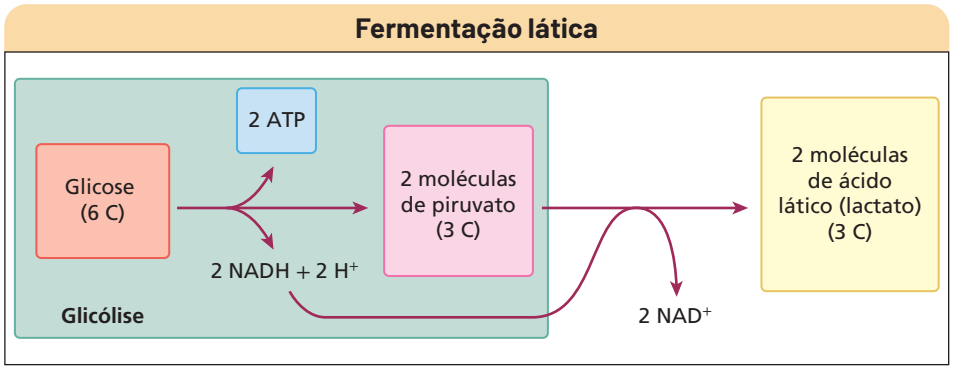


Representação simplificada da fermentação alcoólica.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fermentação lática

$C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ P_i \rightarrow 2\ C_3H_6O_3 + 2\ ATP$



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ ARQUIVO DA EDITORA

Representação simplificada da fermentação lática.

A fermentação alcoólica ocorre principalmente em leveduras (que são fungos microscópicos) e em certas bactérias. Entre as leveduras, a espécie *Saccharomyces cerevisiae* é empregada na produção de bebidas alcoólicas como a cerveja (a partir da fermentação da cevada) e o vinho (a partir da fermentação da uva) e de pão. Na produção de pão, o CO_2 produzido fica armazenado em pequenas câmaras no interior da massa, fazendo-a crescer. Com o assamento, as paredes dessas câmaras se enrijecem, mantendo sua estrutura alveolar.

A fermentação lática é realizada principalmente por algumas bactérias. Ela é utilizada na indústria alimentícia para a produção de vários alimentos, como alguns tipos de queijo, coalhadas e iogurtes. A fermentação lática ocorre também em células do tecido muscular esquelético humano, quando o exercício físico é muito intenso. Nessa condição, o teor de gás oxigênio do sangue passa a ser insuficiente para a produção de energia por respiração aeróbia, e as células desviam o metabolismo para a fermentação lática.

Fique por dentro

Fermentação

QUÍMICA volume 1 – Fermentação. EJA Mundo do Trabalho. [*S. l.*: *s. n.*], 2017. 1 vídeo (13 min). Publicado pelo canal CEEJA Luiz Carlos Romazzini. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=AvZJki41XMY. Acesso em: 8 out. 2024.

Produzido pelo Centro Estadual de Educação de Jovens e Adultos de Guarujá (CEEJA Luiz Carlos Romazzini), o vídeo aborda os processos de fermentação e sua importância para a produção de vários alimentos presentes no cotidiano.

Respiração celular: noções gerais

A **respiração celular** corresponde a processos de síntese de ATP que incluem uma etapa chamada **cadeia respiratória** ou **cadeia transportadora de elétrons**. Essa etapa ocorre associada a membranas que, nos procariontes, envolve a face interna da membrana plasmática e, nos eucariontes, a membrana interna das mitocôndrias. No final da cadeia respiratória, há os aceptores finais de elétrons; dependendo desses aceptores, a respiração celular pode ser de dois tipos:

- **respiração aeróbia**, em que o aceptor final de elétrons é o gás oxigênio; é o principal processo de liberação da energia armazenada na matéria orgânica e é o mais utilizado pela generalidade dos seres vivos (detalharemos esse tipo de respiração mais adiante);
- **respiração anaeróbia**, em que o aceptor final de elétrons é outro que não o gás oxigênio, como o sulfato (SO_4^{2-}) e o nitrato (NO_3^-). Esse processo está restrito a alguns organismos, principalmente procariontes, que vivem em ambientes anaeróbios. Um exemplo é o das **bactérias desnitrificantes** do solo, como as da espécie *Pseudomonas denitrificans*. Elas realizam respiração anaeróbia e participam do ciclo do nitrogênio na natureza, devolvendo o gás nitrogênio (N_2) para a atmosfera.

Os seres anaeróbios podem ser facultativos ou obrigatórios. Os **facultativos** sobrevivem tanto na presença quanto na ausência de gás oxigênio, podendo adaptar seu metabolismo: na ausência, realizam fermentação e/ou respiração anaeróbia; e, na presença, respiração aeróbia. Os **obrigatórios** sobrevivem apenas em ambientes sem gás oxigênio ou com baixa concentração desse gás (a presença desse gás é letal para muitos deles) e realizam fermentação e/ou respiração anaeróbia. Eles ocorrem em ambientes muito particulares, como solos profundos e regiões anóxicas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

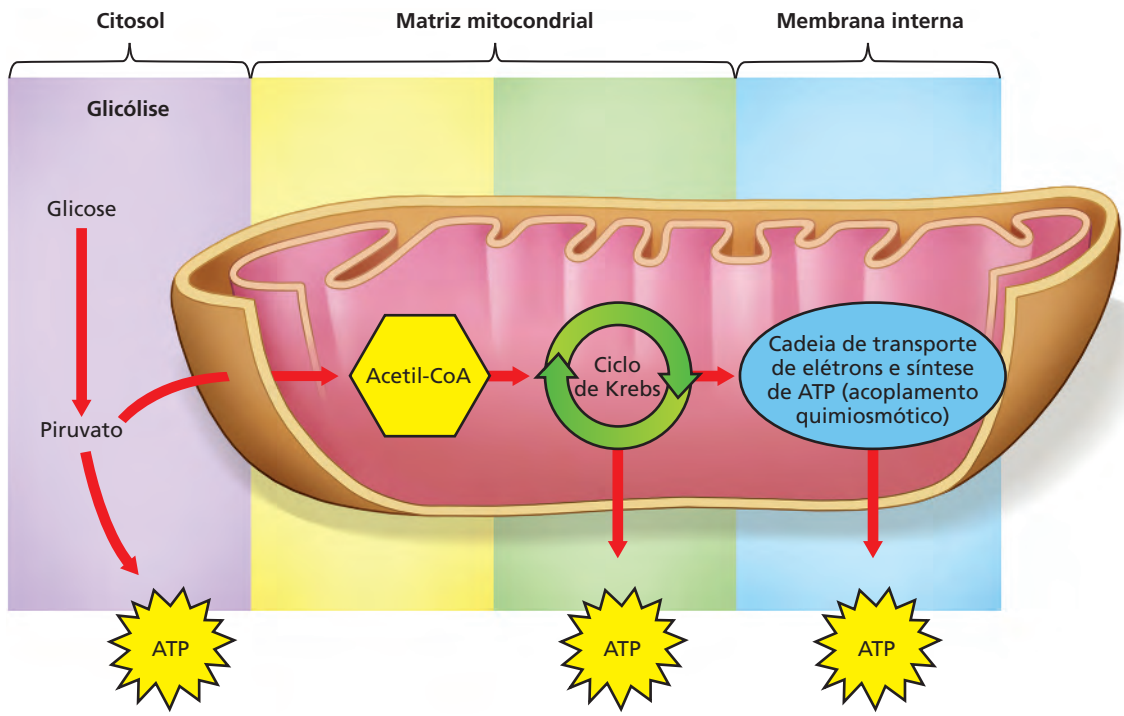
Respiração aeróbia

Vamos analisar a respiração celular aeróbia considerando a glicose como ponto de partida para estudo. Sua equação geral é:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{energia}$$

A partir da glicose, ocorre a glicólise, já explicada no processo de fermentação. Nos eucariontes, todas as demais etapas ocorrem no interior da mitocôndria: na matriz mitocondrial, ocorrem a formação de acetil-CoA e o ciclo de Krebs, e na membrana interna ocorrem a cadeia de transporte de elétrons e a síntese de ATP, em um processo semelhante à quimiosmose descrita na fotossíntese.

Etapas da respiração celular aeróbia



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fonte: SOLOMON, Eldra Pearl *et al.* **Biology**. 11. ed. Boston: Cengage, 2019.

Representação da mitocôndria em corte para mostrar a localização das etapas da respiração celular aeróbia que ocorrem em seu interior. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O piruvato formado na glicólise é transportado para o interior da mitocôndria e, na matriz mitocondrial, reage imediatamente com a **coenzima A** (**CoA**), produzindo uma molécula de acetil-coenzima A (**acetil-CoA**) e uma molécula de CO_2. Nessa reação, uma molécula de NAD^+ é reduzida a NADH.

A acetil-CoA é mobilizada na fase seguinte: o ciclo de Krebs, ou ciclo do ácido cítrico, descrito em 1935 pelo bioquímico alemão Hans Adolf Krebs (1900-1981). A cada volta do ciclo, formam-se 3 NADH + 3 H^+, 1 $FADH_2$ e 1 ATP, além de serem liberadas duas moléculas de CO_2.

Todo CO_2 liberado na respiração celular provém das etapas de formação de acetil-CoA e do ciclo de Krebs.

A partir de uma molécula de glicose, forma-se na glicólise um saldo de 2 ATP. No ciclo de Krebs, também são formados 2 ATP (1 ATP para cada molécula de piruvato que entrou na mitocôndria). A produção dessas 4 moléculas de ATP ocorre por um mecanismo chamado **fosforilação em nível do substrato**, em que há transferência direta de fosfato inorgânico (P_i) de um substrato para o ADP. Esse processo é mediado por enzimas e é diferente da fosforilação oxidativa que ocorre na membrana

interna da mitocôndria, quando a maior parte do ATP é produzida. Nesse processo, a energia potencial eletroquímica armazenada no NADH e no $FADH_2$ (provenientes das três etapas anteriores) é liberada gradativamente por meio da transferência de seus elétrons para os complexos proteicos da cadeia de transporte de elétrons. Essa energia liberada é usada pelos complexos proteicos para bombear prótons (H^+) da matriz mitocondrial para o espaço intermembranas. Os prótons acumulados no espaço intermembranas, por sua vez, retornam para a matriz mitocondrial pela ATP sintase, liberando energia para a produção de ATP.

O gás oxigênio (O_2) participa apenas dessa etapa final, combinando-se com prótons (H^+) e formando água. Sem O_2, as etapas do ciclo de Krebs e da cadeia de transporte de elétrons não ocorrem. A glicólise, em contrapartida, não depende de O_2 para ocorrer. Na ausência desse gás, alguns seres vivos e até mesmo células do tecido muscular esquelético humano continuam a realizar glicólise, desviando o metabolismo para a fermentação.

A oxidação completa de uma molécula de glicose até a produção de H_2O e CO_2 rende cerca de 30 moléculas de ATP.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

8. Um cientista, ao organizar seu laboratório, retirou sem querer o rótulo de três frascos transparentes contendo, cada um, uma solução com uma população específica de bactérias. Visando identificá-las, resolveu investigar o tipo de metabolismo de cada uma delas. Para isso, ele fez o seguinte experimento: colocou em cada recipiente certa quantidade de glicose e manteve os três frascos expostos à luz, com as tampas fechadas. Após algumas horas, ele obteve os seguintes dados:

Resultados do experimento, que mostram a concentração final relativa de determinadas substâncias encontradas nos três frascos.

	Frasco contendo a população de bactérias A	Frasco contendo a população de bactérias B	Frasco contendo a população de bactérias C
Concentração final de glicose	Menor que a concentração inicial	Menor que a concentração inicial	Maior que a concentração inicial
Concentração final de gás oxigênio	Menor que a concentração inicial	Igual à concentração inicial	Maior que a concentração inicial
Concentração final de gás carbônico	Maior que a concentração inicial	Maior que a concentração inicial	Menor que a concentração inicial
Outras substâncias produzidas	—	Etanol	—

Com base nos resultados obtidos, qual é o tipo de metabolismo energético realizado pelas populações de bactérias A, B e C? Justifique.

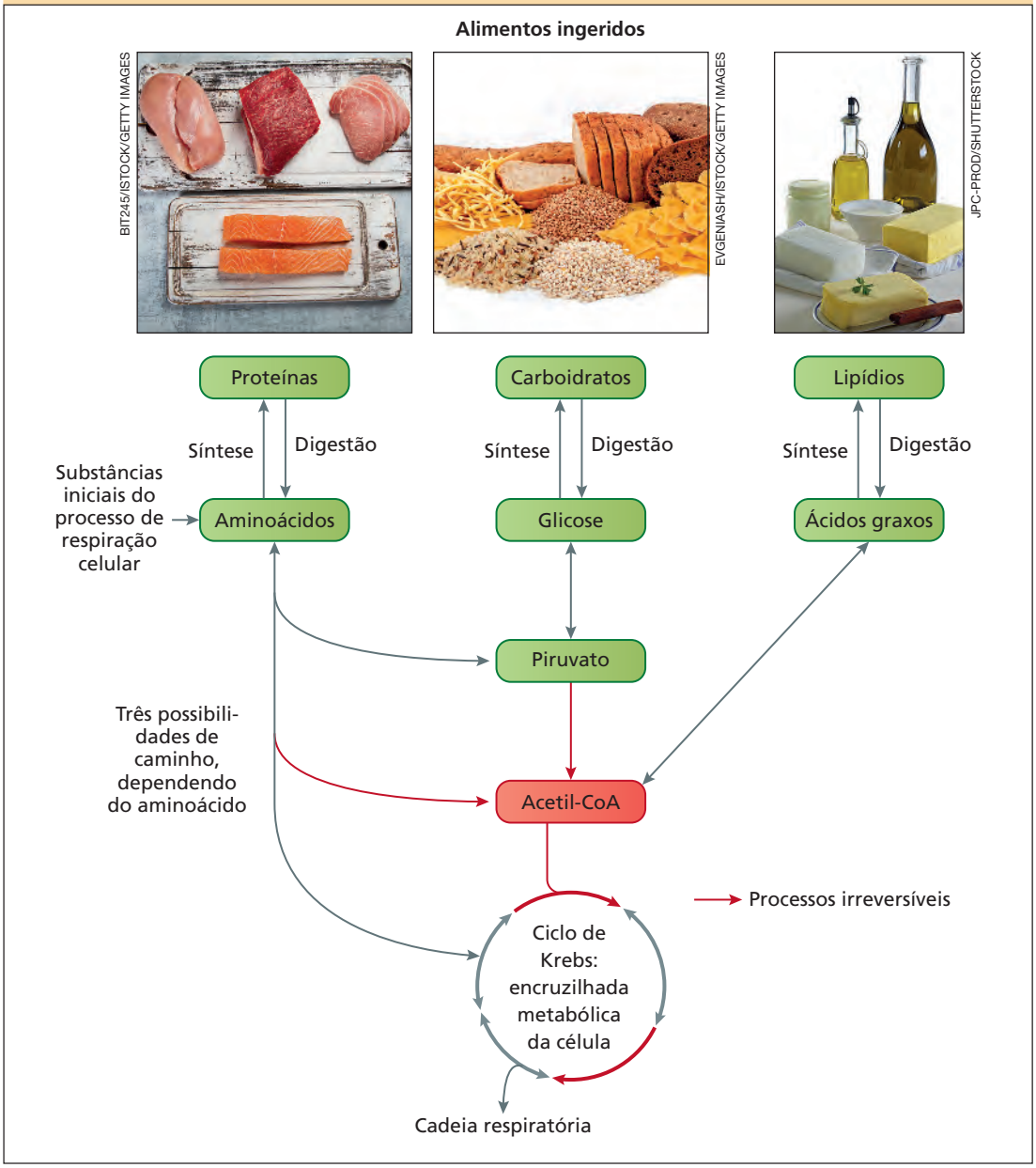
9. O gorgulho da espécie *Callosobruchus maculatus* é um inseto que costuma atacar as safras de feijão já colhido. Em alguns locais, agricultores armazenam suas safras em botijões hermeticamente fechados como forma de preservá-las. Esse procedimento permite interromper o ciclo de vida do inseto por impossibilitar que ele realize a respiração celular aeróbia. Quais fases desse processo são interrompidas com o procedimento adotado? Justifique e indique o local da célula onde essas fases ocorrem.

Outras substâncias orgânicas e a respiração aeróbia

Analisamos a respiração celular aeróbia a partir da glicose, principal combustível das células que é derivado dos carboidratos ingeridos na alimentação. Além de glicose, os derivados da quebra de proteínas (os aminoácidos) e de lipídios (os ácidos graxos) podem ser usados na respiração celular, como resumido no esquema a seguir. Perceba que o ciclo de Krebs é crucial nas conversões que ocorrem durante a respiração celular: como todos os nutrientes degradados chegam a ele, costuma ser chamado de encruzilhada metabólica da célula.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Substâncias orgânicas e respiração aeróbia



Fonte: MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

Representação simplificada da participação de proteínas, carboidratos e lipídios no processo de respiração celular aeróbia. As setas vermelhas indicam processos irreversíveis.

A maioria das reações é reversível, mas a reação piruvato → acetil-CoA e duas reações do ciclo de Krebs não são. Esse ciclo, portanto, ocorre somente em um sentido.

Considerando as reações reversíveis, algumas conversões entre macronutrientes são possíveis: proteínas podem originar carboidratos e ácidos graxos, carboidratos podem originar ácidos graxos, e lipídios não originam outros macronutrientes. Esse panorama evidencia a importância de fontes proteicas na alimentação humana, pois nenhum macronutriente pode originá-las. Além disso, células e organismos não armazenam proteínas como substâncias de reserva de energia, mas podem armazenar lipídios sob a forma de gordura nas células adiposas e carboidratos sob a forma de glicogênio nas células hepáticas e musculares.

Entender que vários macronutrientes podem participar da respiração celular e que pode ou não haver conversão de um tipo de macronutriente em outro nos dá elementos para avaliar nossa própria alimentação.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre

Registre em seu caderno

10. Durante a realização de um exercício intenso, como uma corrida ou uma partida de futebol, as células do tecido muscular esquelético de suas pernas podem alterar a destinação do produto final da glicólise. Explique essa afirmação.

11. Justifique por que as proteínas são fundamentais na dieta humana com base no que foi discutido a respeito do catabolismo (quebra e decomposição) de nutrientes orgânicos na respiração aeróbia e das possíveis vias anabólicas (síntese) que podem ocorrer.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

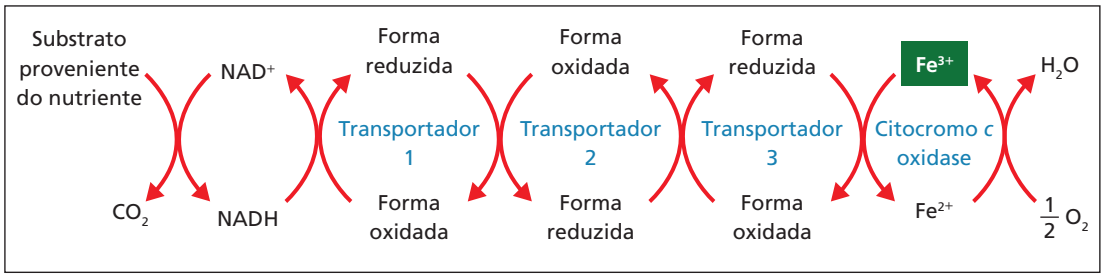
ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. (Enem)

Toxicidade do cianeto

A produção de ATP depende do gradiente de prótons gerado pela cadeia respiratória. Nessas reações, os elétrons provenientes da oxidação do NADH em NAD^+ percorrem a cadeia até chegarem à citocromo *c* oxidase reduzindo o Fe^{3+} a Fe^{2+}. O oxigênio atua como aceptor final desses elétrons formando água. O cianeto é uma espécie química altamente tóxica que tem grande afinidade pelo Fe^{3+}. Quando células são expostas ao cianeto, ele se liga ao sítio de Fe^{3+} da citocromo *c* oxidase, impedindo a sua conversão em Fe^{2+} e bloqueando a cadeia respiratória.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al.* **Biologia Molecular da célula**. Porto Alegre: Artmed, 2010. (Adaptado.)

Esse bloqueio aumenta a concentração celular de: 1. Alternativa **c**.

a. ATP.
b. água.
c. NADH.
d. dióxido de carbono.
e. citocromo *c* oxidase.

2. ODS 7 Leia o texto a seguir. 2. Alternativa **c**.

A Aliança Global para os Biocombustíveis foi lançada neste sábado (9/9/2023) durante a cúpula do G20, em Nova Déli, sob liderança de Brasil, Estados Unidos e Índia, os três maiores produtores nesse campo.

A iniciativa, que conta com mais 16 países, busca promover a produção e consumo de combustíveis como o etanol no mundo, em especial em economias em desenvolvimento do Sul Global, dentro de uma agenda de transição energética para fontes menos poluentes.

[...]

Fonte: SCHREIBER, M. De "vira-lata" a aliança global no G20: biocombustível ganha força e deve gerar negócios para Brasil. **BBC News Brasil**, [*s. l.*], 9 set. 2023. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/articles/cg3ll7zre1go. Acesso em: 8 out. 2024.

O Brasil está entre os países que, além de ter as condições ambientais ideais para a cultura da cana-de-açúcar, lidera esse tipo de produção por dominar a tecnologia necessária para a produção de etanol. Podemos afirmar que essa tecnologia é essencial na mitigação do aquecimento global, pois:

a. com o auxílio dela, maior quantidade de gases de efeito estufa poderá ser captada da atmosfera, e o solo no qual a plantação estiver estabelecida será mais fértil por conta da monocultura.
b. o etanol representa, hoje, a fonte menos poluente no processo de transição energética do Brasil. Logo, a tecnologia para a produção de etanol faz-se necessária para que o país não dependa mais da importação de outros combustíveis, como a gasolina.
c. ela permite substituir o uso de combustíveis derivados do petróleo por um combustível derivado de plantas, como a cana-de-açúcar, de modo que a queima do etanol, ao contrário do que ocorre com a queima da gasolina ou do óleo diesel, não aumenta a quantidade de gases do efeito estufa lançados na atmosfera.
d. com a gradual substituição da gasolina pelo etanol, a demanda por fontes de energia renováveis no mercado será cada vez maior. Isso resultará em área maior de Mata Atlântica sendo paulatinamente substituída por plantações de cana-de-açúcar, beneficiando o ambiente.
e. seu uso acontecerá principalmente nas áreas rurais, onde a poluição do ar pelos gases de efeito estufa é maior. Assim, essas áreas terão seu ar completamente limpo por meio dos processos metabólicos das plantas cultivadas para a produção de etanol.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continua

3. Leia o seguinte trecho de uma reportagem.

De onde vem o oxigênio que respiramos?

[...] Somadas, as espécies de algas marinhas e de água doce produzem 55% do oxigênio do planeta. É claro que as florestas dão uma grande ajuda, mas boa parte do gás é consumida por lá mesmo, na respiração e na decomposição de animais e plantas. Já as algas, para nossa sorte, fabricam muito mais oxigênio do que precisam. [...]

Fonte: DE ONDE vem o oxigênio que respiramos? **Mundo Estranho**, São Paulo, 18 abr. 2011. Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/de-onde-vem-o-oxigenio-que-respiramos. Acesso em: 8 out. 2024.

Considerando a fisiologia do pulmão e os dados acerca da produção do gás oxigênio relatados no texto, quando se afirma que a Amazônia é o "pulmão do mundo", essa analogia está: 3. Alternativa **e**.

a. correta, pois as florestas, que são os ecossistemas de maior biodiversidade, são também as maiores produtoras de gás oxigênio terrestre e atuam como os pulmões humanos, pois retiram gás oxigênio do ar e liberam gás carbônico.

b. correta, pois, assim como os pulmões, as florestas promovem grande liberação de gás oxigênio no ar, sendo mais importantes que as algas aquáticas nesse aspecto.

c. correta, pois o pulmão é o órgão responsável pela produção de gás oxigênio nos animais, da mesma forma que as florestas são as responsáveis pela produção do gás oxigênio terrestre.

d. incorreta, pois os ambientes aquáticos, sobretudo os oceanos, é que deveriam ser considerados os "pulmões do mundo", uma vez que a maior produção de gás oxigênio provém exatamente das algas, que, assim como os pulmões, liberam gás oxigênio no ar.

e. incorreta, pois, além de o pulmão ser um órgão que retira gás oxigênio do ar em vez de liberá-lo, a maior produção desse gás provém das algas que habitam os ambientes aquáticos, sobretudo os oceanos, e essa analogia não se adéqua nem às florestas nem aos ambientes aquáticos.

4. (Enem) Há muito tempo são conhecidas espécies de lesmas-do-mar com uma capacidade ímpar: guardar parte da maquinaria das células das algas que consomem — os cloroplastos — e mantê-los funcionais dentro das suas próprias células, obtendo assim parte do seu alimento. Investigadores portugueses descobriram que essas lesmas-do-mar podem ser mais eficientes nesse processo do que as próprias algas que consomem.

Disponível em: https://www.publico.pt/2010/10/25/ciencia/noticia/esta-lesmadomar-e-movida-a-energia-solar-1462604 (Adaptado.)

Essa adaptação confere a esse organismo a capacidade de obter primariamente: 4. Alternativa **b**.

a. ácidos nucleicos.

b. carboidratos.

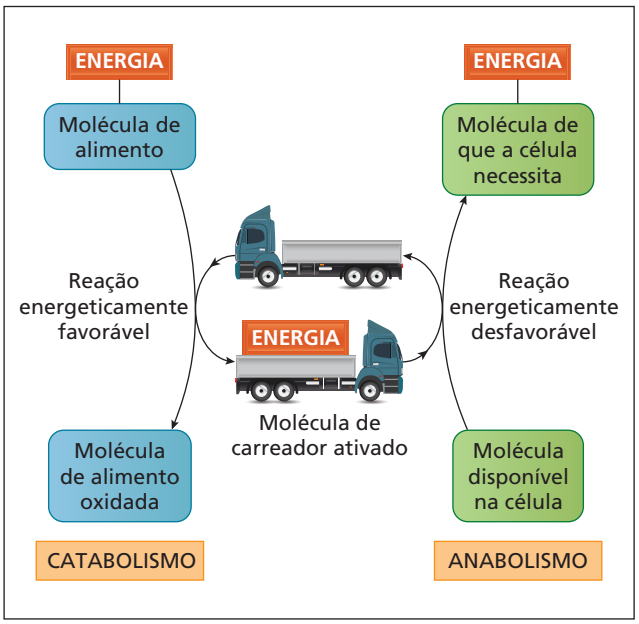
c. proteínas.

d. vitaminas.

e. lipídios.

5. Explique o que é a quimiossíntese e sua importância ecológica.

6. Analise o esquema a seguir, que faz uma analogia para representar o acoplamento de reações em uma célula animal.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

O caminhão representa uma molécula que carrega energia derivada de um processo catabólico e a fornece para um processo anabólico.

a. Diferencie processos catabólicos de anabólicos, exemplificando cada um deles.

b. Nas células, qual é a principal molécula que atua como carreadora de energia? Depois que ela doa essa energia, em qual molécula ela se transforma?

7. Quando se prepara a massa de pão com fermento biológico, ou seja, com leveduras, é comum que as pessoas deixem a massa "descansar" até ficar no ponto para assar. Para saber qual é esse ponto, costuma-se colocar uma bolinha da massa em um copo-d'água. A bolinha então se deposita no fundo do copo e, após algum tempo, acaba subindo, ficando mais inflada. Quando isso ocorre, a massa está pronta para ser levada ao forno. Qual é o processo que ocorre na massa? Por que a bolinha sobe no copo-d'água?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 8

Consumo e ambiente



FLORIAN KOPP/IMAGEBROKER/FOTOARENA

Apesar de serem irregulares, os lixões ainda constituem um problema ambiental e social em muitos municípios brasileiros. Na imagem, Lixão da Estrutural, em Brasília (DF, jan. 2018).

A imagem mostra grande quantidade de resíduos sólidos depositados em uma área a céu aberto com cenário urbano ao fundo, onde vários prédios altos dominam a paisagem, indicando um município densamente povoado.

A maior acumulação de lixo está diretamente ligada ao consumismo desenfreado. Dependendo da forma de descarte podem ser gerados efeitos maléficos, como disseminação de pragas (por exemplo, ratos e insetos), de doenças e até do mau cheiro. Isso sem falar da contaminação direta do ambiente (incluindo mananciais e lençóis freáticos) com poluentes e toxinas. É o caso dos lixões a céu aberto onde, em condição insalubre, pessoas carentes procuram sustento.

O contraste do lixão com os altos edifícios ao fundo evidencia a disparidade socioeconômica. A desigualdade social é alta em nossos grandes centros urbanos e uma parcela da população acaba por ser mais vulnerável à contaminação por resíduos químicos e biológicos.

Neste capítulo, vamos entender alguns aspectos da dinâmica do ambiente, mostrando impactos socioambientais gerados pelos seres humanos sobre o ambiente, efeitos sobre os seres vivos e ações individuais e/ou coletivas que podem contribuir para mitigar esses problemas de maneira segura e sustentável, contribuindo para a melhoria da vida da população.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Neste capítulo, em diversos pontos, vamos usar o conceito de ecossistema, porém ainda bastante informal: componente vivo interagindo com o não vivo (meio abiótico) em certo espaço (área ou volume). O componente vivo ou biota é a comunidade, que já estudamos com certo detalhe. No capítulo 13, trataremos formalmente dos ecossistemas esmiuçando seus processos básicos: o fluxo energético e a ciclagem de minerais ou nutrientes. Em aula, você pode resgatar o conceito de ecossistema já apresentado no Ensino Fundamental.

Equilíbrio ambiental

Ecologia pode ser definida como a Ciência que estuda os seres vivos e suas relações entre si e com o ambiente físico. Nos mais diferentes ecossistemas do planeta, cada ser vivo funciona como um sistema termodinâmico aberto, trocando energia e matéria com o ambiente que o cerca e obtendo, dessa forma, os recursos necessários para a reprodução e a manutenção da vida. No nível de organização de ecossistema, as trocas de energia e matéria também acontecem: trata-se de um sistema complexo aberto que, como um todo, também troca energia e matéria com seu entorno. Essa visão termodinâmica do indivíduo e do ecossistema vai ser importante quando estudarmos o fluxo de energia e a ciclagem da matéria na natureza.

Em princípio, quando os componentes bióticos e abióticos de um ecossistema se apresentam estáveis ao longo do tempo, ocorre o **equilíbrio ambiental** ou **equilíbrio ecológico**, em que o consumo de recursos pelos organismos é compatível com sua disponibilidade ou taxa de renovação na natureza. Na prática, entretanto, ocorrem flutuações, naturais ou causadas por interferência humana. Os ecossistemas pantaneiros alagáveis são um bom exemplo, pois apresentam variações abióticas ao longo do ano que se refletem na comunidade. Essas variações, porém, são mais ou menos previsíveis de um ano para o outro, o que permite dizer que há um equilíbrio na escala de anos com flutuações na escala de alguns meses. Esse tipo de equilíbrio, em que as populações se mantêm compatíveis com o ambiente, mesmo na presença de oscilações ao longo do tempo, é o que chamamos **equilíbrio dinâmico**.

A capacidade de um ecossistema voltar ao ponto de equilíbrio original após uma perturbação é chamada **resiliência**. Já a insensibilidade às perturbações é chamada **resistência**. Na alta resiliência, o sistema varia bastante, porém tende a voltar ao ponto original de equilíbrio, ao passo que na alta resistência, apesar da variação ambiental, o sistema não se modifica substancialmente.

O balanço entre a oferta de recursos e a demanda por esses recursos gerada pela comunidade pode ser afetado por diversos fatores abióticos e bióticos. A seguir, discutiremos como as populações humanas e o desenvolvimento tecnológico – impactos antrópicos (do grego, *anthropos* = relativo ao ser humano) –, além de fenômenos naturais, podem alterar os componentes dos ecossistemas, afetando o equilíbrio ambiental e a biodiversidade. Esse conhecimento é importante para que você possa entender o que deve ser evitado em benefício do equilíbrio ambiental e por quê.

Alterações bióticas nos ecossistemas

Entre as alterações bióticas que podem provocar desequilíbrio em um ecossistema, destacam-se a introdução e a eliminação ou extinção de uma ou mais espécies. Quando é assim, os desequilíbrios podem ser evidenciados por alterações da biodiversidade, mais exatamente da diversidade de espécies.

Espécies invasoras

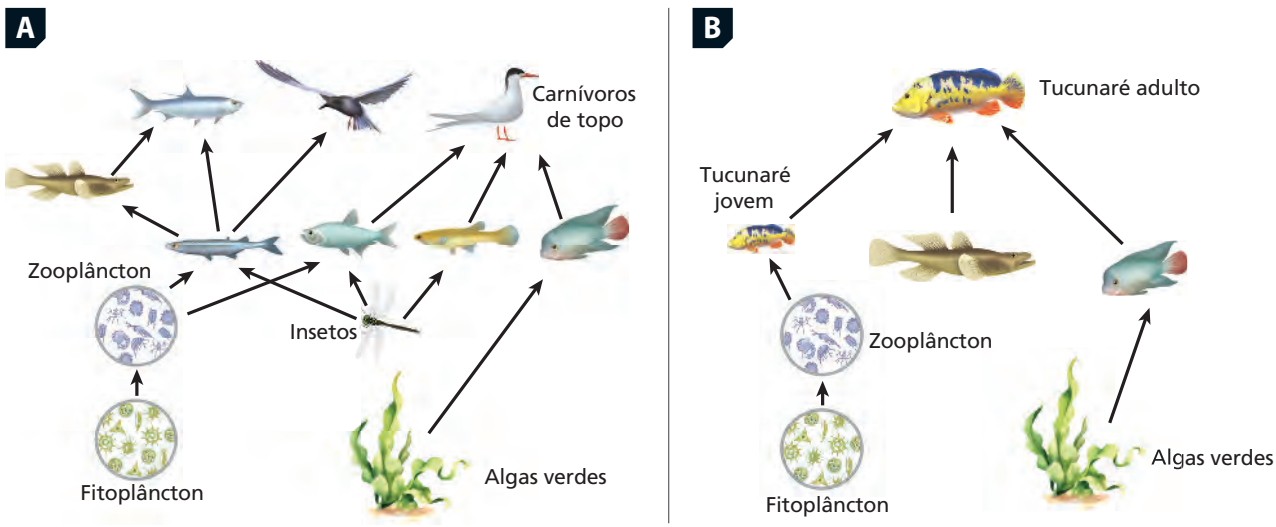
A introdução de uma **espécie exótica** (não nativa) em um ecossistema diferente daquele em que ela evoluiu pode ser intencional ou acidental. Os locais onde espécies exóticas são introduzidas muitas vezes não são naturalmente acessíveis para elas, embora até possam apresentar condições ambientais compatíveis com suas adaptações. Se de alguma forma o transporte acontecer (por exemplo, atravessando o oceano), a espécie já teria potencial para ser bem-sucedida no novo local. Na maioria dos casos, a introdução desses indivíduos não tem consequências, seja por não se adequarem ou sobreviverem às novas condições, seja por não atingir o sucesso ecológico necessário para estabelecer uma nova população.

Em outros casos, todavia, a espécie encontra condições altamente favoráveis para seu estabelecimento, como a ausência de predadores e competidores naturais, resultando em acentuado crescimento populacional, o que afeta negativamente as espécies nativas por competição por recursos (como alimento e território). Nesse caso, as espécies exóticas se tornam **espécies invasoras**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em 1967, um peixe comum na bacia Amazônica, o tucunaré (*Cichla ocellaris*), foi introduzido no Panamá, chegando ao lago Gatun. Em cinco anos espalhou-se por todo o lago e eliminou diversas outras espécies de peixes, causando uma grande simplificação na teia alimentar, associada à redução da diversidade de espécies, como mostrado a seguir.

Simplificação da teia alimentar



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em ZARET, T. M.; PAINE, R. T. Species introduction in a tropical lake. **Science**, Washington D.C., v. 182, n. 4.111, p. 449-455, 1973.

Representação de parte da teia alimentar do lago Gatun, no Panamá, antes **(A)** e depois **(B)** da introdução do tucunaré (*Cichla ocellaris*). Algumas relações alimentares não estão representadas por serem pouco conhecidas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Há vários exemplos de introdução desastrosa de espécies exóticas no Brasil, como o pombo doméstico, o pardal, o rato-preto, o rato-marrom, o camundongo, a mosca-do-chifre e, mais recentemente, o caramujo-gigante-africano (*Achatina fulica*) ou *escargot* africano e o bagre-africano (*Clarias gariepinus*), espécie que está proliferando rapidamente em rios brasileiros.

Extinção de espécies

As espécies podem extinguir-se por processos que não dependem da atividade humana ou que não são decorrentes dela. As extinções sempre ocorreram, mesmo antes do surgimento da espécie humana, e continuarão ocorrendo, visto que resultam das frequentes modificações dos ecossistemas e da seleção adaptativa. Provas evidentes da existência de organismos do passado atualmente extintos são os fósseis, como já analisamos no capítulo 2.

Quanto à contribuição da ação humana para a **extinção de espécies**, merecem ênfase o desmatamento e a caça indiscriminada e criminosa de diversos animais, principalmente daqueles que já encontram grande resistência do meio e apresentam baixo potencial biótico. A ave dodô (*Raphus cucullatus*), que viveu nas ilhas Maurício, a leste de Madagascar, no oceano Índico, foi extinta em razão da caça predatória. Essa ave não voava, não tinha predadores naturais em seu ambiente e não tinha defesa contra os seres humanos. Os dodôs foram encontrados em 1598 e vistos pela última vez em 1662.

Vários outros animais, como espécies de baleias e peixes-boi, embora não tenham sido propriamente extintos, já foram levados à beira da extinção pela caça indiscriminada e criminosa. Felizmente, algumas dessas populações vêm se recuperando como resultado da aplicação de normas de proteção.



ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA/UNIVERSAL IMAGES GROUP EDITORIAL/GETTY IMAGES

Representação artística de um dodô (*Raphus cucullatus*), ave extinta. Media cerca de 1 m de altura.

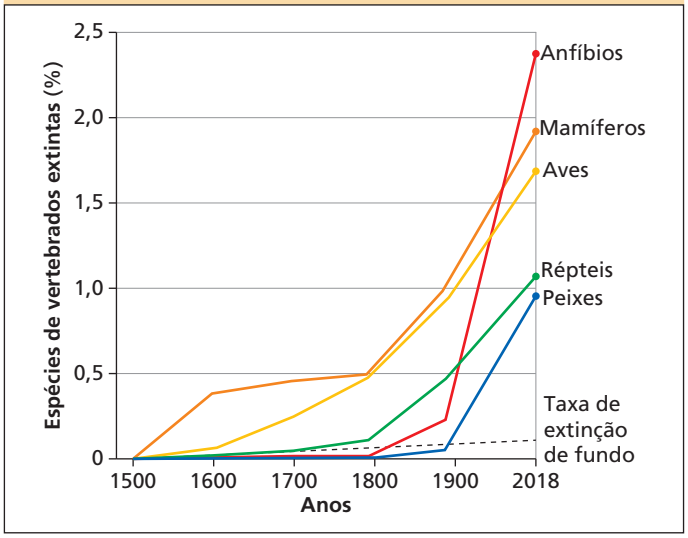


FERNANDOPODOLSKI/E+/GETTY IMAGES

O peixe-boi-da-amazônia (*Trichechus inunguis*) é encontrado em ambientes de água doce da bacia Amazônica no Brasil, no Peru, na Colômbia, no Equador, na Guiana e na Venezuela. Mede cerca de 3 m de comprimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Porcentagem de espécies de vertebrados extintas ao longo do tempo



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Atualmente, especialistas entendem que uma sexta grande extinção esteja em curso no Antropoceno, período não oficial caracterizado pelo incremento dos impactos humanos sobre a natureza, principalmente a partir de 1950. As taxas de extinção para esse período já estão muito acima da taxa de extinção considerada natural (taxa de fundo). E tudo indica que boa parte disso vem sendo consequência das atividades humanas.

O gráfico mostra o percentual de extinção de espécies de vertebrados no período de 1500 até 2018.

Fonte: DÍAZ, S. *et al.* (ed.). **The global assessment report on biodiversity and ecosystem services**: summary for policymakers. Bonn: IPBES, 2019.

Evolução da extinção de vertebrados desde 1500 até 2018.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Analise as afirmações a seguir. No caderno, indique se são corretas ou incorretas, justificando cada uma, e reescreva aquelas que estiverem incorretas.

a. Uma das vias possíveis para a entrada de espécies exóticas em uma comunidade biológica é o comércio de espécies de interesse paisagístico, estético ou simplesmente afetivo (*pets*). 1. Alternativa incorreta: **d.**

b. Os navios podem contribuir com a introdução de espécies exóticas, pois enchem seus porões com água (que pode conter ovos, larvas ou jovens de espécies marinhas) em uma região geográfica e liberam-na em outro local.

c. Surgimento de espécies (especiação) e extinção de espécies ocorrem naturalmente, podendo a extinção ser acelerada pelas atividades humanas.

d. A frequência de introdução de espécies exóticas está diminuindo, apesar do aumento da movimentação de pessoas e cargas em escala global.

e. Antropoceno é um termo para nos referirmos aos tempos mais recentes, sobretudo a partir de 1950, em que o ser humano passou a impactar mais gravemente a natureza. Nesse período, a taxa estimada de extinção de espécies tem superado a taxa de extinção de fundo, que é referente à extinção que normalmente ocorre na natureza.

2. Leia o texto, analise-o e indique a alternativa correta no caderno, justificando sua resposta. 2. Alternativa **b.**

[...]

Espécies ameaçadas são aquelas cujas populações e *habitat* estão desaparecendo rapidamente, de forma a colocá-las em risco de tornarem-se extintas.

A conservação dos ecossistemas naturais, sua flora, fauna e os microrganismos garante a sustentabilidade dos recursos naturais e permite a manutenção de vários serviços [ecológicos] essenciais à manutenção da biodiversidade, como, por exemplo: a polinização; reciclagem de nutrientes; fixação de nitrogênio no solo; dispersão de propágulos e sementes; purificação da água e o controle biológico de populações de plantas, animais, insetos e microrganismos, entre outros. Esses serviços garantem o bem-estar das populações humanas e raramente são valorados economicamente.

[...]

Fonte: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Homem é o principal agente no processo de extinção de espécies. **EBC**, Brasília, DF, 16 mar. 2015. Disponível em: https://memoria.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2015/03/homem-e-principal-agente-no-processo-de-extincao-de-animais. Acesso em: 10 out. 2024.

Com base no texto, podemos concluir que:

a. os serviços mencionados, por não serem valorados economicamente, não vão afetar a economia humana, caso sejam comprometidos.

b. a conservação não deve se limitar aos recursos diretamente explorados e facilmente valorados economicamente, pois mesmo aquilo que não é alvo de interesses econômicos imediatos tem importância para o bem-estar humano.

c. o bem-estar das populações deve ser dependente do consumo e da exploração dos recursos naturais, ainda que isso leve à extinção de espécies da fauna e da flora.

d. a extinção de espécies que não são de interesse econômico não deve afetar as espécies mais procuradas e exploradas pelo ser humano.

e. o aumento de organismos na lista de espécies ameaçadas reflete a insustentabilidade da própria natureza por não conseguir manter seu equilíbrio ecológico natural.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Alterações abióticas nos ecossistemas

As principais alterações abióticas derivadas da atividade humana incluem uma variedade de impactos, coletivamente chamados de **poluição** – definida como qualquer contaminação do ar, da água ou do solo por quantidades indesejáveis de matéria ou energia e que possa prejudicar a vida. A seguir, abordaremos alguns tipos de poluição.

Poluição sonora

O barulho ou o alto volume de aparelhos de som ou outros aparelhos produz o que chamamos **poluição sonora**. Esse tipo de poluição pode causar estresse, hipertensão e problemas cardíacos, além de provocar irritação nas pessoas, acarretando alterações de comportamento com perturbação do sono, diminuição da audição e até surdez. A poluição sonora também pode afetar os padrões migratórios, os hábitos de acasalamento e a comunicação entre os animais.

A perda auditiva pode fazer parte do dia a dia de pessoas que precisam se expor ao ruído causado por equipamentos e máquinas, como a britadeira, em ambiente de trabalho. Por isso, o uso de protetores auriculares como equipamento de proteção individual (EPI) é indispensável. Além disso, é importante que sigam a Norma Regulamentadora nº 7 (NR-7), legislação trabalhista que determina que pessoas que trabalham expostas a ruídos acima de 85 decibéis (dB) façam o exame de audiometria periodicamente, desde o dia da admissão.

O uso cada vez mais generalizado de fones de ouvido por longos períodos, muitas vezes com volume exagerado, também aumenta muito o risco de perdas auditivas.

No quadro a seguir, estão apresentados os níveis médios de ruídos produzidos por diferentes fontes sonoras, em decibéis, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS).



AISYAQILUMARANAS/SHUTTERSTOCK

Operário da construção civil usa protetores auriculares para se proteger do barulho da britadeira.

Volume médio dos ruídos produzidos por diferentes fontes sonoras ou ambientes

Fonte sonora	Volume do ruído
Cochicho	15 dB
Jardim tranquilo	30 dB
Escritório	60 dB
Liquidificador	75 dB
Rua com trânsito intenso	85 dB
Caminhão pequeno acelerando	90 dB
Britadeira	100 dB
Avião a jato	120 dB
Limite da audição	140 dB

Fonte: SINTOMAS vão da dor de cabeça à perda da audição e pressão alta. **Senado Notícias**, Brasília, DF, 3 maio 2004. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/poluicao-sonora/sintomas-vao-da-dor-de-cabeca-a-perda-da-audicao-e-pressao-alta. Acesso em: 9 out. 2024.

Aproveite a citação da norma reguladora e legislação trabalhista para mostrar esses documentos aos estudantes e incentivá-los na busca de informações pautadas em documentos legais para garantir seus direitos. Essa é uma oportunidade de trabalhar aspectos do TCT Educação em Direitos Humanos, ao mostrar instrumentos legais (legislação trabalhista) e direitos dos trabalhadores e Saúde ao considerar a perda auditiva em decorrência de atividades cotidianas e as medidas para reduzir os riscos.

Poluição térmica

Atividades humanas podem provocar aumento da temperatura da água em rios, lagos e mares, ocasionando alterações locais ou regionais no meio aquático. Esse fenômeno é conhecido como **poluição térmica**. Em alguns lagos e mares, por exemplo, o aumento da temperatura pode se dar por meio de usinas nucleares – a água é usada nos sistemas de resfriamento dos reatores durante a geração de energia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A poluição térmica interfere nas populações de diversas espécies quando desloca a temperatura ambiente para fora da faixa adequada ao desenvolvimento bem-sucedido dos organismos já presentes no local. Isso afeta a abundância dessas espécies vulneráveis, gerando desequilíbrio ecológico, e pode levar populações mais sensíveis à extinção. Outro efeito importante do aumento da temperatura é a diminuição do teor de gás oxigênio (O_2) dissolvido na água. O aumento da temperatura de uma solução aquosa contendo gás oxigênio favorece a perda desse gás para a atmosfera, pois em água mais quente sua solubilidade é menor. Com isso, os organismos aquáticos que dependem de teores mais altos do gás oxigênio para a obtenção de energia por meio da respiração não conseguem sobreviver, a menos que possam migrar para locais mais favoráveis.

Poluição por elementos radioativos

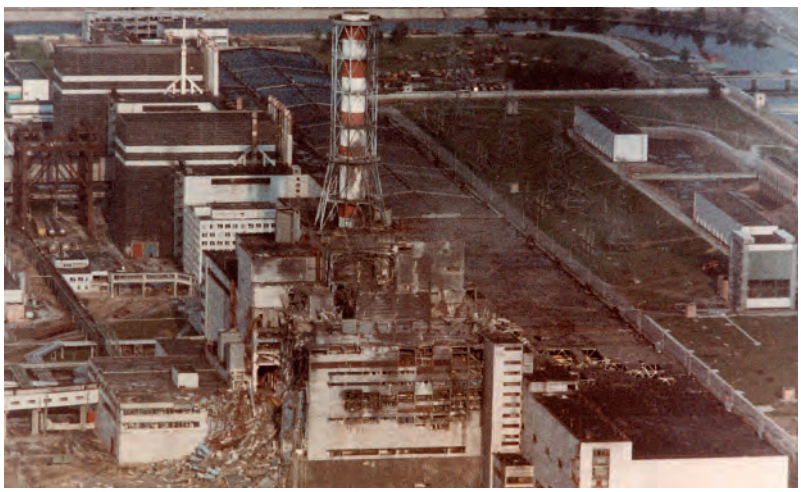
Os elementos radioativos são aqueles capazes de emitir naturalmente algum tipo de radiação e, desde sua descoberta, inúmeras aplicações surgiram em diferentes contextos. Na saúde, podemos citar os equipamentos de radioterapia para o tratamento de alguns tipos de câncer em regiões localizadas do corpo e os equipamentos para diagnóstico de doenças, como a radiografia e a tomografia; na agricultura, a radiação pode melhorar a qualidade dos alimentos. Isso, sem contar a geração de energia por meio das usinas nucleares e seu uso em equipamentos do cotidiano, como os micro-ondas.

OBJETO DIGITAL
Vídeo: A vida na zona de exclusão de Chernobyl

Esses elementos podem causar mutações no DNA das células e desencadear doenças, como o câncer, e até mesmo provocar a morte. Se as mutações genéticas ocorrerem nas células produtoras de gametas, elas podem ser transmitidas ao longo das gerações. Assim, a preocupação sobre o que fazer com o lixo radioativo e como evitar a **poluição por elementos radioativos** é fundamental.

Um dos problemas da contaminação nuclear é a persistência dos contaminantes no ambiente. Em 1986, a usina nuclear de Chernobyl (na região que hoje corresponde à Ucrânia, na época ligada à União Soviética) teve um de seus quatro reatores nucleares destruído por uma explosão seguida de incêndio.

Ao mostrar algumas aplicações e potencialidades no uso da radiação é possível propor aos estudantes que investiguem de que maneira a radiação é utilizada nos exemplos apresentados para avaliar os riscos e soluções para o uso e descarte desses materiais, trabalhando dessa maneira, as habilidades EM13CNT103 e EM13CNT104.



SHONE/GAMMA-RAPHO/GETTY IMAGES

Usina nuclear de Chernobyl, Ucrânia, três dias após a explosão do reator, que aconteceu em 26 de abril de 1986.

O acidente provocou a liberação de uma nuvem radioativa que ultrapassou o perímetro da cidade, atingiu a capital da Ucrânia, Kiev, e vários países da Europa, contaminando a vegetação, o solo, os rios, os mares da região e os animais, incluindo o ser humano. Houve restrição de consumo de alimentos por estarem contaminados. Foi, sem dúvida, o pior acidente nuclear da história, com muitas mortes e hospitalizações, além de inúmeros casos de doenças como cânceres e lesões de pele até mutações genéticas preocupantes para as gerações futuras.

No Brasil, em 1987, uma pequena cápsula contendo um pó radioativo, o césio-137, foi aberta em Goiânia por pessoas que desconheciam o perigo desse material, provocando um dos acidentes mais graves já registrados no mundo envolvendo esse elemento radioativo. Nessa cápsula, havia apenas 19 gramas de césio, que fazia parte de um equipamento usado em radioterapia que foi abandonado nos escombros do antigo Instituto Goiano de Radioterapia. A cápsula foi removida do local por sucateiros para ser vendida como ferro-velho. Ao abri-la, as pessoas ficaram atraídas pela luminescência

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

do césio e manipularam o pó, passando-o pelo corpo e distribuindo-o entre parentes e amigos. Evidentemente não sabiam do perigo que estavam correndo. Um material como esse nunca poderia ter sido abandonado em um hospital desativado. O saldo desse acontecimento: quatro mortes, uma pessoa com braço amputado, centenas de pessoas contaminadas e mais de novecentas com algum tipo de sequela.

Acidentes como os ocorridos em Chernobyl e Goiânia não podem ser esquecidos. Eles servem como alerta para o grande perigo que os acidentes nucleares podem representar e despertam a atenção para mais um problema: o que fazer com o lixo radioativo. Alguns países cogitam eliminar completamente sua dependência da energia nuclear. A Alemanha foi o primeiro a tomar essa decisão. Em 2012, o governo alemão optou por desativar todas as suas 17 usinas nucleares até 2022; na prática, as últimas três usinas nucleares alemãs foram desativadas em 2023.

Não podemos deixar de considerar a poluição decorrente da explosão de artefatos nucleares, como as bombas A, ou termonucleares, como as bombas H. A poeira radioativa resultante dessa explosão seria levada pelo vento e pelas águas, disseminando a contaminação com possíveis consequências em escala planetária.

Poluição pelo lixo

A sociedade de consumo vem aumentando a quantidade de lixo produzido em razão dos inúmeros itens descartáveis usados no cotidiano das pessoas, do estímulo à troca de produtos por modelos mais novos ou até mesmo da criação de necessidades como resultado de propagandas de produtos supérfluos ou da moda e do próprio aumento do tamanho da população, além de outros fatores.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), em uma publicação de 2023, a humanidade produz mais de 2,2 bilhões de toneladas de lixo por ano.

O problema do lixo é muito sério. Algumas soluções têm sido propostas, mas os resultados ainda não são definitivos. Uma das mais antigas consiste em remover o lixo de um local e transferi-lo para outro, procedimento que origina os imensos **lixões** a céu aberto (como o que mostramos na abertura deste capítulo) ou aterros controlados.

No Brasil, em 2010, foi instituída a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, prevendo a criação de planos para a eliminação de lixões e a posterior recuperação dos terrenos que eles ocupavam. Atualmente, há formas mais adequadas para lidar com o lixo, como a construção de aterros sanitários, a incineração (queima), a compostagem e a reciclagem.

Nos **aterros sanitários**, o solo é preparado e impermeabilizado para impedir que o **chorume** contamine o lençol freático. São colocadas camadas alternadas de lixo e de terra, o que evita o mau cheiro e a proliferação de animais.

TALES AZZI/PULSAR IMAGENS



Vista aérea do aterro sanitário Sítio das Neves, em Santos (SP, abr. 2018). Note o modo de disposição e de cobertura dos resíduos.

Fique por dentro

Acidente de césio-137 em Goiânia

CÉSIO-137 em Goiânia: a cronologia do maior desastre radiativo do Brasil. [*S. l.*: *s. n.*], 2018. 1 vídeo (11 min). Publicado pelo canal **BBC News Brasil**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=4xcZQ9ufxfk. Acesso em: 9 out. 2024.

O vídeo mostra a cronologia do maior desastre radioativo do Brasil. A reportagem explica como o Brasil, um ano depois do acidente em Chernobyl, tornou-se palco do maior acidente radioativo ocorrido fora de usinas nucleares.

Fique por dentro

Desafios dos resíduos sólidos urbanos no Brasil

SZIGETHY, L.; ANTENOR, S. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. **Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade**, Brasília, DF, 9 jul. 2020. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos. Acesso em: 9 out. 2024.

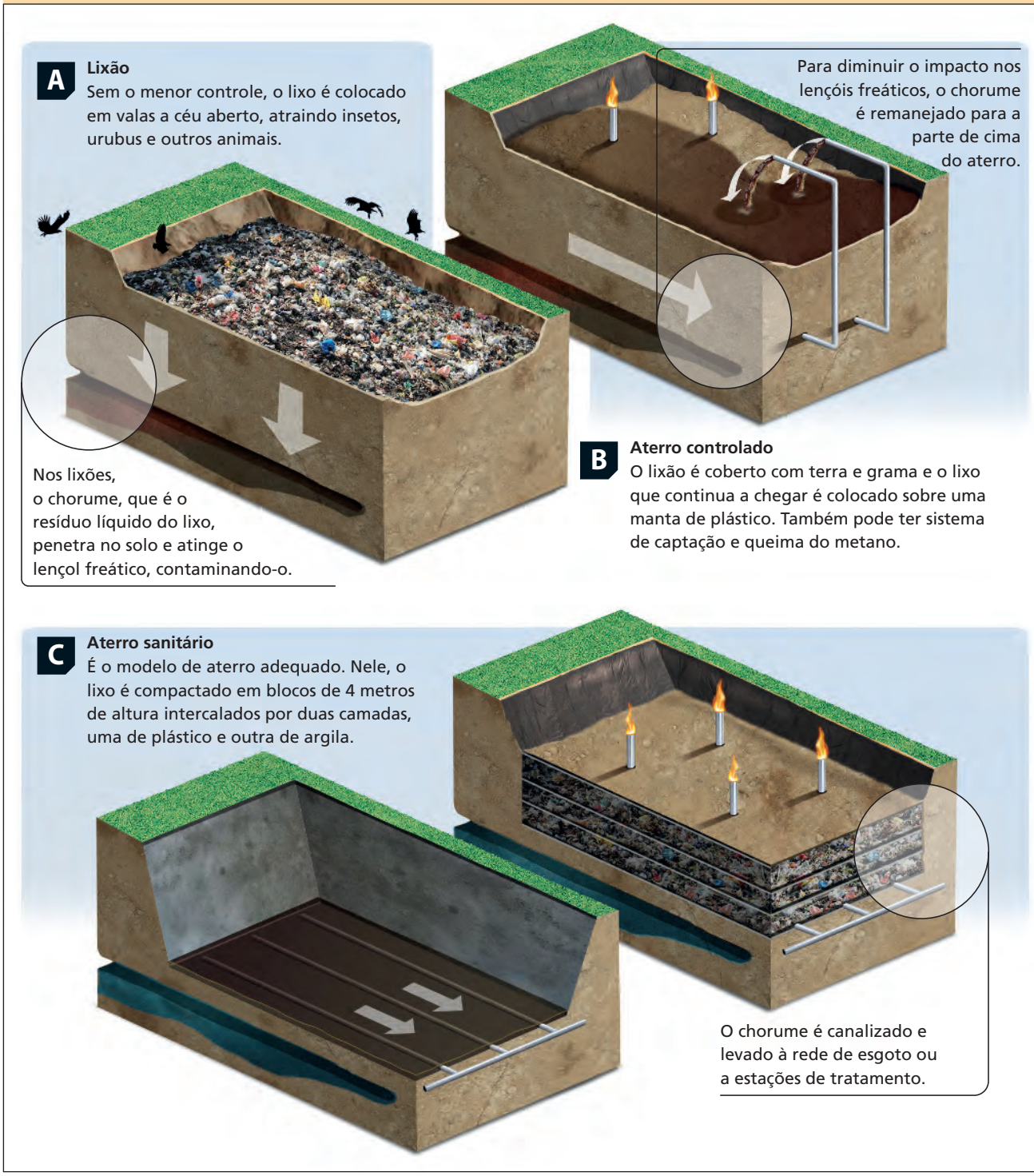
O material traz dados sobre a destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil (2020), incluindo históricos e tecnologias de gerenciamento dos resíduos.

OBJETO DIGITAL **Carrossel de imagens: Destinação de resíduos sólidos**

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Nesses aterros, bactérias anaeróbias realizam a decomposição da matéria orgânica; entre elas, há aquelas que produzem o gás metano. Como essa produção é intensa, é importante haver locais próprios para a saída do gás, que pode ser coletado e usado como combustível. Quando não é aproveitado, geralmente esse gás é queimado nas chaminés adaptadas ao substrato dos aterros.

Destinação de resíduos sólidos



Fontes: Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2018/2019. **Abrelpe**, São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.abrema.org.br/panorama/; DESTINO dos resíduos sólidos quase sempre é inadequado. **Em Discussão!**, Brasília, DF, n. 3, jun. 2010. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/acervo-historico/em-discussao#/revista-em-discussaoedicao-junho-2010/infografico-destino-dosresiduos-solidos-quasesempre-e-inadequado.aspx. Acessos em: 20 out. 2024.

Representação de três alternativas para disposição de lixo: lixão **(A)**, aterro controlado **(B)** e aterro sanitário **(C)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

LUIZ IRIA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A **incineração** é realizada principalmente nos casos de lixo contaminado, como o hospitalar. Apesar de ser executada em incineradores apropriados, esse processo sempre gera emissão de gases que contêm partículas de matéria orgânica, de metais pesados, de óxidos de enxofre e de nitrogênio. A incineração de resíduos, assim como gases gerados por outros processos industriais, contribui para a poluição do ar e outros efeitos locais, como as chuvas ácidas.

A **compostagem** consiste em transformar a parte orgânica do lixo em compostos que podem servir de fertilizante para o solo. Além de ser uma solução para o lixo orgânico, com participação no processo de ciclagem da matéria orgânica, contribui para a agricultura, reduzindo a quantidade de fertilizantes químicos utilizados.

Alguns munícipios fazem a coleta seletiva, facilitando o tratamento do lixo urbano e a reciclagem de alguns materiais. Materiais como vidro, metal, papel e plástico são encaminhados para cooperativas de reciclagem e reaproveitados na fabricação de novos produtos.

CHICO FERREIRA/PULSAR IMAGENS



Funcionários da Cooperativa de Materiais Recicláveis de Irajá, na cidade do Rio de Janeiro, manipulando o material coletado seletivamente (mar. 2019).

A conscientização e a realização de projetos usando materiais reutilizados podem acontecer em sala de aula, como mostrou a professora Débora Garofalo, primeira mulher brasileira e primeira sul-americana a ficar entre os dez finalistas do Global Teacher Prize em 2019. Ela usou o lixo para ensinar robótica e mudar a vida de várias pessoas. Hoje seu projeto é replicado para mais de 2,5 milhões de estudantes no estado de São Paulo.

ANDRÉ PORTO/ARQUIVO DO FOTÓGRAFO



Professora Débora Garofalo com um dos protótipos de robótica produzidos com sucata por seus estudantes.

Fique por dentro

O mito da reciclagem

DOCUMENTÁRIO BBC: o mito da reciclagem. [*S. l.*: *s. n.*], 2022. 1 vídeo (46 min). Publicado pelo canal **BBC News Brasil**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=JbjlyC_r0Nw. Acesso em: 9 out. 2024.

O documentário da BCC da série *Why plastic?* (Por que plástico?, em tradução livre) mostra, em seu primeiro episódio, os artifícios das empresas para burlar leis de reciclagem e manter a aparência de consciência ambiental.

Poluição por substâncias não biodegradáveis, bioacumulação e biomagnificação

As substâncias biodegradáveis são as que podem ser decompostas por organismos vivos, principalmente bactérias. Já os produtos não biodegradáveis não sofrem decomposição, caso das substâncias organocloradas e dos metais pesados, como o mercúrio.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Substâncias não biodegradáveis geralmente persistem por mais tempo atuando no ambiente; além disso, podem acumular-se nos tecidos de muitas espécies quando se alimentam de presas já contaminadas. A retenção de poluentes nos tecidos de um organismo vivo é chamada **bioacumulação**. O aumento da quantidade de poluente por unidade de peso dos organismos dos diversos níveis tróficos ao longo da cadeia alimentar é denominado **biomagnificação** e pode gerar diversos efeitos nos seres humanos (e demais seres vivos), como mostra o quadro a seguir.

Efeitos da contaminação por metais pesados nos seres humanos

Metal pesado	Onde é encontrado	Efeitos
Mercúrio	Produtos farmacêuticos, lâmpadas fluorescentes, interruptores, pilhas e baterias, tintas, fungicidas, termômetros	Distúrbios renais, lesões neurológicas, efeitos mutagênicos, alterações do metabolismo, deficiência nos órgãos sensoriais, irritabilidade, insônia, cegueira, surdez, morte
Cádmio	Baterias e pilhas, plásticos, pigmentos, papéis	Dores reumáticas, distúrbios metabólicos, osteoporose, disfunção renal
Chumbo	Tintas, impermeabilizantes, cerâmica, vidro, inseticidas, baterias	Perda de memória, dor de cabeça, anemia, paralisia

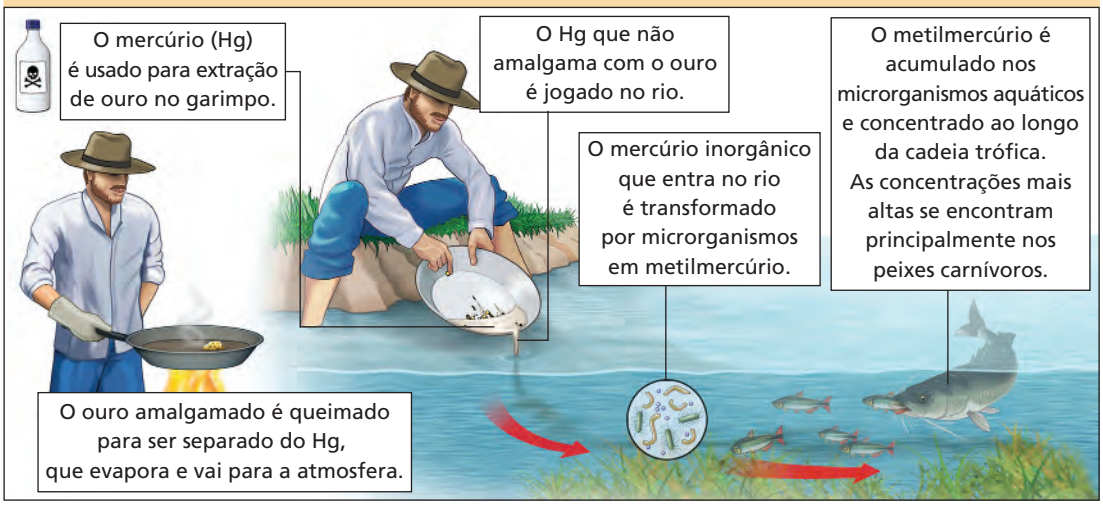
Fonte: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Educação. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Manual de educação para o consumo sustentável**. Brasília, DF: MMA/MEC/IDEC, 2005. Disponível em: http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Mercúrio

Um poluente importante, encontrado principalmente na água, é o **mercúrio** – metal líquido à temperatura ambiente –, amplamente usado em indústrias químicas de tintas, de fungicidas, de pesticidas e de papel, sendo utilizado também no processo tradicional de garimpo. Na forma inorgânica, o mercúrio é relativamente inofensivo por ser pouco absorvido no trato digestório. Entretanto, torna-se altamente tóxico quando se encontra na forma de compostos orgânicos, com destaque para o metilmercúrio. Essa substância, se ingerida, provoca lesões nervosas que podem levar o indivíduo à morte e concentra-se nos tecidos dos organismos ao longo das cadeias alimentares.

No Brasil, no norte de Mato Grosso, no Pará, em Roraima e no Amapá, onde a atividade de garimpo é intensa, os povos indígenas têm protestado contra a atividade de garimpeiros que poluem, com mercúrio, as águas dos rios dos quais os povoados dependem para viver e que aumentam o desmatamento da região.

Uso do mercúrio no garimpo



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação do processo tradicional de garimpo. O mercúrio utilizado nele é incorporado em cadeias alimentares, acumulando-se ao longo dos níveis tróficos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. O povo Yanomami está contaminado por mercúrio do garimpo. **Medium**, [*s. l.*], 23 mar. 2016. Disponível em: https://medium.com/hist%C3%B3rias-socioambientais/o-povo-yanomami-est%C3%A1-contaminado-por-merc%C3%BArio-do-garimpo-fa0876819312. Acesso em: 20 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM FOCO O garimpo na Terra Indígena Yanomami

[...]

O garimpo já deixou marcas profundas no povo e no território Yanomami. Entre 1986 e 1990, estima-se que 20% da população (1.800 pessoas) morreu em função de doenças e violências causadas por 45 mil garimpeiros que invadiram suas terras.

A invasão e a tensão crescente do garimpo culminaram, nos anos de 1990, em um episódio de grande repercussão mundial por sua barbárie. Em julho de 1993, garimpeiros invadiram uma aldeia Yanomami e assassinaram a tiros e golpes de facão 16 indígenas, entre eles idosos, mulheres e crianças. Conhecido como o **Massacre de Haximu**, foi o primeiro caso julgado pela Justiça brasileira no qual os réus foram condenados por genocídio.

[...]

O garimpo continua sendo uma ameaça à vida dos Yanomami e Ye'kwana. Desde 2014, a invasão de seus territórios por garimpeiros cresce assustadoramente. Hoje, estima-se que **cinco mil garimpeiros** atuam ilegalmente na Terra Indígena Yanomami. As diversas denúncias feitas pelos índios não têm resultado em ações efetivas dos órgãos governamentais responsáveis. Se nada for feito de concreto, um novo Haximu pode estar a caminho.

Para acabar com o garimpo ilegal na Terra Indígena Yanomami é preciso que se descubram os seus financiadores, que são os que realmente lucram e sustentam esta atividade. É preciso descobrir a rota do ouro, ou seja, por onde passa e qual seu destino final.

Neste sentido, a Polícia Federal realizou duas operações que levantaram apenas a beira do manto que encobre esta atividade ilegal: a operação Xawara, em 2012, e a operação Warari Koxi, em 2015. Além de descobrirem alguns comerciantes e donos de avião em Roraima, também descobriram que o ouro chega a uma Distribuidora de Valores e Títulos Mobiliários (DTVM), na Avenida Paulista, na cidade de São Paulo. **Fica o alerta:** o ouro comercializado nos grandes centros financeiros do Brasil pode carregar com ele o sofrimento do povo Yanomami.

[...]

Fonte: INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. O povo Yanomami está contaminado por mercúrio do garimpo. **Medium**, [*s. l.*], 23 mar. 2016. Disponível em: https://medium.com/hist%C3%B3rias-socioambientais/o-povo-yanomami-est%C3%A1-contaminado-por-merc%C3%BArio-do-garimpo-fa0876819312. Acesso em: 20 out. 2024.

Essa realidade sustentou-se até 2023, quando iniciativas do governo federal atingiram fortemente os garimpos ilegais. Inegavelmente a ação governamental é a essência do controle da degradação ambiental, além, é claro, das iniciativas de indivíduos e de pequenas comunidades.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Agora, discutam em grupo o texto apresentado e respondam ao que se pede.

1. O texto afirma que "20% da população Yanomami morreu em função das doenças e violências causadas por [...] garimpeiros". Qual é a relação entre garimpo, ouro, mercúrio e doenças que afligem os indígenas? Que outros problemas os indígenas também enfrentam com o garimpo?
2. Que relação pode existir entre o garimpo ilegal e o consumismo? É possível propor alguma medida para reduzir o impacto ambiental da extração de minérios?
3. Discuta com os colegas quais são as vias de contaminação dos seres aquáticos e como varia a concentração do contaminante nos diferentes níveis tróficos. Depois, pesquisem como o problema do garimpo ilegal e da intoxicação das populações ribeirinhas se encontra atualmente. Selecione fontes confiáveis de informação.
4. Discuta com os colegas quais são os principais impactos sociais gerados pelo garimpo ilegal. Pesquise dados para embasar os argumentos e pense em ações que podem contribuir para mitigar esses impactos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

3. O que é poluição térmica e poluição sonora e quais são os principais efeitos nocivos para a espécie humana?
4. ODS 11 ODS 12 Com relação aos resíduos sólidos, responda:
   a. Quais são os principais problemas causados pelos lixões?
   b. Quais são as alternativas para disposição do lixo em substituição aos lixões? Descreva cada uma.
5. ODS 11 ODS 12 De acordo com os dados do "Panorama dos resíduos sólidos no Brasil" (2022), produzido pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2022 foi de 81,8 milhões de toneladas.

   Com relação à coleta de resíduos sólidos, foram coletadas 76,1 milhões de toneladas no ano em questão, sendo 61% encaminhados aos aterros sanitários e o restante, aos lixões e aterros controlados.

   Fonte: elaborado com base em PANORAMA dos resíduos sólidos no Brasil – 2022. **Abrelpe**, São Paulo, 2022. Disponível em: https://abrema.org.br/panorama/. Acesso em: 9 out. 2024.

   a. Em média, qual é a quantidade de resíduos sólidos produzida por um habitante do Brasil ao longo de um ano? E por dia? Um habitante produz 0,40274 tonelada (ou 402,74 quilogramas) por ano e 0,001103 tonelada (ou 1,103 quilograma) por dia.
   b. De acordo com os dados, qual é a quantidade anual de resíduos que pode constituir um grave problema ambiental? Quais são as implicações do descarte dessa quantidade de resíduos?

No ano de 2022, a destinação inadequada de lixo corresponde a pouco mais de 35 milhões de toneladas.

Desenvolvimento sustentável

OBJETO DIGITAL
Carrossel de imagens: Práticas sustentáveis

No modelo de **desenvolvimento sustentável**, considera-se que o avanço socioeconômico e a conservação do ambiente não são incompatíveis e devem estar intimamente relacionados. Os recursos naturais renováveis podem ser suficientes para atender às necessidades atuais de todos, desde que manejados de acordo com sua taxa de renovação, para que não faltem para as gerações futuras. Para isso, devem ser elaborados planos de manejo que considerem não apenas as características do ambiente, mas também a cultura, a história e a situação social da comunidade que depende desses recursos naturais.

Os quatro pilares do desenvolvimento sustentável são:

- ser **economicamente viável** sem agredir o ambiente;
- ser **socialmente justo**, acessível a todos;
- ser **culturalmente diversificado**, promovendo igualdade e benefícios para todos;
- ser **ecologicamente correto**, não esgotando os recursos da natureza.

Não é fácil atender a todos esses quesitos simultaneamente quando há poderes econômicos envolvidos, mas há um forte movimento de busca da sustentabilidade. Diversas conferências mundiais têm ocorrido com o propósito de debater, analisar e traçar estratégias para o desenvolvimento sustentável, e o desenvolvimento de ferramentas e indicadores de sustentabilidade contribuem para mensurar o desempenho na implementação do desenvolvimento sustentável. A **pegada ecológica** possibilita converter a quantidade de matéria e energia utilizadas na fabricação de algum produto ou na realização de alguma atividade humana em área de terras ou águas produtivas. A comparação desse indicador com a **biocapacidade** – a capacidade dos ecossistemas em produzir recursos naturais utilizáveis e absorver resíduos gerados – mostra quanto o consumo humano exige dos recursos naturais e do planeta.

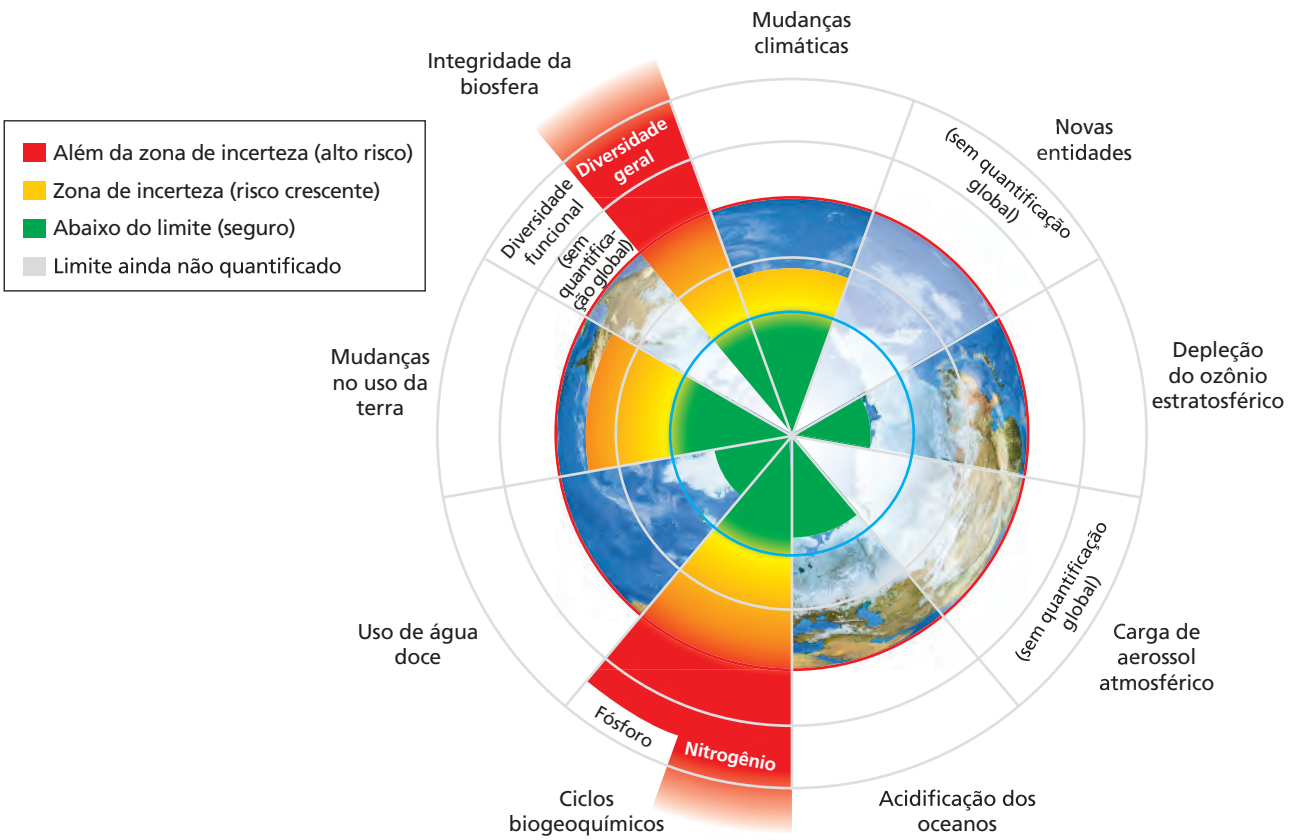
O desenvolvimento sustentável passa pelo consumo consciente, que a cada dia vem sendo mais valorizado. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, todo consumo causa impacto (positivo ou negativo) na economia, nas relações sociais, na natureza e nas pessoas. As pessoas, ao tomarem consciência desses impactos na hora de escolher o que comprar e de quem comprar e definirem a maneira de usar e como descartar o que não serve mais, podem maximizar os impactos positivos e minimizar os negativos. Dessa forma, contribuem com seu poder de escolha para construir um mundo melhor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em 2009, um grupo de cientistas propôs o conceito de **limites planetários** (LP) ou fronteiras planetárias, em que a ideia principal foi delimitar o que seria um "espaço operacional seguro" para desenvolver a humanidade respeitando o funcionamento do planeta. Esse espaço seguro define faixas de variação seguras ou limites seguros em uma série de processos planetários que, se ultrapassados, poderiam acarretar mudanças globais catastróficas.

Esse grupo listou, em 2015, nove fronteiras planetárias cujos limites deveriam ser considerados ao se propor o desenvolvimento sustentável.

Limites planetários



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ARBILLA, G. Antropoceno: os desafios de um Novo Mundo. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 10, n. 6, p. 1619-1647, 2018.

Representação dos limites planetários (LP) em 2015. Os setores representam os nove LP e os círculos azul e vermelho representam os limites superiores da faixa segura e da faixa de incerteza, respectivamente.

Esses limites estabelecidos não são os valores críticos além dos quais as mudanças são irreversíveis, mas estão a uma distância segura que permite que medidas administrativas ainda sejam tomadas a tempo. As alterações nos ciclos biogeoquímicos (fósforo e, principalmente, nitrogênio) e na diversidade geral já se encontram além da faixa de incerteza, ou seja, apresentam alto risco de se tornarem irreversíveis.

Fique por dentro

Manual de educação para o consumo sustentável

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Educação. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Manual de educação para o consumo sustentável**. Brasília, DF: MEC/MMA/IDEC, 2005. Disponível em: http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

O manual elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente e pelo Ministério da Educação, em parceria com o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, trata da sustentabilidade sob variados aspectos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

6. Com relação ao desenvolvimento sustentável pode se afirmar que há quatro pilares fundamentais. Quais são eles? Defina e comente cada um.

7. Levando em conta o que aprendeu neste capítulo sobre desenvolvimento sustentável e limites planetários, responda:

a. O que são limites planetários?

b. Quais são as fronteiras planetárias em que já estamos mais perto da condição crítica de não retorno?

Registre em seu caderno

TRABALHO E JUVENTUDES

Da ansiedade ao engajamento climático

ODS 13

As ações humanas geram alterações significativas e perceptíveis no ambiente, mas você já parou para pensar nas consequências psicológicas que as alterações ambientais têm ocasionado? A exposição demasiada às notícias sobre desastres ambientais e as incertezas diante do futuro, acrescida da pouca efetividade no enfrentamento dessa crise, têm provocado ansiedade, a chamada **ecoansiedade**, e os jovens parecem ser particularmente afetados por esse mal.

Essa ansiedade pode gerar preocupação excessiva, medo, desesperança e culpa, mas também pode funcionar como um propulsor para que as pessoas se engajem em ações de enfrentamento de suas causas, mitigando as mudanças climáticas, e participem da luta por **justiça climática**, protegendo as populações mais vulneráveis dos efeitos das mudanças climáticas e cobrando ações daqueles que mais poluem ou daqueles que podem criar regulamentações efetivas.

O engajamento em ações coletivas voltadas às questões socioambientais representa uma busca para se adaptar a uma nova realidade e pode contribuir tanto para reduzir a ansiedade climática quanto para enfrentar suas causas. E a juventude tem um papel especial nessas ações, visto que estão defendendo não apenas seu presente, mas também seu futuro. No Brasil, diversas jovens lideranças de povos indígenas, comunidades tradicionais e periferias dos grandes municípios têm trilhado esse caminho, alcançando grandes feitos na causa ambiental.



STEPHEN MCCARTHY/SPORTSFILE FOR WEB SUMMIT RIO/GETTY IMAGES

Txai Suruí, ativista indígena brasileira durante evento no Rio de Janeiro (RJ, maio 2023).

Entre as grandes referências brasileiras está a liderança indígena Txai Suruí, que fundou o Movimento da Juventude Indígena de Rondônia e, aos 24 anos, discursou na abertura da 26ª Conferência sobre Mudanças climáticas (COP26) da ONU.

Durante a 28ª Conferência de Mudanças Climáticas da ONU, em 2023, continuou a mobilização entre ativistas climáticos e representantes de organizações e projetos para ampliar a participação de jovens nas discussões e na tomada de decisões sobre mudanças climáticas, mostrando que a juventude não é só o futuro do país, mas também o seu presente.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Porque é importante que os jovens se engajem em ações, projetos e programas voltados às mudanças climáticas e outros desafios socioambientais?
2. Escolha algum(a) jovem que seja uma referência para você por ser uma liderança comunitária ou estar envolvido(a) em um projeto socioambiental. Se possível, converse com a pessoa ou faça uma pesquisa sobre a trajetória dela e apresente-a aos colegas.
3. Apesar da extrema importância das ações no âmbito governamental e das grandes corporações, a mudança de atitude também é essencial. Além das ações individuais, você pode participar de atividades coletivas. Você conhece alguma iniciativa em seu bairro? Converse com os amigos, familiares e integrantes da comunidade ou faça uma pesquisa para identificar iniciativas e compartilhe os resultados com os colegas.
4. ODS 11 ODS 13 Muitas prefeituras têm conselhos de meio ambiente em que a sociedade civil pode participar contribuindo com ideias e questionamentos a respeito de questões ambientais. Pesquise se a prefeitura do município em que vive tem um conselho ambiental ou algum grupo de usuários de praças ou parques. Compartilhe as informações com os colegas.

Conservação biológica

A perda de ecossistemas implica perda dos chamados serviços ecossistêmicos, isto é, dos processos ecológicos dos ecossistemas que são favoráveis ao sustento dos seres humanos. Incluem-se aí a qualidade do ar, mantendo estável sua composição; a degradação biológica de resíduos diversos em ambientes terrestres e aquáticos (como vemos acontecer nos rios após um ponto de descarga de esgotos, por exemplo); o controle natural de pragas por meio de interações bióticas; a polinização das espécies nativas e cultivadas; e muitos outros. Uma das metas da conservação biológica é a manutenção desses serviços ao longo do tempo e de modo sustentável.

Unidades de conservação

OBJETO DIGITAL
Mapa clicável: Parques nacionais brasileiros

Um dos recursos utilizados pelo ser humano para a proteção e a manutenção da biodiversidade em seus três níveis (**diversidade genética**, **de espécies** e **de ecossistemas**) é a criação de áreas chamadas **unidades de conservação** (UC).

No Brasil, todas as unidades de conservação são cadastradas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), segundo o qual uma unidade de conservação consiste em um

> [...] espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público com objetivos de conservação e [com] limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. [...]

Fonte: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Educação ambiental – SNUC**. Brasília, DF: MMA/ICMBio. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/politicas/snuc.html. Acesso em: 9 out. 2024.

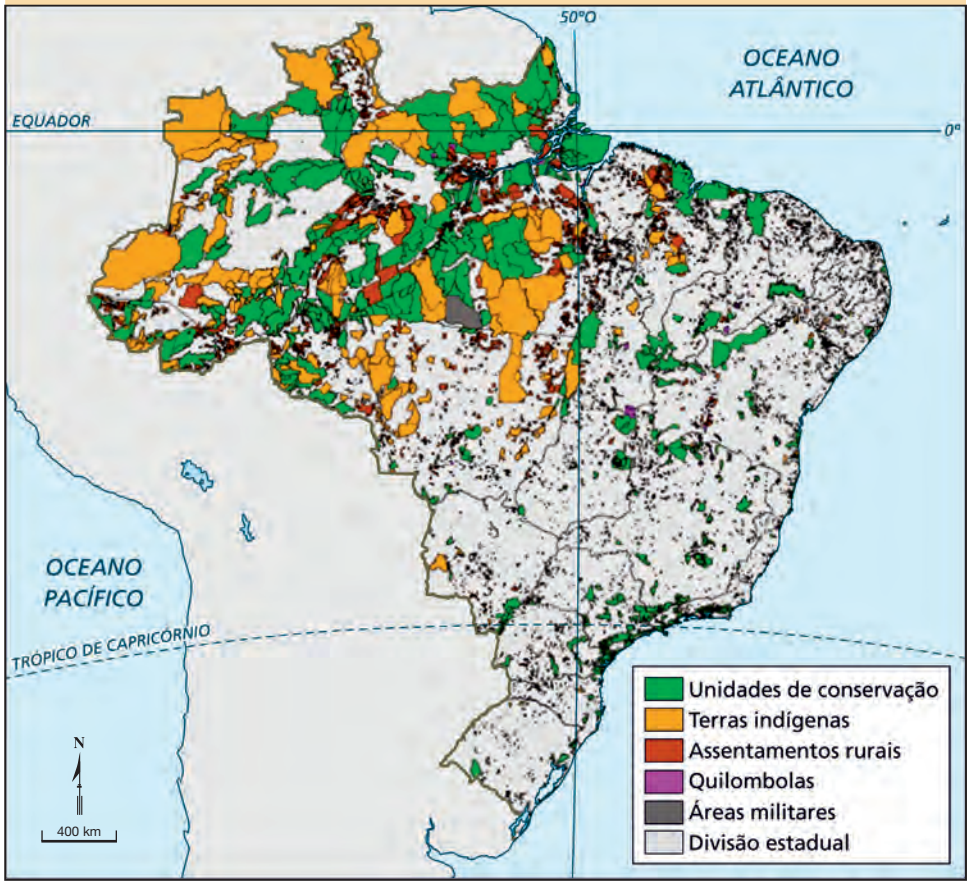
Atualmente, o SNUC inclui 12 tipos de área protegida, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e aos usos permitidos: há aquelas que precisam de mais cuidados, por sua fragilidade e particularidades (proteção integral), e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo.

Além dos vários tipos de UC, há categorias de áreas atribuídas a determinados grupos sociais e que de alguma forma podem se apresentar com menor taxa de degradação, principalmente pelas atividades agropecuárias extensivas: são as terras indígenas e quilombolas, os assentamentos rurais e as áreas militares.

Em abril de 2017, segundo dados do Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (Gite) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), existiam no Brasil 12.184 áreas legalmente atribuídas para UC, terras indígenas, assentamentos de reforma agrária, quilombolas e áreas militares, ocupando um total de 315.924.844 hectares, retiradas as sobreposições.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Áreas protegidas no Brasil



ALEXANDRE BUENO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ATRIBUIÇÃO das terras do Brasil. **Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (Gite)**, Campinas, 2017. Disponível em: https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/gite/projetos/atribuicao/index.html. Acesso em: 9 out. 2024.

Repartição territorial das áreas protegidas do Brasil.

O processo de atribuição de áreas traz consigo um imenso desafio de gestão territorial e fundiária, uma vez que deve contar com infraestrutura de pessoal e equipamentos, com custo muito alto. As pressões pela ocupação de terras atribuídas para outros fins são enormes, como se pode observar pelo que vem acontecendo principalmente desde 2019 no que se refere à exploração de áreas protegidas da Amazônia.

Para assegurar a proteção nas UC, a legislação ambiental brasileira ainda define em seu entorno externo uma zona de amortecimento onde as atividades agrícolas (e outras) são limitadas (proibição de transgênicos, de pulverizar com aviação agrícola etc.). Essas zonas de amortecimento acrescentam entre 1% e 9% do território nacional ao percentual de terras cujo uso é de algum modo restrito.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

8. ODS 14 ODS15 Faça uma pesquisa sobre os tipos de unidade de conservação. Escolha duas UC e descreva como é cada uma delas quanto a ser pública e/ou privada e se são permitidas a residência de pessoas, a visitação e a pesquisa científica. Registre a resposta no caderno e compartilhe as informações com os colegas.

9. Analise o mapa das áreas protegidas no Brasil e escreva qual região do país concentra as maiores áreas de conservação. Discuta com os colegas os prós e os contras da manutenção dessas áreas em relação aos habitantes da região, à biodiversidade, à economia do país e à sustentabilidade, levando em conta pontos de vista distintos de setores da sociedade.

10. Pesquise se há alguma relação entre as terras indígenas e a conservação da biodiversidade. Você nota discordâncias entre as fontes consultadas? Se sim, quais?

11. Qual é a importância de serem incluídos dados das populações indígenas e quilombolas no Censo 2022? Pesquise a diversidade territorial no Censo 2022.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. (Enem) Um dos grandes problemas das regiões urbanas é o acúmulo de lixo sólido e sua disposição. Há vários processos para a disposição do lixo, dentre eles o aterro sanitário, o depósito a céu aberto e a incineração. Cada um deles apresenta vantagens e desvantagens.

Considere as seguintes vantagens de métodos de disposição do lixo. 1. Alternativa **b**.

I. diminuição do contato humano direto com o lixo;

II. produção de adubo para agricultura;

III. baixo custo operacional do processo;

IV. redução do volume de lixo.

Uma relação correta entre cada um dos processos para a disposição do lixo e as vantagens apontadas é:

	Aterro sanitário	Depósito a céu aberto	Incineração
a.	I	II	I
b.	I	III	IV
c.	II	IV	I
d.	II	I	IV
e.	III	II	I

2. Leia o texto a seguir e responda ao que se pede.

[...]

Apontada pela ONU como a cidade "mais poluída do mundo", Cubatão ficou conhecida globalmente como "Vale da Morte" [no início da década de 1980].

[...]

Apenas 10 anos depois, no entanto, Cubatão foi reconhecida na Conferência sobre o Meio Ambiente da ONU, Eco-92, como símbolo de recuperação ambiental. Com a imposição de medidas de controle, como instalação de filtros nas chaminés, as emissões de poluentes chegaram a cair 90% [...].

[...] a partir de 1983 – mais de 30 anos depois do estabelecimento do polo industrial –, como parte de um programa do governo do Estado e das indústrias para reduzir a emissão de poluentes, a Cetesb começou a identificar as fontes de poluição no ar, na água e no solo da região.

[...]

Fonte: COSTA, C. Mais de 3 décadas após "Vale da Morte", Cubatão volta a lutar contra alta na poluição. **BBC News Brasil**, Cubatão, 10 mar. 2017. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-39204054. Acesso em: 9 out. 2024.

ARAQUÉM ALCÂNTARA/ESTADÃO CONTEÚDO/AE



Chaminés de indústrias em Cubatão (SP), em 1977. Nesse ano, a emissão de gases tóxicos no município ultrapassava mil toneladas por dia e destruía vegetação da serra do Mar.

Com base no texto, conclui-se que a restauração ambiental em Cubatão se deu principalmente pelo(a): 2. Alternativa **c**.

a. retirada das indústrias como forma de redução da emissão de poluentes e despoluição de corpos-d'água e mananciais.

b. programa de reflorestamento e reintrodução de espécies ameaçadas de extinção.

c. plano estabelecido entre poder público e empresas industriais e controle de emissão de poluentes pelas fábricas.

d. redirecionamento dos poluentes para áreas adjacentes e despoluição de corpos-d'água e mananciais.

e. reintrodução de espécies ameaçadas de extinção e redução das emissões de poluentes.

3. (Unicamp) O acidente radioativo na usina de Chernobyl, na Ucrânia, em 1986, exigiu a evacuação de mais de 100 mil pessoas em um raio de 30 km. Até hoje, a região é isolada e o acesso público, restrito. Pouco tempo após o acidente, muitos estudos indicaram que vários organismos, entre os quais aranhas e insetos, haviam sofrido efeitos negativos da radiação. Porém, estudos recentes, utilizando armadilhas fotográficas e imagens aéreas, mostraram que a cidade-fantasma foi ocupada por diversas espécies de plantas e animais, cuja abundância tem aumentado na região.

(Roland Oliphant, 30 years after Chernobyl disaster, wildlife is flourishing in radioactive wasteland, **The Telegraph**, 24/04/2016.)

Indique a alternativa que fornece uma explicação correta para o fenômeno descrito no texto anterior. 3. Alternativa **d**.

a. A radiação diminui a taxa fotossintética de plantas, porém a ação de descontaminação do ambiente pelo homem permite o retorno de populações de plantas e, portanto, dos organismos que delas se alimentam.

b. A radiação aumenta a taxa de mutação e acelera o metabolismo de plantas, favorecendo sua taxa reprodutiva, o que leva a aumento de suas populações e, consequentemente, das populações de herbívoros.

c. A radiação reduz os tumores de animais e plantas, aumentando a taxa de sobrevivência desses seres vivos e, consequentemente, o tamanho de suas populações e das de seus consumidores.

Continua

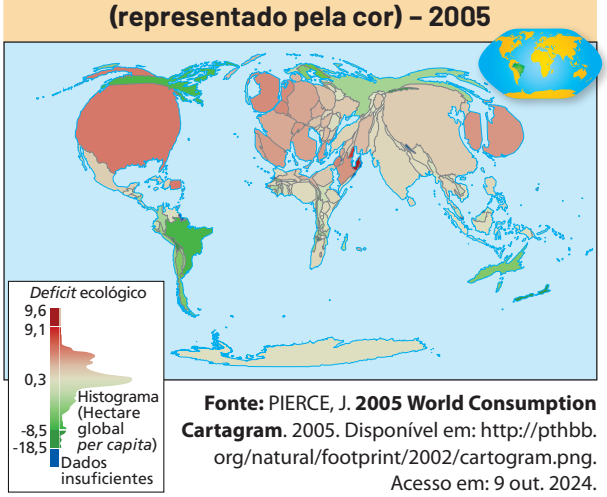
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

d. A radiação tem impactos negativos sobre animais e plantas, porém a ausência de atividade humana no ambiente contaminado por radiação favorece o crescimento das populações desses organismos.

4. Os padrões de produção e consumo das sociedades contemporâneas têm colocado a preservação ambiental constantemente em risco. Por isso, modelos com o intuito de relacionar a sustentação das populações humanas com o consumo de recursos naturais vêm sendo desenvolvidos. Um deles é a pegada ecológica, que estima, geralmente por país, a área total de terras, mares e rios (a biocapacidade) que seria demandada para abastecer os habitantes com os recursos necessários. Quando o valor da pegada ecológica supera a biocapacidade, é dito que há um *deficit* ecológico, ou seja, os recursos necessários para abastecer a população humana superam a capacidade do país em produzi-los.

4. Alternativa **b**.

Biocapacidade (representada pela área de cada país) e *deficit* ecológico (representado pela cor) – 2005



FERNANDO JOSÉ FERREIRA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIERCE, J. **2005 World Consumption Cartagram**. 2005. Disponível em: http://pthbb.org/natural/footprint/2002/cartogram.png. Acesso em: 9 out. 2024.

Mapa temático da biocapacidade, representada pela área de cada país, e do *deficit* ecológico, representado pela cor.

Com base no mapa e no texto, conclui-se que:

a. os países representados pelas tonalidades de bege são, por definição, os maiores poluidores do planeta, uma vez que o *deficit* ecológico mede, indiretamente, o grau de poluição.

b. os países que apresentam altos valores de consumo de biocapacidade e *deficit* ecológico são, de modo geral, os países mais desenvolvidos do mundo.

c. os países representados por extensões territoriais diminuídas são aqueles nos quais a pegada ecológica é menor que a biocapacidade, pois a produção é alta e supre as demandas nacionais.

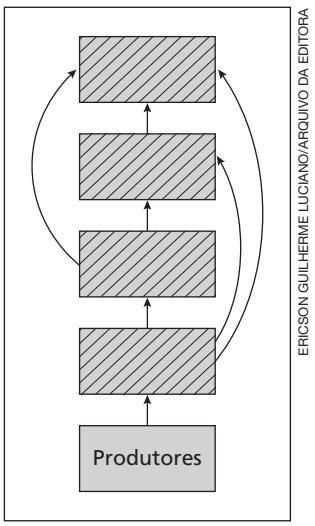
d. os países representados pelas tonalidades esverdeadas têm uma pegada ecológica menor que a biocapacidade porque aplicam o desenvolvimento sustentável.

e. os países menos desenvolvidos costumam ter um consumo de biocapacidade baixo e, no entanto, altos valores de *deficit* ecológico.

5. (Fuvest-SP) A presença de mercúrio foi analisada em populações humanas ribeirinhas e em três espécies A, B e C de animais de um rio da região amazônica, todos fazendo parte de uma mesma teia alimentar. A tabela mostra os resultados obtidos.

Amostras	Concentração média de mercúrio (microgramas/g)
Cabelos de seres humanos	19,1
Tecidos de animais da espécie A	8,3
Tecidos de animais da espécie B	0,7
Tecidos de animais da espécie C	0,01

a. [...] [Reproduza no caderno o esquema a seguir e distribua os seres humanos e os animais das espécies A, B e C, de modo a representar corretamente a teia alimentar.]



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

b. Não está ainda esclarecido se o mercúrio presente no rio pode prejudicar a saúde das populações ribeirinhas. Como precaução, pensou-se em recomendar que as pessoas deixassem de comer peixe. Sabendo-se que peixe e mandioca (aipim) são os alimentos básicos dessas populações, a retirada do peixe da alimentação pode provocar desnutrição? Por quê?

6. O consumo gera diversos impactos ambientais que precisam ser considerados nas ações e políticas que visam à sustentabilidade. Por isso, entender como o consumo impacta o ambiente constitui um modo de propor medidas de redução de impactos e práticas de consumo consciente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Considere que você tem a seguinte questão em mãos, sobre a qual precisa propor ações de mitigação ou medidas de enfrentamento: Os produtos que consumimos geram impactos ambientais nas etapas da cadeia de produção. Você pode considerar, por exemplo, os impactos relacionados à produção de alimentos de origem animal ou vegetal, produção de itens de vestuário, transporte, produção de energia elétrica, entre outros. Para isso, aplique os três pilares do **pensamento computacional** como estratégia para resolução de problemas.

Decomposição: o problema apresentado é complexo e envolve muitos componentes. Ao fazer a decomposição do problema, é possível dividi-lo em partes menores e mais gerenciáveis facilitando a compreensão do problema, fundamental para propor soluções.

Reconhecimento de padrões: esta etapa envolve identificar tendências, similaridades e regularidades dos processos decompostos na etapa anterior. Com isso, é possível verificar padrões, como fatores comuns ou parecidos que geram os mesmos resultados.

Abstração: nesta etapa, deve-se focar nos aspectos mais relevantes, deixando de lado aspectos menos importantes relacionados ao problema.

Selecione uma das partes que compõem o problema e proponha medidas de mitigação de impactos ambientais. Pesquise, em fontes confiáveis, dados sobre a questão de interesse e faça uma análise crítica das informações obtidas. Elabore um texto que apresente o problema, as partes que foram identificadas após decompor o problema, os padrões reconhecidos e três propostas de ações práticas que possam mitigar os impactos ambientais daquilo que foi analisado. Você pode usar gráficos, tabelas e diagramas para apresentar as ideias. Ao final, compartilhe com o professor e com os colegas.

7. Pesquise quanto tempo leva para os principais materiais recicláveis se degradarem no ambiente. De que maneira você pode contribuir para atenuar o problema do descarte de resíduos?

8. O Brasil está na 5ª posição dos países com os maiores índices de poluição sonora, que pode ser responsável pelo comprometimento do sistema auditivo e do bom funcionamento do organismo. Vamos medir os ruídos em diferentes regiões do município para identificar as áreas com maior nível de poluição sonora e propor medidas mitigatórias que promovam a melhora na qualidade de vida da população local.

Nessa proposta, você e seu grupo vão precisar baixar um decibelímetro de aplicativo de celular (há vários disponíveis gratuitamente) para fazer um mapeamento do ruído em algumas regiões. Procurem abranger as mais diversificadas áreas. No dia da coleta de dados, desloquem-se para diferentes locais do município, tendo previamente combinado os horários das medições. Anotem a medida de ruído em decibéis, a impressão da intensidade do ruído e quais as fontes sonoras do local em que o grupo coletou os dados.

Após a coleta de dados por todos os grupos:

a. Retomem os conceitos de acústica, funcionamento da audição humana e pesquisem sobre os níveis de ruídos e a saúde humana. Qual é a relação entre a intensidade sonora e os riscos à audição?

b. Com base no limiar seguro à saúde auditiva, analisem os dados coletados, reconhecendo padrões para identificar as áreas com a poluição sonora que pode comprometer a saúde da comunidade local.

c. Proponham medidas mitigatórias possíveis de serem implementadas pela população e até mesmo pelas autoridades locais e apresentem os dados coletados e as sugestões mitigatórias à comunidade na forma em que a turma achar mais adequada.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com esta Unidade foi finalizado, é o momento de você refletir sobre seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, analise e responda às questões a seguir.

Retome as questões da seção **Pense nisso!** na abertura desta Unidade e avalie se concorda com suas respostas anteriores depois das discussões realizadas ao longo do estudo dos capítulos. Reescreva-as, se for necessário.

- O que você aprendeu acerca dos assuntos abordados nesta unidade?
- Quais assuntos/atividades geraram mais dificuldades para sua aprendizagem? Como você as superou?
- Reveja os pontos que deixaram dúvidas e que não foram bem compreendidos. Converse sobre eles com o professor e os colegas a fim de planejarem outras possíveis estratégias de estudo.
- O que mais você gostaria de saber sobre os conteúdos abordados nesta unidade?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Embalagem: confiável ou enganosa?

Diariamente somos bombardeados por inúmeras propagandas em diferentes meios de comunicação: televisão, revistas, páginas de notícias na internet, redes sociais etc. Com o aumento da consciência ambiental dos consumidores, uma tendência apoiada nas ideias de sustentabilidade e saúde tem ganhado destaque nos últimos anos e levado as empresas a adequar seus processos produtivos e produtos para evitar ou minimizar impactos socioambientais negativos. No entanto, várias empresas também têm desenvolvido estratégias para maquiar seus produtos.

Veja o exemplo fictício de três marcas de um mesmo tipo de produto de higiene pessoal.



Três marcas fictícias de um mesmo tipo de produto de higiene pessoal, com características distintas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Já parou para pensar em como você, seus familiares ou colegas fazem a escolha dos produtos que consomem? São escolhas puramente racionais? O que mais chama a atenção? Já notou que as embalagens também desempenham um papel na propaganda do produto?

Observando a imagem anterior, se você tivesse de escolher, apenas pela embalagem, uma das marcas fictícias apresentadas anteriormente, por qual optaria e por quê? Em seguida, converse com os colegas para saber qual produto eles escolheriam e os motivos que os levaram a essa escolha.

Nesta seção, vamos analisar o papel das propagandas em tempos de maior consciência ambiental. Com base nessa temática, reflita e converse com os colegas sobre as questões a seguir:

1. Por que as pessoas estão mais atentas e preocupadas com questões ambientais? Como isso se reflete nas escolhas de consumo?
2. Você sabe o que significam os termos e selos apresentados nas imagens das marcas fictícias? Já viu outros termos ou selos em produtos que você consome ou que estão em sua residência?

Continua

Continuação

3. Você tem o costume de ler as informações das embalagens dos produtos que consome? Consegue interpretar todas as informações apresentadas?
4. Quais são as características que têm maior impacto na sua escolha de produtos?
5. Você sabe quais são os elementos básicos da propaganda e como eles se relacionam com nossas escolhas?

Ampliação de repertório

Depois da reflexão inicial, aprofundem as discussões com pesquisas a respeito dos tópicos destacados. Vocês podem buscar informações sobre os elementos básicos da propaganda e como são aplicados na confecção das embalagens, de que maneira as propagandas têm se adequado à ideia de sustentabilidade, qual é o significado de termos como eco, natural, orgânico, vegano, biodegradável, eu reciclo, *green* etc.

Complementem a pesquisa com documentos que orientam as políticas de algumas empresas com forte apelo sustentável (normas de produção, logística reversa etc.). Em posse de todos os dados, analisem alguns rótulos em busca de casos de propagandas enganosas ou façam uma busca a respeito de empresas que foram autuadas e tiveram de ajustar embalagens de alguns produtos.

Para facilitar a etapa seguinte, organizem os dados pesquisados com o auxílio de alguma ferramenta digital ou disponham notas autoadesivas em uma parede da sala de aula.

Produção de conteúdo

Agora que vocês já refletiram sobre a mídia apresentada, pesquisaram os termos e selos que podem aparecer em embalagens de produtos de higiene pessoal, produtos de limpeza, alimentos etc., conheceram os elementos básicos da propaganda e pesquisaram os abusos que podem ser cometidos na propaganda de alguns produtos, com alguns exemplos confirmados, escolha uma das sugestões para produzir um conteúdo e aplicar tudo o que aprendeu:

1. Elaborem um guia de orientação para identificar marcas ou produtos que se utilizam de práticas enganosas ou induzem o consumidor a realizar a compra sem conhecimento completo do que está sendo adquirido.
2. Em posse de um produto em que a turma tenha identificado prática enganosa na propaganda, produzam um documento destinado à empresa fabricante. Para isso, atentem para a linguagem que deverá ser adotada e relatem os dados inadequados, solicitando explicações ou informações adicionais e medidas para solucionar o problema (muito cuidado com acusações infundadas).

Autoavaliação

Este espaço é destinado para reconhecer seus pontos fortes e oportunidades de melhoria em seu processo de aprendizagem. Anote em seu caderno o nível de desempenho para cada critério listado a seguir. Combine previamente com o professor o que é esperado para os níveis de desempenho: avançado, adequado, básico e iniciante. Seguem os critérios adotados para essa proposta:

- Aplicar técnicas de pesquisa para avaliar, nas mídias utilizadas, a confiabilidade dos diversos tipos de informação e conteúdo apresentados.
- Reunir e resumir informações do conteúdo midiático coletado.
- Aderir ao tema, com textos e informações corretas coletadas de maneira responsável.
- Criar e distribuir conteúdo nas mídias adequadas, com escrita criativa, técnica e ética.
- Apresentar os resultados de maneira clara, com domínio técnico e apropriado ao público-alvo definido.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

UNIDADE 3

ÁGUA E ALIMENTOS



PIRATÁ WAURA/PULSAR IMAGENS

Mulher da etnia indígena Wauja no Parque Indígena do Xingu, em Gaúcha do Norte (MT), em 2023, realizando extrativismo sustentável de mandioca. Essa atividade promove desenvolvimento econômico associado à valorização da cultura indígena e à conservação dos biomas e dos recursos hídricos.

Abordar o extrativismo sustentável possibilita a integração com Química, ao tratar de cinética química e conservação de alimentos, e com Física, ao tratar de tecnologias que possibilitam o monitoramento das áreas dos biomas conservadas e desmatadas para atividades agropecuárias.

O tema desta unidade também é trabalhado nos volumes de Física e de Química desta coleção.

No Brasil, a vasta extensão territorial abriga rica biodiversidade, mas o crescimento populacional e o estilo de vida atual demandam inúmeros recursos naturais. A produção de alimentos consome grande quantidade de água e afeta os ecossistemas em decorrência do desmatamento, da poluição e do esgotamento do solo. Nas últimas décadas, a conscientização ambiental passou a fazer parte da economia, com o desenvolvimento do conceito de extrativismo sustentável, que garante a retirada de recursos naturais sem afetar (ou afetando o mínimo possível) o ambiente.

Nesta unidade, vamos analisar os ecossistemas aquáticos, o impacto da ausência de saneamento básico para a saúde, o impacto da produção de alimentos nos biomas brasileiros e a fisiologia das angiospermas, grupo de plantas a que pertencem muitos componentes importantes da alimentação humana. Entender a fisiologia das plantas faz parte das soluções para a agricultura sustentável.

Pense nisso!

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. De que maneira os ecossistemas aquáticos podem ser afetados pela interferência humana? Quais são as causas da eutrofização? Que iniciativas poderiam evitar a eutrofização em ecossistemas aquáticos?
2. Quais são as consequências do saneamento básico inadequado? Como as populações (ou subgrupos populacionais) podem ser afetadas?
3. De que maneiras a produção de alimentos e outras atividades humanas podem afetar os biomas e a biodiversidade dos ecossistemas?
4. Como os conhecimentos sobre as plantas podem contribuir para a produção de alimentos?

Capítulo 9

Recursos hídricos e ecossistemas aquáticos

A imagem a seguir mostra uma cena de poluição aquática. Pode-se observar uma grande quantidade de resíduos, incluindo garrafas PET, embalagens de alimentos, sacos plásticos e outros detritos, acumulados à margem de um corpo-d'água. Além dos resíduos, há barcos ancorados e animais que são atraídos pelos restos de alimentos. A situação mostrada é um grave problema ambiental, pois pode afetar negativamente a saúde dos ecossistemas aquáticos e das comunidades humanas locais, e destaca a urgente necessidade de conscientização e ações para combater a poluição aquática, um desafio em muitas partes do mundo.

Atividades humanas podem resultar em descarte inadequado de resíduos e impactos em ecossistemas aquáticos e na saúde de comunidades relacionadas, como as comunidades ribeirinhas, afetando-as de várias maneiras. A água utilizada para o consumo humano, por exemplo, é retirada de fontes subterrâneas ou superficiais e submetida a tratamento para torná-la potável. Após o uso, as águas residuais chegam às estações de tratamento de esgoto, onde passam por processos que retiram impurezas e contaminantes antes de retornar para o ecossistema. O lançamento de esgoto sem tratamento adequado diretamente em corpos-d'água acarreta graves consequências ambientais e sociais.

Neste capítulo, vamos abordar a água, da qual dependemos para viver de modo saudável, bem como os diversos tipos de ecossistemas aquáticos, destacando sua vulnerabilidade relacionada aos modos de uso.



TARCÍSIO SCHNAIDER/PULSAR IMAGENS

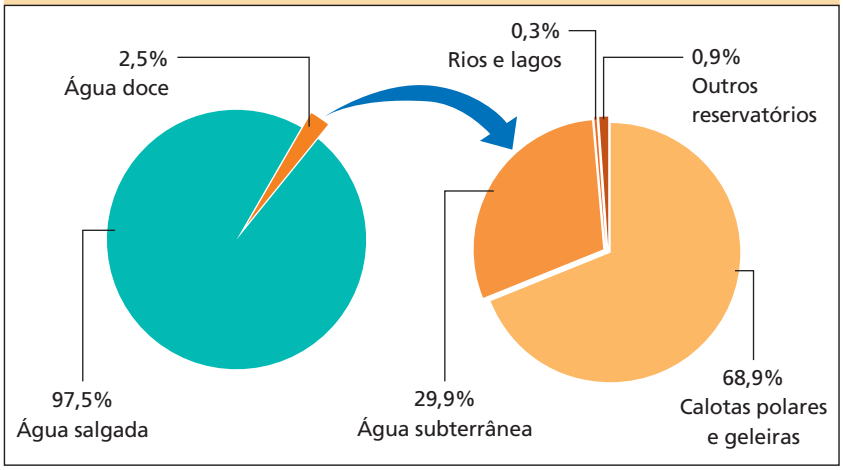
Lixo acumulado nas margens do rio Tapajós, em Santarém (PA), em jan. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A disponibilidade de água doce

ODS 6

Distribuição de água no planeta Terra



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015.

Disponibilidade da água do planeta e distribuição da água doce nas principais fontes e reservatórios.

Mais da metade da superfície terrestre é coberta por água, mas a maior parte dela é salgada e está presente nos mares e oceanos. A água salgada é imprópria para o consumo humano e da maioria dos animais. Apenas uma pequena parte do total de água do planeta é de água doce e, de toda a água doce existente, uma porcentagem ainda menor está na forma líquida e disponível como recurso, ou seja, que pode ser explorada economicamente. Acompanhe no gráfico.

A água doce existente no mundo está distribuída geograficamente de maneira desigual. Mais da metade de toda a reserva renovável de água doce está concentrada em apenas seis países: Brasil, Rússia, Canadá, Indonésia, China e Colômbia. Em contrapartida, alguns países, como Jordânia e Kuwait, têm reservas renováveis de água doce reduzidas ou praticamente inexistentes.

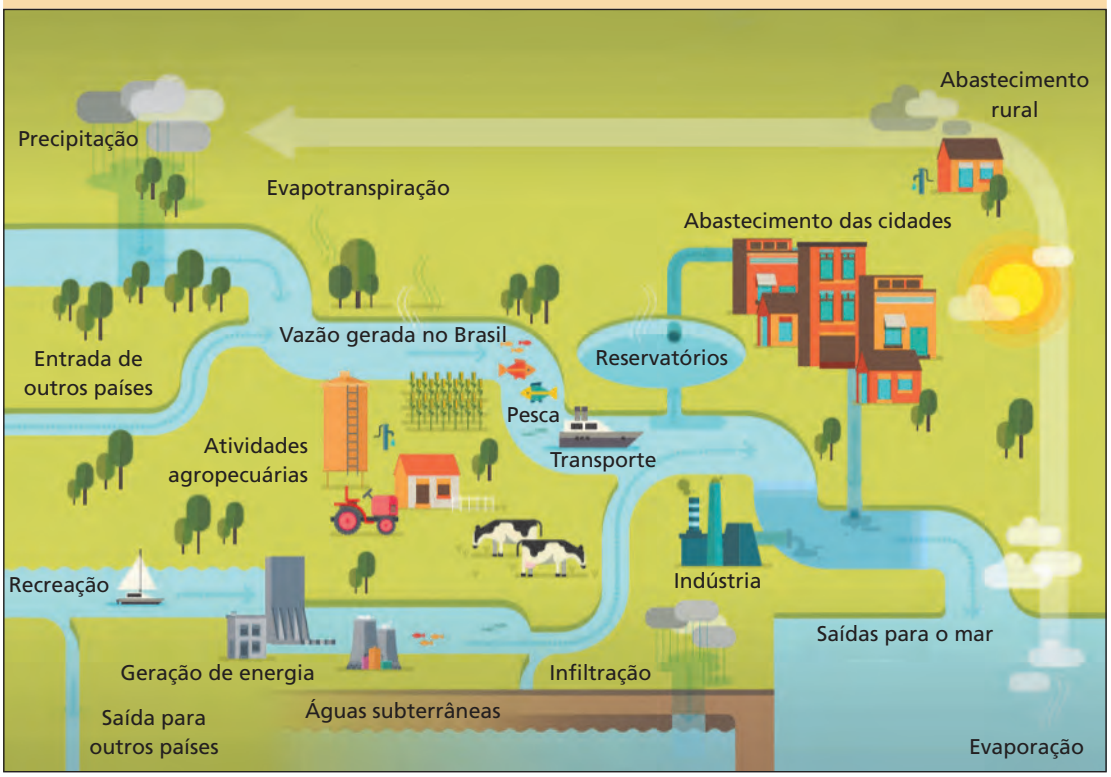
Segundo o Ministério das Relações Exteriores, 12% das reservas de água doce do planeta estão no Brasil, o que corresponde a 53% dos recursos hídricos da América do Sul. A maior reserva de água doce subterrânea do mundo encontra-se parcialmente no Brasil, ocupando grande parte do território nacional. Trata-se do Aquífero Guarani, que tem 1,2 milhão de quilômetros quadrados. Aquíferos são formações geológicas subterrâneas, compostas de rochas porosas ou camadas de sedimentos, que podem armazenar água e permitir seu escoamento. Eles são fontes importantes de água doce para o consumo humano.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

REPRODUÇÃO/AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

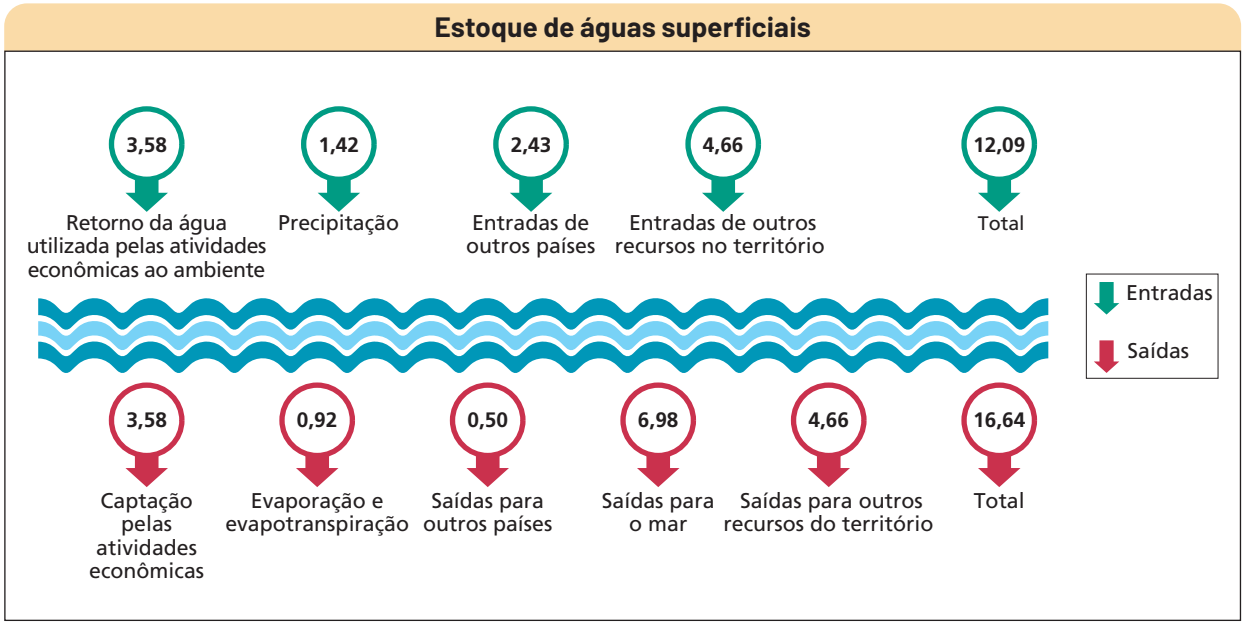
A análise e interpretação dos infográficos contribuem para o desenvolvimento das habilidades EM13CNT101 e EM13CNT105, uma vez que eles evidenciam como ações humanas interferem no ciclo da água, possibilitando realizar previsões sobre mudanças em diferentes situações.

Fluxos de água doce no Brasil



Representação dos fluxos de água doce no Brasil. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Informe anual**: conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023. Brasília, DF: ANA, 2024. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2023.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contas econômicas ambientais da água**: Brasil 2018-2020. Brasília, DF: IBGE, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102001_informativo.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.

Representação do estoque de águas superficiais do Brasil em 2020. As entradas representam acréscimos aos estoques, e as saídas representam decréscimos. Os volumes indicados estão em milhões de hectômetros cúbicos (hm^3). Um hectômetro equivale a 100 metros.

Contudo, a distribuição geográfica dessa grande quantidade de água doce no Brasil é bastante desigual, assim como seu consumo por região e uso feito após captação.

Grande parte da água doce superficial do país, cerca de 80%, está na Região Hidrográfica Amazônica, que abrange sete estados: Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia e Roraima. Essa região apresenta baixa densidade demográfica e pouca demanda para uso da água. Em contraposição, no Semiárido brasileiro – área que abrange grande parte da região Nordeste, além de trechos do Espírito Santo e do norte de Minas Gerais –, vivem milhões de habitantes que enfrentam uma realidade distinta, com períodos críticos de prolongadas estiagens.

Água captada para consumo por região brasileira em 2020

Região	Porcentagem
Sudeste	34,3%
Sul	25,8%
Nordeste	22,2%
Centro-oeste	10,3%
Norte	7,4%

Fonte: elaborado com base em BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contas econômicas ambientais da água**: Brasil 2018-2020. Brasília, DF: IBGE, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102001_informativo.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.

Porcentagem de água superficial e subterrânea captada para consumo nas cinco regiões brasileiras em 2020.

Em 2022, de acordo com o informe anual da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), as principais formas de consumo de água no Brasil foram a irrigação (50,5%), o abastecimento urbano (23,9%), a indústria (9,4%), o uso animal (8,1%), as termelétricas (5%), o abastecimento rural (1,6%) e a mineração (1,6%). A irrigação assume a primeira posição, pois a água é um fator limitante da produtividade vegetal. No ambiente rural, a maior parte da água é retirada de rios, reservatórios e açudes, além da extração de água subterrânea. No caso dos rios, a retirada de água em determinado trecho implica menos água correndo ao longo do curso do rio, com impacto no ecossistema fluvial e na disponibilidade hídrica a jusante.

De modo geral, a situação dos recursos hídricos no país é preocupante. De acordo com o levantamento realizado pelo MapBiomas – rede colaborativa que monitora a superfície de água –, cerca de 15% da superfície de água no Brasil secou em um período de 30 anos, desde o início dos anos 1990. Em 1991, a superfície coberta por água no país era aproximadamente 19,7 milhões de hectares, já em 2020 esse número passou para 16,6 milhões de hectares. O uso irregular da terra, a construção de barragens e hidrelétricas, a poluição, o uso excessivo dos recursos hídricos e os fatores climáticos podem estar relacionados com essa redução. A perda de recursos hídricos atingiu diversos biomas, como Pantanal, Cerrado, Caatinga, Pampa e Amazônia.

Assim, é muito importante buscar meios de evitar o desperdício de água e garantir a conservação desse

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

recurso. Segundo o Instituto Trata Brasil – organização sem fins lucrativos brasileira dedicada à promoção do saneamento básico no país –, em 2021, 7,3 bilhões de metros cúbicos (m^3) de água foram captados da natureza e tratados, mas não foram faturados pelas empresas do setor por diversos motivos, como a perda durante a distribuição, vazamentos, fraudes, erros de leitura dos hidrômetros e outros problemas. Nesse ano, foram desperdiçados no Brasil 40,3% da água potável produzida nos sistemas de distribuição. Isso significa que, a cada 100 litros de água captada da natureza e tratada para se tornar potável, aproximadamente 40 litros se perdem. Só por meio de vazamentos, que podem ser visíveis, como canos estourados na rua, ou ocultos, por meio de perdas subterrâneas nos encanamentos, foram desperdiçados 3,8 bilhões de metros cúbicos de água. Essa quantidade, poderia atender 67 milhões de brasileiros em um ano, número cerca de duas vezes mais alto que o total de pessoas que vive sem acesso à água potável no país. Isso é um exemplo de como a redução do desperdício de água aumentaria a disponibilidade por indivíduo, mantendo o mesmo gasto no tratamento e na distribuição, sem a necessidade de aumentar a captação de água na natureza.

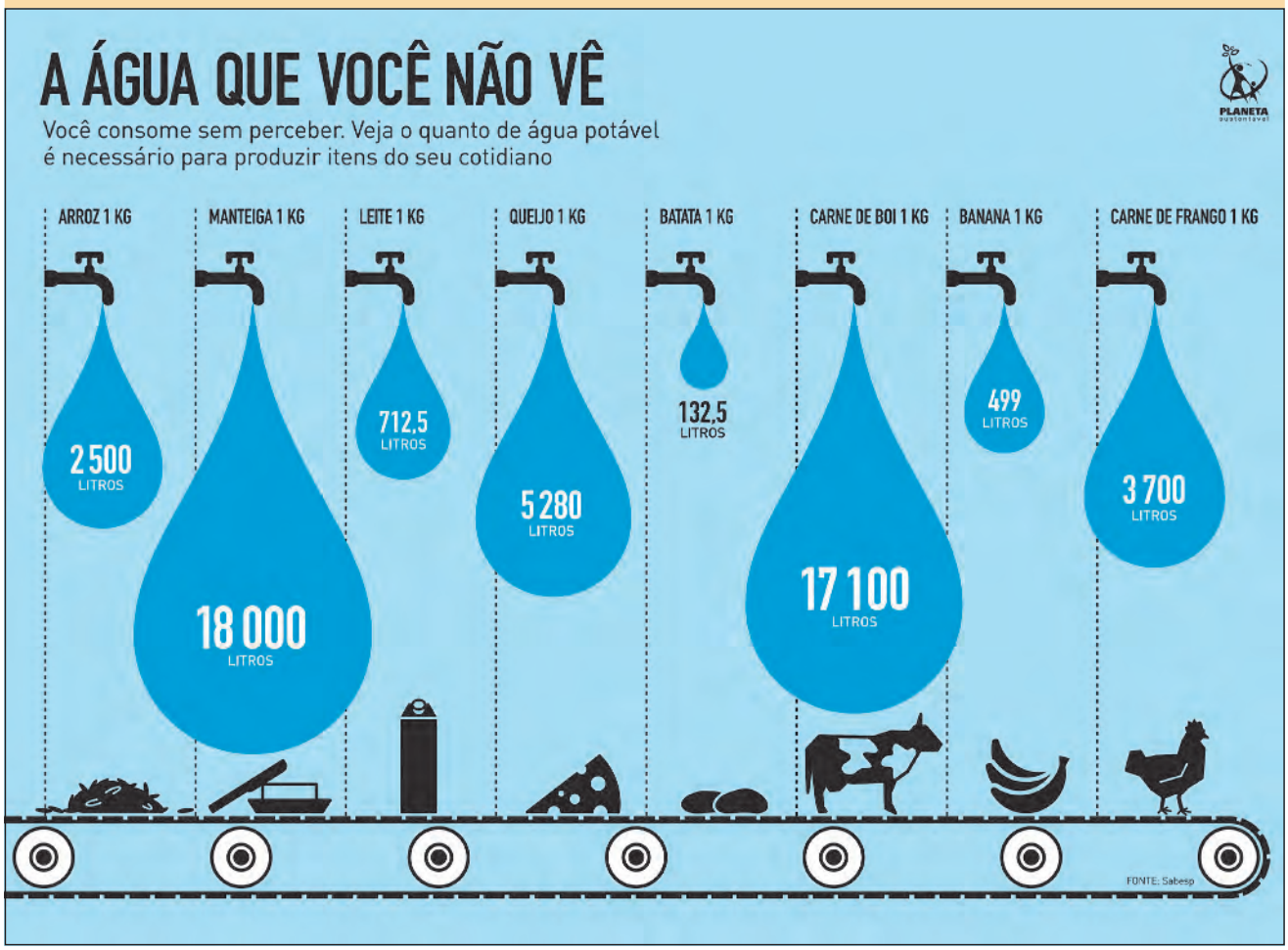
Diante desse cenário, é importante que o uso racional da água esteja sempre em discussão, tendo em vista a importância desse recurso para a manutenção dos ecossistemas, a qualidade de vida dos cidadãos e o desenvolvimento econômico do país.

Pegada de água

Um conceito que tem sido muito considerado nos estudos recentes a respeito do uso da água é o da **pegada de água** (traduzido do inglês *water footprint*) ou **pegada hídrica**. Segundo esse conceito, deve-se considerar no cálculo do consumo de água não apenas a que é usada pelo indivíduo diretamente para beber, cozinhar e lavar, mas também a água empregada de forma indireta na produção de alimentos, papel, roupas, eletrônicos etc. consumidos por ele.

Essa forma de calcular o consumo hídrico foi elaborada pelo pesquisador holandês Arjen Hoekstra (1967-2019) com o objetivo de mostrar que a chamada **água virtual** – aquela que não vemos e está embutida na produção de alimentos e de bens de consumo – é fundamental nas análises estratégicas de uso consciente da água.

Água virtual



Quantidade de água potável necessária na produção de determinados itens do consumo cotidiano da sociedade.

ANDRÉ BERNARDO, KARIN HUECK E JORGE OLIVEIRA/ABRIL COMUNICAÇÕES S.A.
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre Registre em seu caderno

1. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, do Ministério das Cidades, o brasileiro consome, em média, 154 L de água por dia. Esse valor equivale a 34 L a mais do que a Organização das Nações Unidas (ONU) aponta como necessário para um ser humano suprir suas necessidades básicas de consumo e higiene diariamente. Como se explica essa quantidade toda?
2. Pesquise uma maneira de calcular sua pegada hídrica e discuta com os colegas como poderiam avaliar se ela é exagerada ou não. Apontem atitudes que podem contribuir para a redução desse valor.

Ecossistemas aquáticos

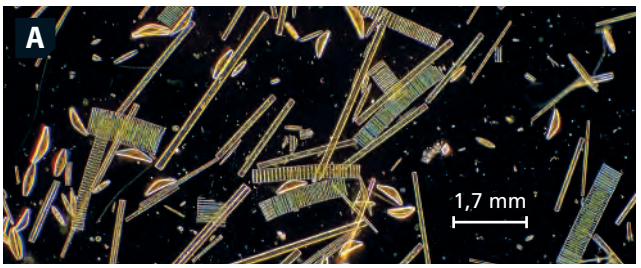
Até aqui, a água foi apresentada como recurso, mas ela deve ser considerada também como o próprio ambiente físico, como nos casos dos ecossistemas aquáticos. Nesses ecossistemas, a qualidade da água é fundamental para a sobrevivência de incontáveis espécies. Nos ecossistemas terrestres, além da qualidade, a quantidade de água é fator fundamental, determinando acentuadas diferenças entre os biomas.

A manutenção da qualidade da água não se restringe apenas à importância de seu uso e consumo pelos seres humanos, mas também se destina à conservação da vida aquática, essencial no equilíbrio desses ecossistemas. Esse equilíbrio reflete na manutenção da vida de todos os demais seres vivos, pois não podemos pensar no planeta Terra como se fosse dividido em compartimentos que não se inter-relacionam. Pense, por exemplo, na mortalidade ou contaminação de peixes e em como isso pode impactar toda uma teia alimentar, incluindo a espécie humana.

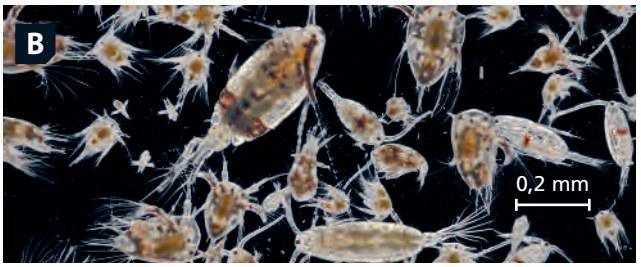
Nesse ponto, lembramos do ditado "Conhecer para preservar"; com isso, vamos apresentar a seguir a variedade de ecossistemas aquáticos, destacando algumas características estruturais e funcionais mais importantes e vulnerabilidades.

Os ecossistemas aquáticos estão representados basicamente por oceanos, rios e lagos – sejam eles naturais, sejam artificiais. Neles, há grande diversidade de seres vivos que podem ser agrupados em três categorias ou compartimentos bióticos definidos em relação ao modo de vida: plâncton, nécton e bentos. Apesar dessa classificação, os três compartimentos são indissociáveis.

Os organismos do **plâncton** vivem em suspensão na coluna de água, sendo carregados passivamente pela correnteza. Muitos deles até apresentam movimentos ou locomoção, mas não são capazes de superar a força das correntes. No plâncton, os organismos clorofilados compõem o **fitoplâncton** e os não clorofilados, o **zooplâncton**. O fitoplâncton é representado por espécies de cianobactérias e de algas, geralmente microscópicas. A maior parte do gás oxigênio da atmosfera provém da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton, o que faz dele o componente produtor fundamental nas cadeias alimentares aquáticas. O zooplâncton compreende organismos heterótrofos, representados por espécies animais, como pequenos crustáceos e medusas, várias espécies de organismos unicelulares, como os foraminíferos, e larvas de animais deste e de outros compartimentos.



MAREK MIS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



M. I. WALKER/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Em **(A)**, fitoplâncton marinho. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada cerca de 6 vezes.) Em **(B)**, zooplâncton marinho. (Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada cerca de 50 vezes.)

Os organismos do **nécton** são capazes de nadar ativamente na coluna de água, superando a força da correnteza. Eles são representados por várias espécies de vertebrados, como peixes, répteis, aves e mamíferos aquáticos, e de invertebrados, como lulas.

Os organismos do **bentos** vivem associados ao substrato do fundo ou leito do corpo-d'água, podendo ser fixos (sésseis) sobre rochas, como corais, ostras, cracas e várias espécies de algas; ou se mover no fundo (vágeis), como caranguejos, estrelas-do-mar e caramujos. No caso de fundos arenosos ou lodosos, também inclui os organismos que vivem dentro do substrato, seja imersos nele, seja em galerias, tubos ou túneis, seja nos espaços entre os próprios grãos.


VLADG1/ISTOCK/GETTY IMAGES

Organismos do nécton, como os peixes, associam-se à comunidade bentônica do fundo, como os corais, onde se alimentam ou se abrigam. Muitas espécies de bentos, por sua vez, alimentam-se de plâncton.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Oceanos



A Ciência que estuda os oceanos, incluindo seus aspectos físico-químicos, geológicos e biológicos, é a **Oceanografia**.

Os oceanos cobrem cerca de 75% da superfície da Terra. A profundidade média é de cerca de 4.000 m; a máxima, na Fossa das Marianas, no mar das Filipinas, é de aproximadamente 11.000 m. Com essas dimensões, esse é considerado o maior ambiente natural do planeta e é o menos conhecido de todos.

O ambiente marinho pode ser inicialmente subdividido em dois grandes domínios: o **domínio pelágico** ou **pelagial**, que corresponde à massa de água onde os organismos nadam ou ficam em suspensão; e o **domínio bentônico**, que corresponde aos fundos em geral.

Temperatura

A temperatura da água pode variar com a intensidade da radiação solar que atinge sua superfície e com a penetração na coluna de água. Quando a radiação solar incide na superfície dos oceanos, parte da energia luminosa é convertida em energia térmica logo nos primeiros metros de profundidade, provocando aumento de temperatura. A temperatura da água superficial pode variar bastante em razão de diversos fatores, como estações do ano, localização geográfica, entre outros. Abaixo da zona de influência do Sol, a temperatura é mais baixa e constante.

Penetração de luz

A intensidade da radiação luminosa e a penetração de luz na água são fatores diretamente relacionados com o processo fotossintético e, portanto, com a produtividade primária (dos produtores). Com base nesses fatores, é possível identificar três zonas principais nos oceanos: a **zona eufótica**, onde há luz suficiente para o crescimento dos seres fotossintéticos; a **zona disfótica**, onde há alguma luz, mas insuficiente para o crescimento dos seres fotossintetizantes; e a **zona afótica**, onde não há luz.

A **turbidez** da água é um fator importante na definição da profundidade da zona eufótica. Em regiões de águas claras, por exemplo, a zona eufótica pode alcançar cerca de 200 m de profundidade, embora seja possível detectar luz até cerca de 1.000 m de profundidade. A partir daí, a escuridão é total. É comum as zonas eufótica e disfótica serem tratadas como uma só, a zona fótica.

A produtividade primária é máxima um pouco abaixo da superfície. Os nutrientes são assimilados da água, incorporando-se à nova biomassa, mas, com a proliferação das algas, a turbidez aumenta, reduzindo a espessura da zona eufótica.

Na zona eufótica, a riqueza de vida é muito maior em razão da relativa abundância de organismos produtores, que são a base das cadeias alimentares.

A vida na região afótica é basicamente heterótrofa. Nela, há animais adaptados à escassez de alimento. As cadeias alimentares da zona afótica dependem da chamada "chuva de detritos" – animais e outros organismos mortos das camadas superiores da água que afundam lentamente. Nessas regiões profundas, encontram-se também predadores que se alimentam de outros animais. Essas são típicas cadeias alimentares de detritos.

Muitos peixes das profundezas são pequenos, não atingem mais que alguns centímetros. Apresentam boca ampla e estômago dilatável, adaptações importantes à escassez de alimento. Apesar de alguns desses animais serem cegos, a maioria apresenta bioluminescência (produção de luz) e olhos bem desenvolvidos e sensíveis à luz.

Desde 1977, fontes termais submarinas têm sido identificadas em profundidades oceânicas que ultrapassam 2.000 m. Nelas, diferentemente dos demais locais da zona afótica, há bactérias quimiossintetizantes que produzem o próprio alimento usando compostos inorgânicos liberados por fendas no assoalho marinho. Esses organismos são os produtores nesse tipo de ambiente e sustentam toda uma comunidade especial, com espécies típicas e com grande número de indivíduos.

Fique por dentro

Ecossistemas do mar profundo

COLAÇO, A. *et al*. **Ecossistemas do mar profundo**. Lisboa: DGRM, 2017. Disponível em: https://www.sophia-mar.pt/uploads/Guia_7_Ecossistemas_do_Mar_Profundo.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.

O material aborda os vários ambientes do mar profundo, as adaptações das espécies que nele vivem, os serviços prestados por elas e, principalmente, as pressões antrópicas e a influência das alterações climáticas sobre o meio marinho.

Salinidade

O grau de salinidade da água do mar depende da quantidade de sais dissolvidos na forma iônica. Como mais de 75% desses íons correspondem ao íon cloreto ($C\ell^-$) e ao íon sódio (Na^+), a salinidade é definida em razão do teor de ambos. O grau de salinidade varia por conta de diversos fatores, como proximidade da costa em que haja deságue de rios e maior influência das chuvas. Em mar aberto, a salinidade é da ordem de 35 partes por mil.

Correntes marinhas

As correntes marinhas resultam da ação combinada dos ventos, da rotação da Terra e de diferenças de densidade da água em razão da temperatura e da salinidade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

As águas mais frias e mais salinas são mais densas e tendem a afundar, ao passo que as águas mais quentes e com menor salinidade são menos densas e tendem a ficar mais próximas da superfície. As principais correntes oceânicas contribuem para a dispersão dos organismos marinhos e exercem importante papel no clima.

Marés

As marés expressam-se por alterações cíclicas no nível da água, que são resultantes da influência conjunta da rotação da Terra e da atração gravitacional do Sol e da Lua. O ciclo padrão de maré corresponde à ocorrência de duas marés altas e duas marés baixas por dia. Embora ocorram variações locais, o período médio entre duas marés de mesmo tipo é de 12 horas e 25 minutos, ou seja, a periodicidade do ciclo de maré é de aproximadamente 24 horas e 50 minutos. Esse tempo além de 24 horas faz com que as marés altas e baixas não ocorram nos mesmos horários ao longo dos dias.

A variação de amplitude da maré depende das fases da Lua, que, por sua vez, dependem da posição relativa entre Sol, Terra e Lua. A variação do nível de água entre a maré alta e a maré baixa é maior nas fases de lua cheia e de lua nova e menor nas fases de lua minguante e de lua crescente.

Disponibilidade de nutrientes minerais

Os oceanos geralmente apresentam baixa concentração de nutrientes minerais, fundamentais para o desenvolvimento de vida. Nas regiões próximas à costa, a concentração desses nutrientes é maior principalmente em virtude do desaguamento de rios, que trazem nutrientes lixiviados dos continentes.

Em alto-mar, a concentração desses nutrientes é baixa – grande parte deles encontra-se no fundo. Assim, há menor número de organismos em alto-mar do que em regiões próximas à costa. Entretanto, em determinados locais, existem correntes, denominadas **correntes de ressurgência**, que trazem para a superfície parte dos nutrientes minerais acumulados no fundo. As águas superficiais ficam, então, enriquecidas e há proliferação de algas e de animais. Nesses locais de ressurgência, há abundância de peixes, como ocorre na costa do Peru e em menor intensidade no Brasil, na região de Cabo Frio, Rio de Janeiro.

Ecossistemas costeiros da zona das marés

ODS 14

Costões rochosos

Apesar de ocupar uma pequena área total, quando comparado com outros ecossistemas, alguns costões rochosos podem apresentar grande abundância e riqueza de organismos.

Por serem muitas vezes de fácil acesso e organizados em escalas espaciais bem mais finas que a maioria dos outros ecossistemas marinhos, os costões têm sido bastante estudados pelos pesquisadores e muitas teorias ecológicas surgiram com base nesses estudos, com destaque para interações bióticas, efeitos de perturbações e sucessão ecológica.

Praias arenosas

As praias arenosas constituem um tipo de ambiente bastante comum nas regiões litorâneas de todo o mundo e que exerce grande atração sobre as pessoas, tanto por facilitar o contato direto com o mar, como pelas inúmeras alternativas de atividades recreativas que proporcionam.

Sua característica mais importante é o substrato inconsolidado que pode ser colonizado por uma rica **infauna** (fauna que vive dentro do sedimento), mas também é pouco estável e muito sujeito à ação mecânica das ondas, que constantemente revolvem os sedimentos, alterando sua estrutura e expondo muitos organismos diretamente à massa de água sobre o fundo. Não há como se fixar à superfície do substrato como nos costões rochosos. Ao longo dos mais de 7.000 km do litoral brasileiro, praias de vários tipos são encontradas em grande número, intercaladas com desembocaduras de rios (estuários), manguezais (que serão estudados adiante neste capítulo) e costões rochosos, algumas com dezenas de quilômetros de extensão.

Como as praias são **ambientes deposicionais** (que acumulam sedimentos), a natureza de seus sedimentos varia enormemente dependendo do grau de turbulência. Em áreas com maior hidrodinamismo (movimentação da água, ondas ou turbulência), as pequenas partículas, mais leves, não permanecem no sedimento, mantendo-se em suspensão. Em áreas protegidas, como fundos de baías, as partículas menores podem decantar e, nesses casos, os sedimentos são de areias mais finas, lamosas ou lodosas.

Quando o sedimento é mais grosseiro, os interstícios (espaços entre os grãos) são grandes e a água do mar flui facilmente por eles, lavando-os e removendo as partículas menores como as de matéria orgânica que, então, não se acumula. Por outro lado, nas areias finas mais ou menos argilosas, os interstícios são bem menores e, então, as partículas orgânicas permanecem entremeadas com as partículas minerais. É bom lembrar que muitas espécies de animais da infauna se alimentam pela ingestão de sedimentos, aproveitando a parte nutritiva; por isso, sedimentos com maior conteúdo orgânico são mais favoráveis a elas. Sedimentos com interstícios pequenos são menos oxigenados, muitas vezes ficando em condição de ausência de gás oxigênio (o sedimento fica enegrecido e cheira a enxofre).

A energia das ondas afeta diretamente a composição granulométrica (tamanhos dos grãos) e a estabilidade mecânica do substrato e, por consequência, a composição da comunidade biológica instalada nele. Quanto maior for a turbulência, mais grosseiros serão os grãos do sedimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Manguezais

Os manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre sistemas terrestres, fluviais e marinhos, situados na zona das marés, sobretudo em estuários, lagunas e baías, em áreas calmas, pouco afetadas por ondas, onde é favorecida a deposição de sedimentos minerais finos (areia fina, silte e argila) e partículas orgânicas. O termo *manguezal*, por vezes, é referido como mangue, mas essa palavra corresponde às espécies de árvores típicas do manguezal, que são bastante características, pois apresentam adaptações ao solo periodicamente inundado pelas marés, geralmente instável, lodoso, com pouco ou nenhum gás oxigênio e com alto teor de sal.

Por conta das características da vegetação, formando um estrato arbóreo contínuo, os manguezais podem ser considerados florestas pantanosas da zona das marés.

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS



Manguezal na Lagoa da Tijuca, no Rio de janeiro (RJ), em mar. 2022. Note a característica tipicamente florestal com um estrato arbóreo contínuo bem definido.

Do ponto de vista ambiental, os manguezais são muito importantes, apesar de sua extensão territorial relativamente pequena. Apresentam alta produtividade primária e exportam matéria orgânica para os sistemas marinhos adjacentes por meio do carreamento da serrapilheira (camada de folhas mortas e outros detritos vegetais acumulados sobre o solo) para o mar por ocasião do refluxo das marés. Pode-se afirmar que dois terços dos peixes costeiros dependem direta ou indiretamente do manguezal para seu sustento. Os manguezais também oferecem uma variedade de *micro-habitats* ideais para alimentação, reprodução, desova e crescimento de muitas espécies marinhas e terrestres e também funcionam como berçário natural de espécies locais e de outros ecossistemas marinhos.

Além disso, é fundamental seu papel como estabilizador ambiental, protegendo áreas litorâneas contra impactos por inundações, erosão eólica por furacões ou ciclones e erosão hídrica pelas ondas. Finalmente, os manguezais ajudam a despoluir a água, acumulando alguns poluentes, como metais pesados, nas plantas e no solo e prevenindo contra sua chegada às águas costeiras adjacentes que nos fornecem muitos alimentos.

Os manguezais também são fontes de recursos para os seres humanos, que desde há muito tempo utilizam espécies desses ecossistemas como alimento, remédio, material de construção, matéria-prima para curtumes, combustível (lenha), entre outros usos.

Recifes de corais

Um recife de coral pode ser descrito como uma estrutura rochosa, rígida, resistente à ação mecânica das ondas e correntes marinhas, de origem biogênica, isto é, construída por organismos marinhos, animais e vegetais, portadores de esqueletos ou depósitos calcários. A complexidade estrutural dessa construção, que podemos chamar de edifício coralino, permite a diferenciação de inúmeros *micro-habitat*, refúgios ou abrigos, que contribuem muito para a grande diversidade biológica. Entre todos os ecossistemas costeiros, os recifes de coral se destacam justamente por essa imensa riqueza de vida tanto vegetal quanto animal, comparável à das florestas tropicais pluviais.



STUART WESTMORLAND/GETTY IMAGES

Recife na ilha Wetar, Indonésia, em 2016. Uma enorme diversidade de espécies bentônicas, além dos corais em si, habita os recifes.

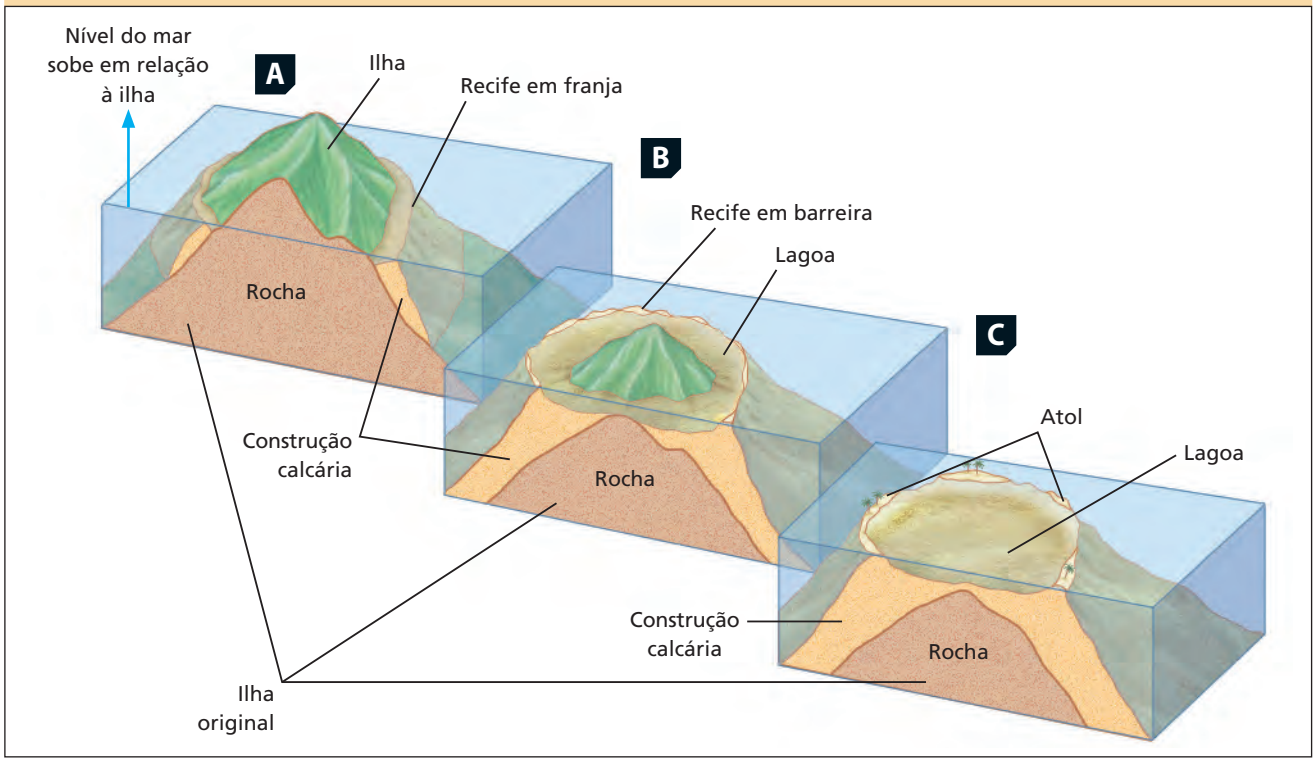
As formações recifais, dependendo de seu tipo, podem ser muito importantes como dissipadoras da energia das ondas, protegendo a linha da costa contra a erosão – isso pode ser facilmente observado no litoral da região Nordeste. Como ecossistemas marinhos, os recifes de coral são importantes criadouros de muitas espécies de peixes, assumindo um papel relevante na reposição de indivíduos perdidos para a pesca. As intensas interações bióticas negativas que se travam nas comunidades dos recifes de coral favoreceram a evolução de mecanismos químicos de proteção. Muitos compostos envolvidos nesses mecanismos são pesquisados na área farmacológica, visando ao desenvolvimento de possíveis tratamentos de doenças e disfunções humanas.

A primeira obra de peso sobre os recifes coralinos, que se desenvolvem sobre substratos consolidados, como rochas vulcânicas ou de arenito, foi publicada por Charles Darwin, em 1842 (sua primeira monografia), intitulada *The structure and distribution of coral reefs, being the first part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command*

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

of Capt. Fitzroy, R.N. during the years 1832 to 1836 (Estrutura e distribuição de recifes de coral, sendo a primeira parte de geologia da viagem do Beagle, sob o comando do capitão Fitzroy da Marinha Real durante os anos 1832 a 1836, em tradução livre). Nessa obra, Darwin expôs sua teoria sobre a formação dos **atóis**, com base na ideia de que a ilha com seus corais sofre subsidência (ou seja, afunda), enquanto os corais vão crescendo para cima, mantendo-se na zona iluminada. No final, o cume da ilha original desaparece e fica o anel coralino delimitando a lagoa interna, cuja profundidade pode ser da ordem de várias dezenas de metros. Atualmente, podem ser encontrados recifes em vários estágios desse processo. A teoria da formação dos atóis de Darwin é aceita até hoje.

Formação de um recife em atol



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em CASTRO, P.; HUBER, M. E. **Marine Biology**. 7. ed. Boston: McGraw-Hill, 2008. p. 318.

Representação da formação de um recife em atol, segundo Darwin. Note os estágios intermediários correspondendo a franjas, mais estreitos e próximos da orla **(A)**, e barreiras, estruturas lineares paralelas à costa **(B)** até a formação do anel delimitando a lagoa salgada **(C)**. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No Brasil, o atol das Rocas é o único recife do tipo atol, formado por um anel semicircular com 7,2 km^2 de área, situado a 144 milhas náuticas de Natal (RN).

Rios e lagos

Rios e lagos são ecossistemas de água doce e estudados por uma área irmã da Oceanografia, a **Limnologia**.

Nos **rios**, a movimentação da água é promovida principalmente pela correnteza. Nos **lagos**, a movimentação depende dos ventos e da alteração da densidade da água entre a camada superficial e a profunda. Essa alteração promove uma circulação vertical da água.

Em Limnologia, os rios são classificados como **ecossistemas lóticos**, ou seja, de águas com um fluxo principal unidirecional, ao passo que os lagos são classificados como **ecossistemas lênticos**, isto é, sistemas de águas onde não há um fluxo principal definido. Os fatores ecológicos atuantes são bem diferentes quando comparamos esses dois tipos de ecossistema com o ecossistema marinho e entre eles mesmos.

Rios

Nos rios o ambiente varia ao longo do curso desde as cabeceiras até a foz. Nas cabeceiras, as águas fluem mais rápido e há poucas partículas em suspensão, incluindo plâncton. Em seguida, ocorrem pequenas algas e musgos aderidos à superfície das pedras, mas a principal base da teia alimentar é o aporte de detritos da vegetação e de animais das margens (material alóctone). Os animais têm características morfológicas que permitem resistir ao fluxo de água, como o corpo achatado, que lhes permite viver sob e sobre as pedras. Há ainda animais que nadam livremente e outros com estruturas especiais de fixação como as larvas do borrachudo. Onde o rio é mais largo e a velocidade da água é menor, geralmente, a turbidez e a deposição de sedimento aumentam, formando-se praias

e várzeas. Junto à foz, o ambiente se modifica bastante, caracterizando o estuário.

Os rios em geral aparecem formando redes de captação de água das fontes e da chuva, e seu traçado e muitas de suas características físicas e químicas dependem das condições geográficas, geológicas e da comunidade biológica em seu entorno.

Lagos

Os **lagos** são considerados locais de águas paradas, pois não apresentam um fluxo principal unidirecional como os rios. No entanto, os lagos podem apresentar movimentos verticais periódicos em suas massas de água superficiais e profundas. Seu padrão de circulação vertical depende principalmente do vento e da temperatura ao longo das estações do ano. De modo geral, a água sofre contração com o resfriamento, mas ela apresenta uma particularidade importante: entre 0 °C e 4 °C, sofre expansão e diminuição da densidade (anomalia térmica). Isso faz com que o gelo, por ser menos denso que a água líquida, flutue sobre ela. Explica-se, assim, por que os *icebergs* – blocos de gelo que flutuam nos mares das regiões ártica e antártica – não afundam e os lagos das regiões frias ficam cobertos por camadas de gelo no inverno sem congelar inteiramente.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre — Registre em seu caderno

3. Quais são as três grandes categorias de organismos das comunidades aquáticas? Defina cada uma delas.
4. Quais são os dois grandes grupos de organismos que compõem a comunidade planctônica? Como a luminosidade se relaciona com a distribuição desses seres em relação à profundidade?
5. Sabe-se que, mesmo no inverno, apenas a camada superficial dos lagos temperados congela, permanecendo líquida a massa de água abaixo dela. Com isso, os organismos aquáticos podem sobreviver durante o período mais frio do ano. Explique esse fenômeno com base nas propriedades físicas da água.

Consequências da interferência humana nos ecossistemas aquáticos

ODS 6

Atualmente, a população humana mundial soma mais de 8 bilhões de pessoas. Esse crescimento populacional acelerado, aliado aos hábitos de consumo predominantes, vem exercendo grande pressão sobre o ambiente, haja vista a demanda crescente por recursos naturais e a consequente diminuição de áreas preservadas. Isso é válido tanto para ecossistemas terrestres como aquáticos. Um dos grandes impactos sobre ecossistemas aquáticos é a exploração pesqueira predatória que reduz populações e altera o equilíbrio ecológico natural.

Outro impacto muito importante, diretamente ligado à qualidade da água, é uma das principais consequências de nossa interação com o ambiente: a poluição.

Poluição da água

É considerada poluição toda degradação de um ecossistema por meio da introdução, natural ou pela atividade humana, de matéria ou energia que provoque desequilíbrio ambiental, prejudicando a comunidade biológica.



THE NEW SCHOOL/PARSONS SCHOOL OF DESIGN

ERNESTO REGHRAN/PULSAR IMAGENS

Exemplos de poluição de ambientes aquáticos: em **(A)**, acúmulo de lixo no oceano Pacífico, em 2019; em **(B)**, lançamento de esgoto na praia de Canasvieiras, em Florianópolis (SC), em nov. 2021.

A poluição da água está relacionada, principalmente, ao lançamento de materiais poluentes, como lixo, resíduos industriais e agrícolas e esgoto sem tratamento, direta ou indiretamente, em ambientes aquáticos. A falta de saneamento básico é uma das maiores ameaças aos ecossistemas aquáticos, sobretudo no meio urbano. O desenvolvimento agrícola também contribui para essa situação: pesticidas e fertilizantes utilizados nos cultivos podem se infiltrar no solo e alcançar as águas subterrâneas, como os aquíferos.

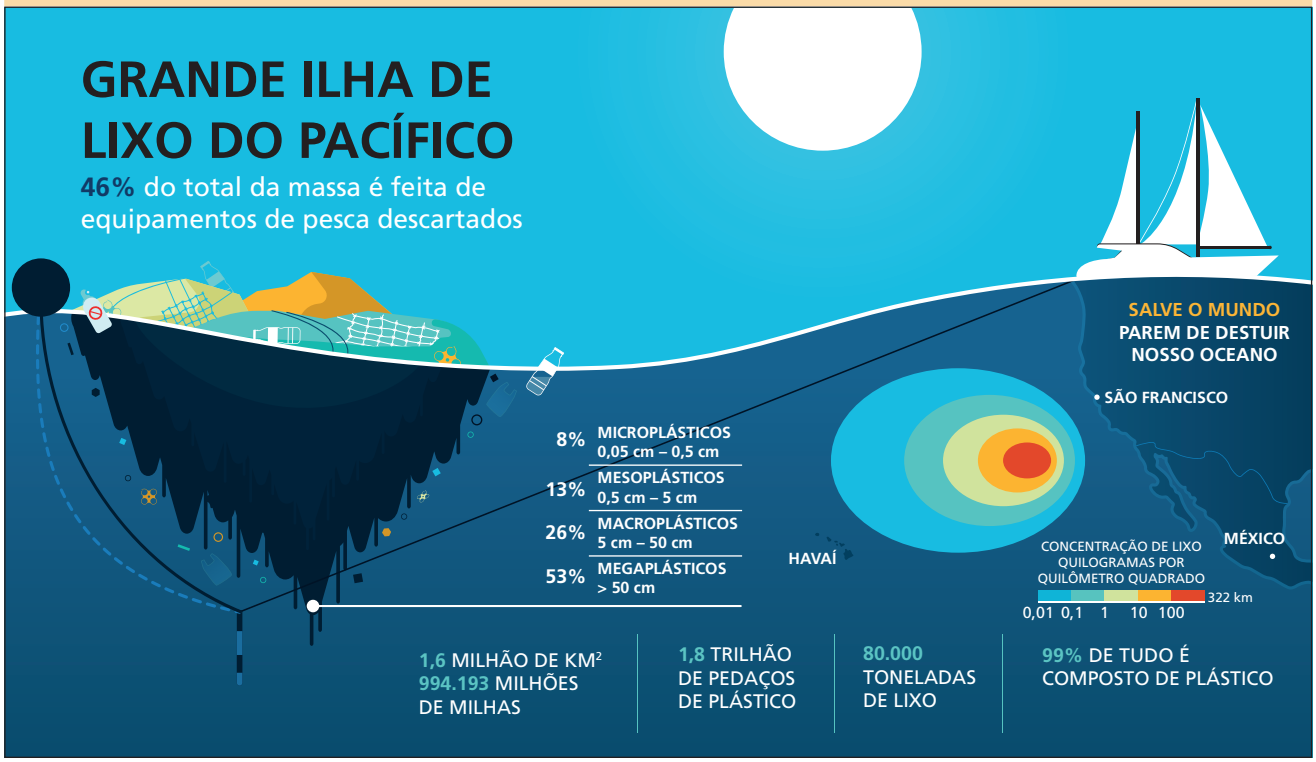
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Outro tipo de poluição de destaque é aquele que resulta da mineração, como no caso da intensa descarga de mercúrio nos rios em áreas de garimpo ilegal.

As chamadas ilhas de lixo são amontoados de plástico que chegam a atingir quilômetros quadrados de extensão e prejudicam a fauna marinha. A maior ilha de lixo de que se tem conhecimento é a que se formou no oceano Pacífico.

OBJETO DIGITAL Infográfico clicável: A vida no mar poluído

Ilha de lixo do Pacífico



PRO_VECTOR/SHUTTERSTOCK

Representação da ilha de lixo do Pacífico e alguns dados sobre ela.

Eutrofização

O termo **eutrofização** (ou eutroficação) deriva de eutrófico (do grego, *eu* = verdadeiro; *trophein* = nutrir), que significa "bem nutrido".

A eutrofização é um processo que ocorre em ambientes aquáticos em razão do aumento excessivo e repentino de nutrientes na água, sobretudo fosfato e nitrato. Esses nutrientes podem ser introduzidos diretamente, como no caso do solo para o corpo-d'água, ou indiretamente, quando os nutrientes são liberados à medida que a matéria orgânica introduzida vai sendo decomposta por seres inicialmente aeróbicos, com um consumo extra de gás oxigênio. A elevação na concentração de nutrientes leva à proliferação exagerada do fitoplâncton e outros autótrofos. Em alguns casos, as cianobactérias e as algas que proliferam produzem toxinas e causam a morte de muitos organismos. Os organismos do fitoplâncton têm, em geral, ciclo de vida curto. Desse modo, a grande mortalidade desses organismos vem acompanhada do processo de decomposição, em que se verifica forte aumento do número de bactérias e fungos aeróbicos. Isso leva, por sua vez, ao esgotamento do gás oxigênio dissolvido na água e à morte de animais e de outros organismos que dependem dele para sobreviver. Os seres anaeróbicos, que são aqueles que não dependem do gás oxigênio, proliferam, e a diversidade biológica diminui.

Trechos urbanos de rios que atravessam grandes municípios frequentemente recebem descargas clandestinas de esgotos, trazendo grande quantidade de matéria orgânica que leva à eutrofização do rio nessas áreas, estendendo-se até determinado ponto rio abaixo (a jusante). Em seguida, com a redução da carga orgânica, a água tende a oxigenar-se e ocorre a depuração natural; contudo, outros contaminantes permanecem. O melhor modo de

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS



Eutrofização no açude Caldeirão, em Piripiri (PI), em jun. 2022. As manchas verdes na superfície da água são resultado da grande proliferação de algas em decorrência do lançamento de esgoto sem tratamento.

mitigar a eutrofização e a consequente estagnação da água é diminuir a carga orgânica, reduzindo as descargas clandestinas ou interceptando a descarga por meio de uma tubulação paralela ao rio que conduz o esgoto à estação de tratamento (sistema de interceptores), ou ainda implantar sistemas de arejamento da água para atender a demanda bioquímica de gás oxigênio (DBO).

O lançamento do esgoto doméstico sem tratamento adequado no ambiente, além de causar a eutrofização, contribui para a contaminação da água com detergentes e organismos patogênicos, que podem causar doenças.

A eutrofização pode ocorrer em rios, lagos e represas ou reservatórios e seu impacto é percebido tanto no nível dos indivíduos quanto das populações, da própria comunidade e do ecossistema como um todo. Também podem ocorrer áreas anóxicas nos oceanos.

De modo geral, os piores efeitos da eutrofização, principalmente para os seres humanos, são:

- liberação de metabólitos por algas, que dão à água odor e gosto desagradáveis;
- produção de toxinas por cianobactérias, que envenenam muitos seres vivos (ocasionando as mortandades de peixes), incluindo os seres humanos – o gás sulfeto de hidrogênio produzido pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica escapa para a atmosfera resultando em odor desagradável;
- bloqueio da passagem da luz pelas altas densidades de células em suspensão nas águas superficiais, o que compromete a fotossíntese e agrava a situação de anoxia causada pela decomposição da matéria orgânica no fundo do lago. Essa condição também pode causar a mortandade de peixes;
- redução gradual do tamanho do lago por macrófitas (plantas aquáticas com raízes), que também florescem muito com a eutrofização – isso interfere em diversas atividades humanas, entre elas, a navegação, a irrigação, a pesca e a operação de usinas hidrelétricas quando se trata de reservatórios artificiais;
- aceleração do assoreamento do corpo-d'água (rio, lago ou reservatório), que se torna cada vez mais raso, até virar um pântano ou mesmo extinguir-se;
- transformação do corpo-d'água em um local repulsivo e insalubre, afetando o turismo.

O tratamento dos esgotos e a coibição das descargas clandestinas em rios, lagos e reservatórios são exemplos de iniciativas para minimizar as causas da eutrofização. Sistemas de arejamento forçado da água podem ser muito efetivos na reversão de uma eutrofização em curso.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

6. Explique o que é eutrofização e enumere pelo menos três consequências desse fenômeno para o ecossistema.

7. De que modo a agricultura pode contribuir para a eutrofização de rios e lagos?

8. É muito comum observarmos eutrofização nos trechos urbanos de rios que atravessam grandes municípios. Como esse problema poderia ser mitigado e por que ações com esse objetivo são importantes?

9. A eutrofização é um fenômeno complexo que envolve alterações no ecossistema como um todo e produz impactos que são perceptíveis em diversos níveis de organização dentre aqueles estudados em Ecologia. Quais são esses níveis? Resgate seus conhecimentos sobre produtores, consumidores e decompositores e seus possíveis modos de nutrição e obtenção de energia e explique sucintamente como ocorre o impacto da eutrofização em cada caso.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Projetos inovadores desenvolvidos em sala de aula

ODS 6 ODS 14 No ano de 2015, a ONU promulgou a Agenda 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que definem prioridades a serem adotadas pelos governos, pelas empresas e pela sociedade civil nos 15 anos seguintes, visando ao enfrentamento das dificuldades que assolam o planeta. Os ODS 6 e 14 referem-se exclusivamente à água; outros deles apresentam estreita relação com esse recurso natural.

Desde o fim do século XX, muitas pessoas têm direcionado esforços para estudar e entender alguns problemas relacionados à água em nosso planeta e propor soluções. E não pense que essas pessoas são exclusivamente homens e mulheres de jaleco branco que trabalham em laboratórios de pesquisa. Parte desses trabalhos é desenvolvida por crianças, adolescentes e jovens, com seus professores, em projetos de investigação e inovação de ação local, nas escolas, nos bairros ou nas comunidades.

Para incentivar cada vez mais a participação de jovens, foram criadas feiras e encontros de estudantes que selecionam e premiam os trabalhos mais inovadores, como a Feira Brasileira de Ciência e Engenharia (Febrace) e o Prêmio Jovem Cientista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Nesses eventos, a cada ano, o número de participantes que têm seus trabalhos relacionados com a questão hídrica é crescente. Mais recentemente, desde 2017, acontece a edição brasileira do Prêmio Jovem da Água de Estocolmo, evento exclusivo para propor soluções para as questões e os problemas relacionados a essa temática.

Todo o trabalho de pesquisa científica começa com um questionamento ou com um problema a ser resolvido; as possíveis respostas e soluções são chamadas de hipóteses. Uma vez definidas as hipóteses, as pesquisas que serão efetuadas apresentam diferentes características, pois podem explorar por meio de levantamento bibliográfico, descrever por meio de observação direta e sistemática ou explicar o tema por meio de experimentos.

Apesar de parecerem caminhos independentes, é muito comum que um projeto de pesquisa contemple diferentes etapas e, em cada uma delas, uma das modalidades de pesquisa seja empregada. O exemplo a seguir apresenta a pesquisa realizada por uma estudante do Ensino Médio para resolver o problema da presença de corantes nos efluentes da indústria têxtil.

Aplicando conhecimentos na resolução de problemas atuais

Em 2023, a estudante do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) Amanda Ribeiro Machado venceu a etapa nacional do Prêmio Jovem da Água de Estocolmo com um projeto inovador intitulado "BIOGRAPE: Inovação para o tratamento de efluentes têxteis a partir de celulose bacteriana do vinho". Nele, a jovem pesquisou materiais alternativos e sustentáveis para remover corantes utilizados pelas indústrias têxteis da água. Considerando que cerca de 50% dos corantes utilizados não são fixados nas fibras de tecidos, ela chegou na produção de celulose bacteriana por meio de resíduos obtidos da produção do vinho, capaz de remover aproximadamente 90% dos corantes presentes nas águas, contemplando 8 dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Amanda contou com a orientação da professora Flávia Twardowski. Leia o que a professora disse em uma entrevista sobre o ensino no IFRS e os programas de pesquisa que os jovens desenvolvem:

> "O jovem, se souber e for incentivado, pode desenvolver habilidades escondidas nele, como pesquisa, música, esportes. Temos descoberto grandes jovens que gostam da Ciência [...]."

Fonte: POLO, F. Aluna do IFRS representará o Brasil em premiação na Suécia: "Quero permanecer pesquisando para sempre". **GZH Educação**, Porto Alegre, 26 maio 2023. Disponível em: https://gauchazh.clicrbs.com.br/educacao/noticia/2023/05/aluna-do-ifrs-representara-o-brasil-em-premiacao-na-suecia-quero-permanecer-pesquisando-para-sempre-cli3suhn500hw016xgwp4exoq.html. Acesso em: 8 out. 2024.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Qual é a importância de iniciativas como a do Prêmio Jovem da Água de Estocolmo?
2. Quais são as feiras e os encontros como os citados no texto que você conhece na região em que estuda?
3. Com base em uma situação-problema de sua comunidade, sugira como você poderia realizar uma pesquisa para buscar soluções para ela.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Há determinados trechos do nosso litoral em que massas de água profundas são levadas à superfície por uma combinação de fatores entre os quais a configuração da costa e do fundo marinho, associada a padrões de vento e correntes (ressurgência). Nessas áreas, percebe-se aumento da taxa de produção de biomassa pelos autótrofos (produtividade primária) e desdobramentos favorecendo o aumento populacional dos consumidores. Qual característica da água profunda se relaciona mais diretamente com o aumento da produtividade primária nas áreas de ressurgência?

a. Baixa salinidade. 1. Alternativa **d**.
b. Temperatura mais alta.
c. Baixa taxa de iluminação.
d. Maior teor de sais minerais.

2. (Enem) A eutrofização é um dos fenômenos responsáveis pela mortalidade de parte das espécies aquáticas e, em regiões próximas a centros urbanos, pela perda da qualidade de vida da população. Um exemplo é a Lagoa da Pampulha, um dos mais conhecidos pontos turísticos da capital de Minas Gerais, onde as atividades de pesca e nado não são mais permitidas.
Para evitar a ocorrência desse fenômeno em lagos deve-se: 2. Alternativa **c**.

a. manter inalterado seu volume de água.
b. aumentar a população de algas planctônicas.
c. diminuir o teor de nutrientes despejados nas águas.
d. impedir a fotossíntese das algas abaixo da superfície.
e. aumentar a população de espécies do topo da cadeia alimentar.

3. Uma das medições realizadas para determinar a qualidade da água refere-se à concentração de gás oxigênio nela dissolvido. Esse índice inicia-se em zero e, quanto maior for o valor, melhor será a qualidade da água analisada. Entretanto, quando se observam muitas algas na superfície de um lago, principalmente daqueles próximos a córregos poluídos, pode-se obter um resultado equivocado após a análise da concentração de gás oxigênio de tal superfície, pois:

a. o baixo índice de gás oxigênio encontrado na superfície é resultante da alta taxa de fotossíntese dessas algas. 3. Alternativa **b**.
b. o aumento excessivo de nutrientes leva à proliferação de algas e ao registro de bons índices de gás oxigênio; porém, esse estágio marca o início da eutrofização, que pode gerar esgotamento desse gás.
c. o alto índice de gás oxigênio na superfície propicia o desenvolvimento de bactérias e fungos anaeróbicos no fundo do lago, o que acaba por contaminá-lo, levando à morte os peixes e outros seres vivos.
d. apesar dos baixos índices de gás oxigênio na superfície, há muito desse gás dissolvido no restante do lago.
e. as algas deixam o lago com aspecto de poluído, porém os bons índices de gás oxigênio revelam que a qualidade da água é boa.

4. Leia o texto a seguir e responda.

> [...] Algumas usinas já têm sua eficiência comprometida pela elevada infestação de plantas aquáticas, como a hidrelétrica de Jupiá, que, em alguns meses do ano, tem seu funcionamento comprometido devido ao entupimento das grades de proteção das turbinas por grandes massas de plantas submersas; existe um grande risco de que estas plantas venham a causar problemas em outras usinas. [...]
>
> **Fonte:** CARVALHO, F. T. *et al*. Influência da turbidez da água do rio Tietê na ocorrência de plantas aquáticas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, maio/jun. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/493gpPshBZtFWncDzM4Z5NC. Acesso em: 8 out. 2024.

A elevada infestação de plantas aquáticas nos arredores das usinas hidrelétricas é provavelmente ocasionada: 4. Alternativa **a**.

a. pelo alagamento das áreas próximas à represa, o que leva ao acúmulo de matéria orgânica nas regiões inundadas. Isso fornece, por sua vez, mais nutrientes inorgânicos, o que resulta na proliferação de plantas aquáticas.
b. pela destruição do *habitat* natural das plantas aquáticas, que se proliferam descontroladamente como forma de compensação.
c. pela transformação da energia, pelos geradores da usina hidrelétrica em forma utilizável pelas plantas aquáticas.
d. pelo represamento da água, que aumenta a população de plantas aquáticas por conta de maior absorção da luz solar.
e. pela emissão de poluentes resultantes da queima de combustíveis fósseis nas usinas hidrelétricas, os quais vão para a água e fornecem nutrientes inorgânicos às plantas.

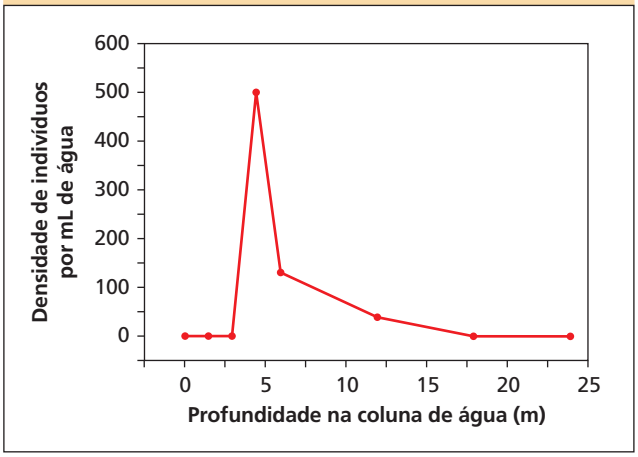
5. Um fluxograma é um tipo de representação gráfica usada em muitas áreas para ajudar na visualização e compreensão de processos. Por meio desse recurso é possível apresentar a sequência de etapas de um processo de forma objetiva e clara. O fluxograma é geralmente construído usando diferentes formas geométricas (círculos, retângulos, losangos etc.) dentro das quais as informações principais de cada etapa são descritas. Essas formas são conectadas por meio de setas, indicando a ordem em que ocorrem.

Construa um fluxograma mostrando as etapas da eutrofização de um corpo-d'água por descarga de esgoto.

6. Analise o gráfico, que apresenta o tamanho das populações de algas marinhas em diferentes profundidades, e responda às questões.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Densidade de indivíduos por mililitro de água



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Densidade de algas marinhas por mililitro de água em diferentes profundidades.

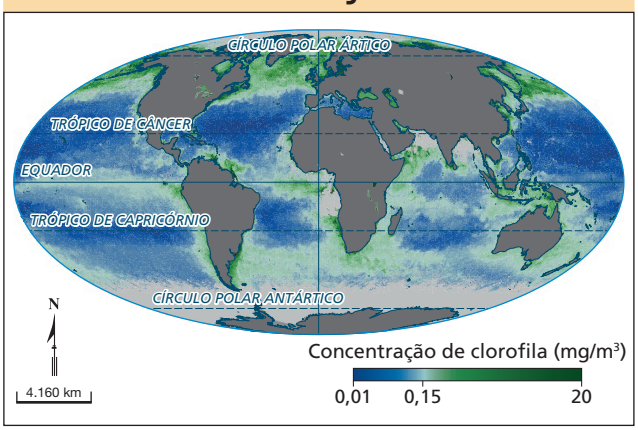
a. O que é possível concluir sobre a relação entre o número de algas por mL de água e o intervalo de profundidade de 2,5 m a 5 m?

b. Estime o número de algas por mL de água para profundidade maior que 25 m.

c. Que componente abiótico é limitante e justifica a queda acentuada na quantidade de algas após determinada profundidade?

7. Analise a imagem a seguir, que apresenta a concentração de clorofila nos oceanos, e responda ao que se pede.

Distribuição geográfica da clorofila nos oceanos em agosto de 2023



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CHLOROPHYLL. **Earth Observatory**, [*s. l.*], 2024. Disponível em: https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MY1DMM_CHLORA. Acesso em: 8 out. 2024.

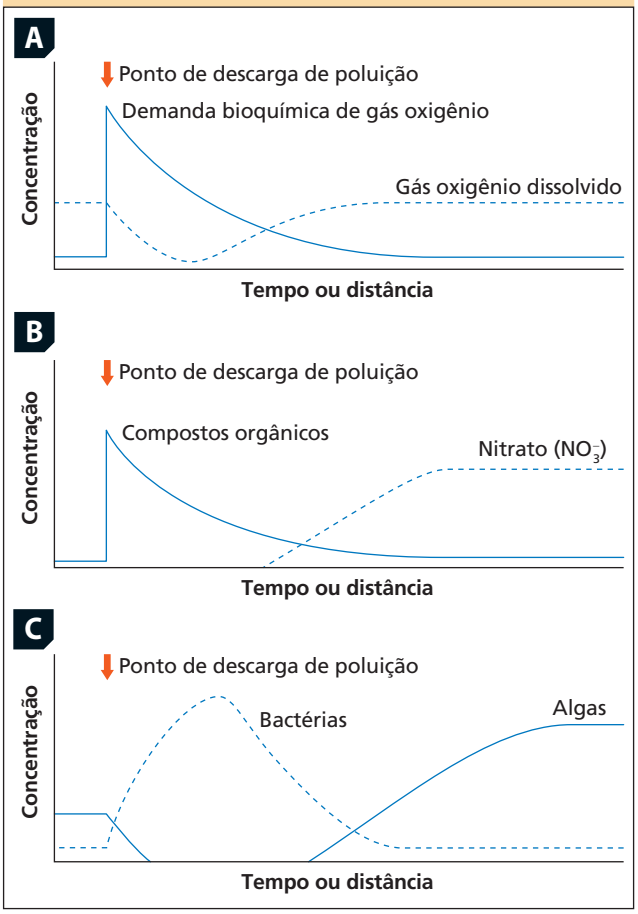
Áreas terrestres aparecem em cinza-escuro; em cinza-claro estão representadas áreas onde não foi possível medir a concentração de clorofila por conta da cobertura de gelo e de outros impedimentos.

a. O que a concentração de clorofila nos oceanos possibilita inferir sobre o plâncton?

b. Com base na análise da imagem, onde se concentram os organismos fotossintetizantes (produtores)? Elabore uma hipótese para explicar esse fato.

8. Quando a descarga de esgoto se dá em rios e dependendo da quantidade de efluentes, instaura-se um processo de autodepuração da água, o qual vai se completando à medida que se avança rumo à foz. Assim, ao longo do próprio rio, após o ponto de descarga, os eventos se sucedem tal como ocorreria no decorrer do tempo em um lago. Lembre o que estudou sobre ciclos biogeoquímicos, analise os gráficos e, com base no que estudou no capítulo e em seus conhecimentos prévios (principalmente sobre ciclo do nitrogênio), responda às questões.

Efeitos do lançamento de poluente orgânico em um rio



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Efeitos do lançamento de poluente orgânico em diferentes parâmetros de um rio ao longo do tempo ou distância do ponto de descarga da poluição. Em **(A)**, concentração de gás oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de gás oxigênio, em **(B)**, concentração de compostos orgânicos, e em **(C)**, concentração de bactérias e algas.

a. No gráfico **A**, qual é a evidência de poluição orgânica? E de posterior depuração? Relacione os gráficos **A**, **B** e **C** e responda: como se explica a proliferação de bactérias no gráfico **C**? E de algas?

b. Qual é a evidência de impacto por eutrofização do rio dentro do trecho representado no gráfico **B**? E no gráfico **C**?

c. Quais seriam possíveis iniciativas para atenuar ou evitar a eutrofização do rio?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 10

Saneamento básico e doenças associadas

REPRODUÇÃO/ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS



Cartaz de divulgação da Conferência da Água realizada em 2023 pela Organização das Nações Unidas (ONU), pautada na fábula do beija-flor que conta como esse animal se esforça para apagar um incêndio florestal carregando, em seu bico, a água coletada em um lago. A ideia é que cada um de nós possa ser a mudança que queremos ver no mundo. Sem água não há vida como a conhecemos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Solicite aos estudantes que busquem dados sobre a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico ou sobre a Síntese de Indicadores Sociais, ambas realizadas pelo IBGE. Nelas, é possível encontrar gráficos, tabelas e dados sobre os serviços de saneamento básico em diferentes regiões do Brasil. Aproveite a oportunidade para relacionar a precariedade do saneamento básico com as diferenças encontradas entre os índices de desenvolvimento humano por região brasileira. Se possível, seria interessante um trabalho integrado com o componente curricular de Geografia. O saneamento inclui o manejo de resíduos, assunto já abordado na unidade 2, capítulo 8, tratamento da água para se obter água potável, analisado na unidade 3 do volume do componente curricular de Química desta coleção, e o esgotamento sanitário e a drenagem de águas pluviais urbanas, que analisaremos brevemente no presente capítulo.

O dia 22 de março foi instituído como Dia Mundial da Água pela ONU para promover a conscientização acerca da importância da água e de sua gestão sustentável. A Conferência da Água de 2023 concentrou-se no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6: água potável e saneamento para conscientizar sobre a crise global de água e propor ações e metas internacionais com participação de governos, instituições e comunidades locais para combatê-la.

O saneamento abrange abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, e drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas. Tais serviços são fundamentais para reduzir a incidência de doenças e a mortalidade, além de melhorar a qualidade de vida e a produtividade econômica. Esses aspectos relacionam-se também ao ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis).

Segundo a ONU, a falta de acesso ao saneamento é um desafio global, afetando 46% da população mundial. No Brasil, a Lei do Saneamento Básico de 2007 e o Novo Marco Legal do Saneamento de 2020 asseguram o acesso universal aos serviços de saneamento.

Neste capítulo, analisaremos o saneamento básico e as principais doenças associadas ao saneamento inadequado.

Concepção de saúde e saneamento básico

Na linguagem cotidiana ou senso comum, saúde e doença são consideradas estados opostos da condição de funcionamento de um organismo. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), órgão da ONU, saúde é um estado de bem-estar físico, mental e social. Isso inclui acesso a condições e recursos que promovam o bem-estar geral, como saneamento básico, alimentação saudável, moradia adequada, educação e serviços de saúde de qualidade. Essa abordagem reconhece, assim, a interconexão entre fatores biológicos, sociais, econômicos e ambientais que influenciam o estado de saúde de uma pessoa.

Em conformidade com a concepção da OMS, a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 196, afirma que "a saúde é direito de todos e dever do Estado". Dessa forma, cabe ao Estado garantir condições adequadas de vida e acesso universal e igualitário aos serviços de saúde, mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doenças, além de proporcionar acesso às ações e serviços destinados à promoção, proteção e recuperação da saúde da população. Esta precisa ter acesso à educação e à informação de qualidade, capacitando-se para cuidar da própria saúde e do meio em que vive, e para poder se posicionar frente às políticas sociais, contribuindo ativamente na defesa de seus direitos e necessidades, mas também cumprindo com seus deveres para com a sociedade.

Um dos aspectos fundamentais na manutenção da saúde e na preservação ambiental, é o saneamento básico. De acordo com Censo Demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), houve melhoras no Brasil de 2010 a 2022, mas persistem desigualdades históricas, que precisam ser revistas e solucionadas.

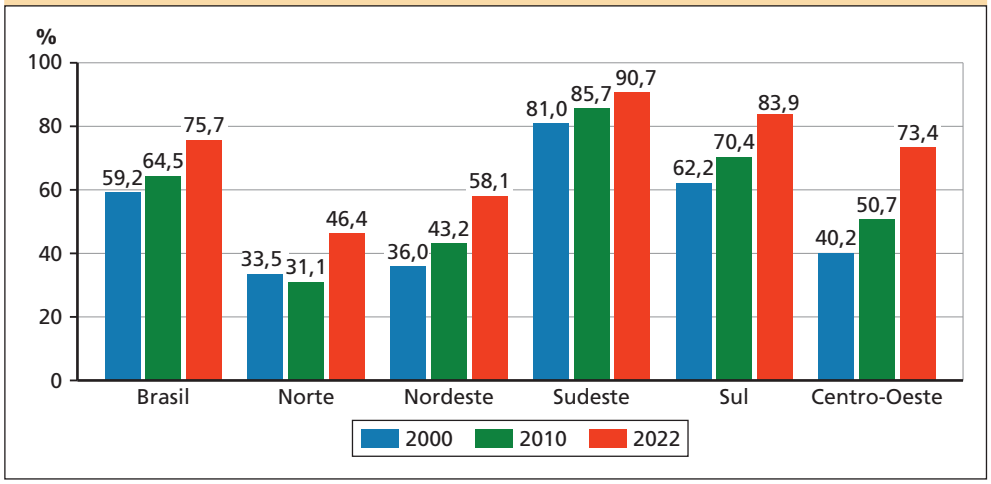
Os dados obtidos mostram que:

- **Quanto às formas de abastecimento de água:** a principal forma de abastecimento de água é por rede geral de distribuição e houve elevação na cobertura, passando de 81,5% em 2010 para 82,9% em 2022. Há, no entanto, desigualdades regionais, com a região Sudeste apresentando as maiores porcentagens (91,0%) e a Norte, as menores (55,7%). Em 2022, as demais formas consideradas adequadas para fins de monitoramento do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) foram: poço profundo ou artesiano (9%), poço raso, freático ou cacimba (3,2%), fonte, nascente ou mina (1,9%). As demais formas, consideradas inadequadas, foram carro-pipa (1%), rios, açudes, córregos, lagos e igarapés (0,9%) e água da chuva armazenada (0,5%). O restante da população, usa outras formas de abastecimento.
- **Quanto ao esgotamento sanitário:** as modalidades adequadas de esgotamento sanitário foram, em ordem decrescente de ocorrência em 2022, as seguintes: rede geral ou pluvial (58,3%), fossa séptica não ligada à rede (13,2%) e fossa séptica ligada à rede (4,2%). O conjunto dessas soluções, atendeu, portanto, 75,7% da população. As regiões Norte e Nordeste continuam com as mais baixas porcentagens de acesso às soluções adequadas em relação às demais regiões, como mostra o gráfico a seguir.

Os dados do Censo Demográfico de 2022 podem ser acessado pelo endereço eletrônico https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3106/cd_2022_domicilios.pdf e para mais informações a respeito das desigualdades no acesso a saneamento básico, com base nos dados do IBGE, acesse: https://sintrajufe.org.br/censo-do-ibge-mostra-que-pretos-pardos-e-indigenas-tem-menos-acesso-a-saneamento-basico/. Acessos em: 9 out. 2024.

OBJETO DIGITAL
Mapa clicável: Aspectos do saneamento básico no Brasil

População com acesso à esgotamento por rede coletora ou fossa séptica



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **censo Demográfico 2022**: características dos domicílios. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3106/cd_2022_domicilios.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Gráfico do esgotamento sanitário adequado nas regiões brasileiras em 2000, 2010 e 2022, segundo o IBGE.

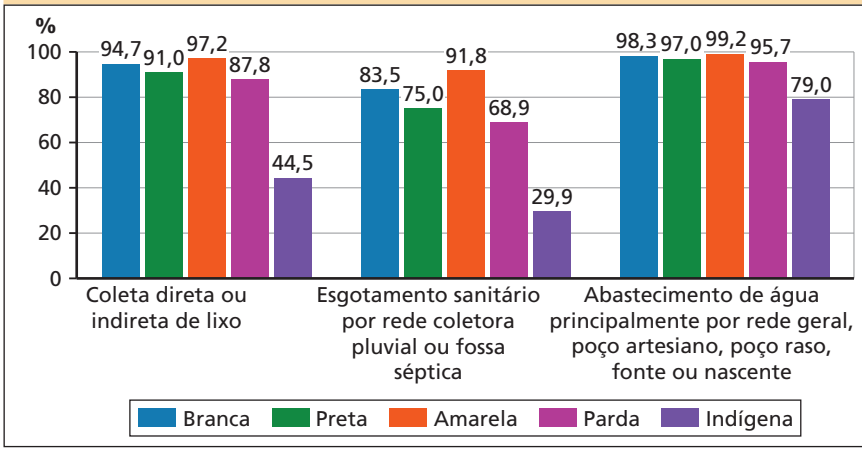
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em 2022, as soluções consideradas inadequadas foram, em ordem decrescente de ocorrência: fossa rudimentar ou buraco (19,4%), vala (1,5%), despejo em rio, lago, córrego ou mar (2%), outra forma (0,7%) ou inexistência de banheiro ou sanitário em casa (0,6%).

- **Resíduos sólidos:** a porcentagem da população atendida por coleta direta ou indireta de lixo aumentou de 85,8% em 2010 para 90,9% em 2022. A categoria com maior frequência em 2022 foi coleta no domicílio por serviço de limpeza (82,5%), seguida de deposição em caçamba de serviço de limpeza (8,4%). Persistem, no entanto, desigualdades regionais relevantes, sendo as regiões Nordeste (82,4%) e Norte (78,5%) as menos atendidas, enquanto a Sudeste, a mais bem atendida (96,9%). Em 2022, os 9,1% restantes da população recorriam a soluções locais ou individuais inadequadas para a destinação do lixo, sendo elas: queima na propriedade (7,9%), enterrado na propriedade (0,3%), jogado em terreno baldio, encosta ou área pública (0,6%) e outro destino (0,3%).

Além de manutenção de disparidades entre regiões geográficas, o Censo de 2022 também identificou a manutenção de desigualdades entre diferentes grupos populacionais representados pelas mulheres, jovens, pretos, pardos e indígenas. Essa realidade evidencia a necessidade de garantir condições de vida dignas para todos.

Acesso a condições de saneamento básico por cor ou raça



Fonte: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022**: Características dos domicílios. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3106/cd_2022_domicilios.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Gráfico retirado do Censo de 2022 mostrando a proporção de moradores em domicílios particulares permanentes, categorizados pela cor ou raça autodeclaradas, em função do acesso aos serviços de saneamento básico.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

OBJETO DIGITAL
Vídeo: Saneamento básico e sua relação com as taxas de mortalidade infantil

A falta de acesso ao saneamento básico impacta a qualidade de vida, eleva a taxa de mortalidade infantil e perpetua as desigualdades sociais, econômicas e de gênero, evidenciando o conceito de necropolítica, proposto pelo filósofo Achille Mbembe (1957-), nascido em Camarões, no continente africano. Resumidamente, a necropolítica refere-se à capacidade do Estado de determinar quem vive e quem morre, muitas vezes por meio de ações deliberadas ou negligenciadas que colocam certas populações em situações de risco de morte e sofrimento. Enfrentar essa realidade exige não apenas medidas para melhorar o saneamento básico, mas também profunda reflexão sobre as injustiças sistêmicas que perpetuam a marginalização e a exclusão de pessoas vulneráveis nas sociedades.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

EM FOCO Desigualdade de gênero no acesso ao saneamento

Novo estudo mostra que mulheres ainda são as mais prejudicadas pela falta de saneamento básico no Brasil

[...] A pesquisa [segunda edição do estudo *O Saneamento e a Vida da Mulher Brasileira* publicado em 2022], faz um recorte da população feminina para mostrar que a desigualdade de gênero está presente em todos os estágios da vida da mulher, com reflexos nas áreas pessoal e profissional.

Além das atividades do dia a dia, as mulheres costumam ser as responsáveis pelas tarefas domésticas e pelos cuidados com a família e, ao serem afetadas por problemas relacionados ao saneamento, precisam se dedicar exclusivamente aos cuidados com a família. Com o bem-estar limitado, elas sofrem consequências na saúde, na educação e no tempo dedicado às atividades domésticas e econômicas.

ODS 5

Continua

REPRODUÇÃO/TRATA BRASIL



Fonte: BRK Ambiental; Instituto Trata Brasil. **O saneamento e a vida da mulher brasileira**, 2022. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_Completo_-_2022.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Capa do segundo estudo da série *O saneamento e a vida da mulher brasileira*, do Instituto Trata Brasil.

Nesta edição, é apresentada uma análise inédita relacionada à pobreza menstrual, com dados que mostram que as mulheres mais pobres têm um esforço econômico 16 vezes maior para conseguir comprar produtos de higiene pessoal, se comparado com a população feminina de maior renda.

Mulheres que não têm acesso à água tratada comprometem uma parcela maior da renda com a compra de absorventes e coletores menstruais – o impacto é 36% superior. Para as que vivem sem banheiro em casa, o esforço econômico é 64% maior.

[...]

Impactos do saneamento na vida das mulheres brasileiras

- 41,4 milhões de mulheres brasileiras (38,2% da população feminina) residem em casa sem coleta de esgoto.

[...]

- 15,8 milhões de mulheres são impactadas pela falta de água tratada.
- Nas regiões Norte e Nordeste, uma em cada duas mulheres não recebe água tratada.
- 2,5 milhões de mulheres não têm banheiro em casa.
- [...] O número de mulheres vivendo abaixo da linha de pobreza passaria de 21,7 milhões para 3,4 milhões graças ao acesso universal ao saneamento.

Reflexos na renda

- A renda das mulheres sem acesso a banheiro em casa é 66,7% inferior em comparação com as demais trabalhadoras que vivem em domicílios com banheiro.
- A renda da mulher poderia ser ampliada em $\frac{1}{3}$ ao garantir o acesso regular à água, com banheiro e coleta de esgoto. [...]
- Em média, entre as famílias sem banheiro de uso exclusivo, o impacto na renda mensal com a compra de absorventes e coletores menstruais é 64% superior ao das mulheres com renda maior. Na população feminina sem água tratada, o esforço econômico é 36% maior.

Saúde

[...]

- O acesso pleno ao saneamento pode reduzir em 63,4% a incidência de doenças ginecológicas na população feminina com idade entre 12 e 55 anos.

[...]

Educação

- As mulheres tiveram cerca de 676 milhões de horas de estudo comprometidas com os afastamentos por doenças respiratórias e de veiculação hídrica.

[...]

- Mulheres que residem em uma moradia sem banheiro tiveram –53,1 pontos no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), em comparação com a média do exame, em 2019. As maiores diferenças foram registradas em redação (–73,3 pontos) e em matemática (–64,6 pontos).

Fonte: BRK. Novo estudo mostra que mulheres ainda são as mais prejudicadas pela falta de saneamento básico no Brasil. **Mulheres & Saneamento**. Disponível em: https://www.mulheresesaneamento.com/. Acesso em: 9 out. 2024.

1. De que maneira o saneamento básico inadequado afeta a saúde, a educação e a renda de mulheres?
2. Analise como o texto se relaciona com elementos da necropolítica.
3. A discussão sobre pobreza menstrual é recente, e o tema é historicamente negligenciado. Apenas em 2023 houve a criação de um programa ativo para assegurar a oferta de absorventes a todas as pessoas que menstruam e que se encontram abaixo da linha da pobreza. Como a implementação desse programa pode impactar a vida das mulheres brasileiras em relação aos aspectos de renda, saúde e educação, com base nos argumentos presentes no texto?
4. Preocupações globais levaram a ONU a propor o ODS 5 que visa alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas. Como o texto se relaciona com esse ODS?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

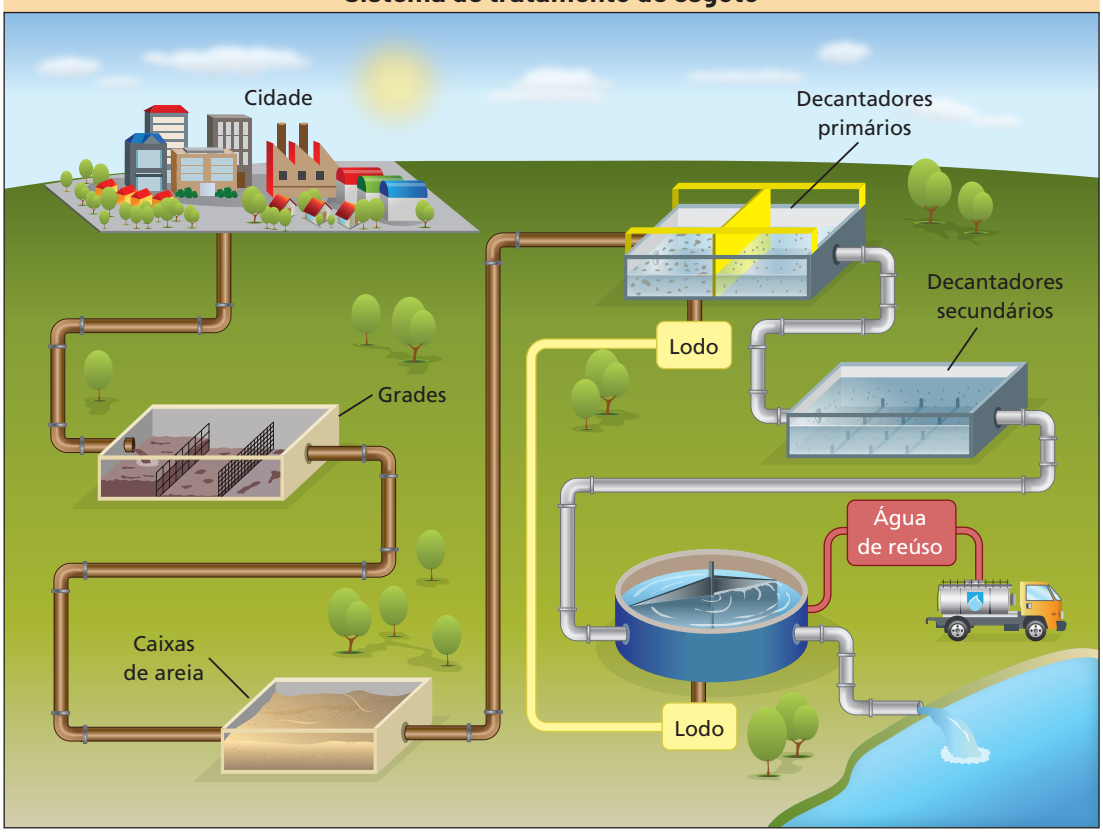
Estações de tratamento de esgoto e fossas sépticas

Entre os aspectos do saneamento, o mais grave no Brasil ainda é o esgotamento sanitário. Vamos comentar brevemente como funcionam duas das formas consideradas adequadas para se lidar com essa questão: Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e fossas sépticas.

Essas soluções, assim como para os demais casos relacionados ao saneamento adequado, envolvem diversos conhecimentos, como os de Engenharia, Biologia, Física, Química, das características dos solos, das necessidades das comunidades, da demografia, da carga orgânica do esgoto, do espaço disponível, dos custos operacionais e da eficiência desejada. As soluções exigem, portanto, abordagem interdisciplinar, além de poderem ser aplicadas de variadas maneiras.

Na figura a seguir, temos um exemplo de sistema de tratamento de esgoto operante em ETE do município de São Paulo, gerida pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). O tratamento é complexo, utilizado em estações com maior capacidade de tratamento e grande eficiência, sendo possível remover cerca de 90% da matéria orgânica presente no esgoto.

Sistema de tratamento de esgoto



Representação simplificada do sistema de tratamento de esgoto da região Metropolitana de São Paulo realizado pela Sabesp. O processo é essencialmente biológico e aeróbio. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: elaborado com base em TRATAMENTO de esgotos. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). Disponível em: https://www.sabesp.com.br/o-que-fazemos/solucoes-para-esgotos/tratamento-esgotos/o-processo-tratamento. Acesso em: 9 out. 2024.

LUIZ RUBIO/ARQUIVO DA EDITORA
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O processo é essencialmente biológico, pois microrganismos são empregados para decompor a matéria orgânica presente no esgoto, e aeróbio, pois há suprimento de gás oxigênio, que beneficia tais microrganismos.

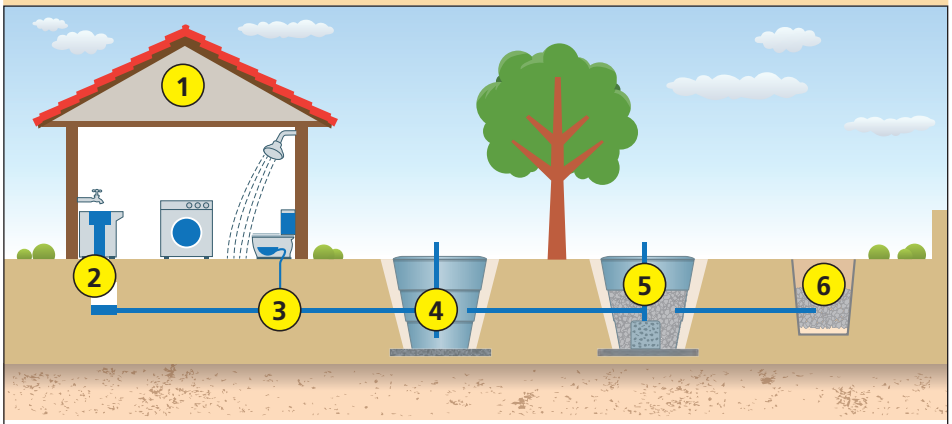
O esgoto que é coletado das residências por tubulações chega à ETE e passa primeiramente pelo processo físico de separação de misturas por peneiramento. Grades e peneiras de malha grossa retêm os sólidos de maior tamanho. Em seguida, o esgoto passa para um tanque, em que processos mecânicos removem a areia. Depois, em decantadores primários, há nova separação dos sólidos mais densos que não foram removidos anteriormente, formando o lodo. A parte líquida passa para outros tanques, incluindo decantadores secundários, até que fique devidamente tratada e seja despejada em um rio ou disponibilizada como água de reúso, não sendo própria para beber.

O lodo final passa por processos que visam aumentar a concentração de sólidos, tornando-se mais seco e compacto. Após o término, ele é transportado para aterros sanitários devidamente aprovados.

A fossa séptica é uma solução individual e utilizada principalmente em áreas rurais. Analise, na figura a seguir, a descrição de um exemplo.

Fossa séptica

LUIZ RUBIO/ARQUIVO DA EDITORA



1 Residência.
2 Caixa de gordura, importante para evitar obstrução da tubulação.
3 Esgoto dos banheiros.
4 Fossa séptica: estrutura subterrânea de concreto, fibra de vidro ou plástico. Nela ocorre a sedimentação dos sólidos, formando um lodo, que deve ser removido anualmente, com o uso de caminhões limpa-fossa.
5 Filtro anaeróbio: tanque com brita feito com o mesmo material da fossa para tratamento biológico com microrganismos anaeróbios que decompõem a matéria orgânica.
6 Sumidouro: tanque com brita e furos na parede e no fundo; é o local para onde vai o esgoto tratado e onde há infiltração do material no solo.

Fonte: CHAVES, D. O. Como se conectar à rede ou instalar sistema individual de tratamento de esgoto. **Ecoeficientes**. Disponível em: https://www.ecoeficientes.com.br/como-se-conectar-a-rede-publica-ou-instalar-sistema-individual-de-tratamento-de-esgoto/. Acesso em: 9 out. 2024.

Representação de um sistema de tratamento individual de esgoto do tipo fossa-filtro-sumidouro. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

Aplique e registre

1. Estabeleça relação entre saneamento básico e aumento da qualidade de vida das pessoas.
2. Elabore argumentos para explicar de que maneira o esgotamento sanitário inadequado pode afetar populações ribeirinhas. Elas são formadas por famílias que vivem às margens de rios com cultura dependente de atividades diretamente ligadas ao ambiente aquático para sua sobrevivência, como a pesca, ou da área próxima para extrativismo vegetal e caça.

Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas

A gestão da drenagem e do manejo das águas pluviais nas áreas urbanas tem por objetivo prevenir enchentes, alagamentos, inundações, em especial em áreas baixas das comunidades, ou próximas a rios e lagos, de modo a reduzir incidências de doenças, mortalidade, deslizamentos de terra e danos ambientais, materiais e econômicos.

Defesa Civil: instituição responsável por um conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas a fim de evitar ou minimizar desastres naturais e tecnológicos e restabelecer a normalidade social.

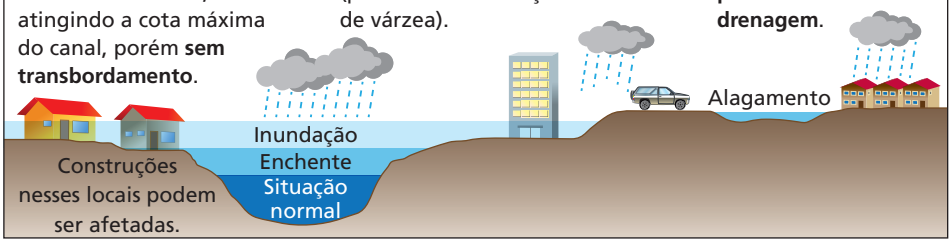
Eventos hidrológicos de risco

LUIZ RUBIO/ARQUIVO DA EDITORA

Enchente ou cheia é o aumento temporário do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém **sem transbordamento**.

Inundação é o **transbordamento** das águas de um canal de drenagem, **atingindo as áreas marginais** (planície de inundação ou área de várzea).

Alagamento é o acúmulo de água nas ruas e nos perímetros urbanos, por **problemas de drenagem**.

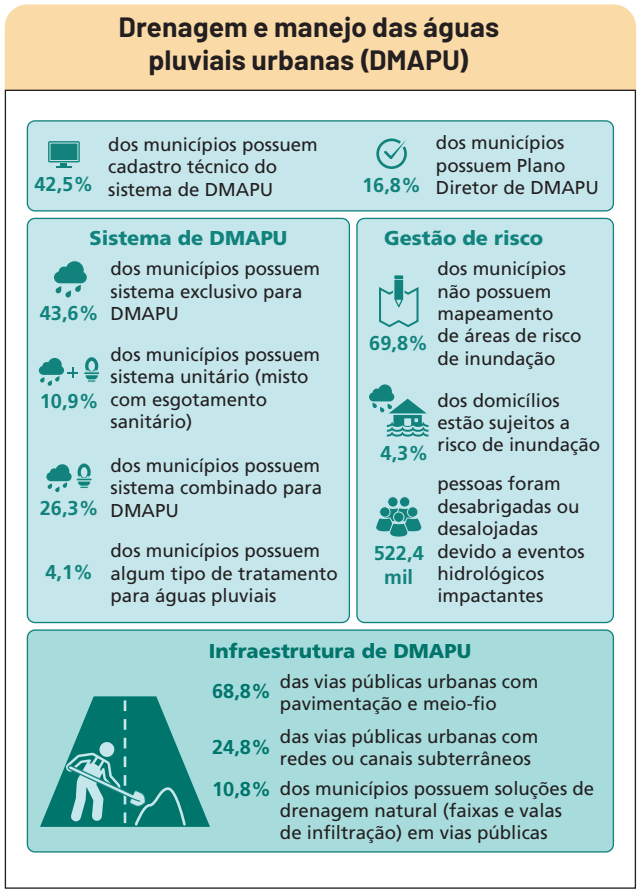


Fonte: MARCHEZINI, V. *et al*. Sistemas comunitários de alerta de risco de desastres associados a inundações e deslizamentos: aspectos teóricos e metodológicos. **Revista de estudos Latinoamericanos sobre redução de risco de desastres (Reder)**, v. 4, n. 2, jul. 2020. p. 36-56.

Esquema das diferenças entre enchente, inundação e alagamento, segundo a **Defesa Civil**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A construção de infraestrutura adequada promove a drenagem urbana, a retenção da água para controlar vazões de cheias e trata da disposição final das águas pluviais drenadas. Essa infraestrutura pode ser realizada de forma independente ou integrada com outros serviços municipais, como abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Analise os dados a seguir provenientes do Censo de 2022.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BRASIL. Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DMAPU) – 2022. Ministério das cidades. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/ap. Acesso em: 9 out. 2024.

Dados do Censo de 2022 sobre Drenagem e manejo das Águas pluviais Urbanas (DMAPU) no Brasil.

Preocupações com a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas estão presentes em vários países, considerando que o aquecimento global é uma realidade e que os eventos extremos estão mais frequentes, como chuvas mais fortes e prolongadas, além de longos períodos de seca. Em maio de 2024, o Rio Grande do Sul passou pela pior inundação dos últimos tempos, o que alerta para a importância de se fazer planejamentos urbanos visando evitar tragédias como essa.

Nesse sentido, um conceito inovador é o de **cidade-esponja**, desenvolvido em 2013 pelo urbanista chinês Kongjian Yu, que se pauta em projetos urbanísticos de gerenciamento das águas de chuva, com seu armazenamento e aumento da capacidade de absorção dos solos. Além disso, nas cidades-esponja os lençóis freáticos são recarregados e a qualidade da água é melhorada. Presente em algumas cidades como Hainan e Xangai, na China, e Copenhagen, na Dinamarca, esse conceito tem trazido uma abordagem sustentável e criado ambientes urbanos agradáveis, tendo por base o funcionamento da natureza.



MOAIMAGE/GETTY IMAGES

O Parque Sanya Mangrove em Hainan, na China, foi um dos projetados pela equipe de Kongjian Yu. Fotografia tirada em 2019.

Fique por dentro

Águas pluviais

BRASIL. Ministério da Saúde. Funasa. Plano municipal de Saneamento Básico. Cadernos Temáticos: saneamento básico. Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Drenagem+e+Manejo+das+Águas+Pluviais+Urbanas.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Nesse caderno temático são discutidos conceitos fundamentais sobre o ciclo da água e a climatologia, além de serem explicados os processos adequados de gestão das águas pluviais no meio urbano do Brasil.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

3. Em uma área recém-urbanizada em um vale de região serrana, observou-se aumento significativo nas ocorrências de inundações e enchentes após chuvas moderadas. Analise as informações do Censo de 2022 mostradas anteriormente, então identifique e explique possíveis causas desse problema.

4. Analise agora os dados do Censo de 2022 quanto à gestão de risco. Com base nesses dados, o que você poderia concluir a respeito desse tipo de serviço de saneamento no Brasil e o impacto que ele tem na vida das pessoas?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Registre em seu caderno

NA PRÁTICA O saneamento básico na região em que moro

O saneamento básico adequado é fundamental para a qualidade de vida humana e conservação do ambiente. Para que esses serviços sejam prestados satisfatoriamente, é necessário que os municípios tenham projetos de saneamento, que haja fiscalização por agências ou sistemas de regulação, e que a população esteja bem-informada.

OBJETIVOS

- Analisar projetos de saneamento básico em nível municipal, estadual e nacional.
- Propor ideias inovadoras e sustentáveis para melhorar a qualidade de vida e a saúde da população do município onde moro por meio do saneamento básico.

PREPARE-SE!

O saneamento básico é um direito previsto na Constituição Federal. Mas será que todos os municípios têm acesso a esses serviços de maneira satisfatória? Você acha que o município em que vive tem um saneamento básico adequado? Em quais dados você se baseou para chegar a essa conclusão?

MATERIAIS

- Papel, lápis ou caneta para anotações
- Câmera ou celular para registro de imagens

PROCEDIMENTO

- Forme um grupo com mais quatro colegas.
- Pesquisem os indicadores de saneamento básico do município onde vivem para que possam ter uma visão geral e levantar os possíveis pontos de ação para a melhoria da qualidade de vida da população local.
- Busquem informações a respeito da regulamentação de um projeto de saneamento, como as leis nº 11.445/2007 e nº 14.026/2020 e o Decreto nº 8.211/2014.
- Procurem saber como é o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de seu município. Caso ele não apresente um PMSB, busque dados de saneamento do IBGE, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) ou de relatórios da prefeitura.
- Cada grupo deve escolher um serviço de saneamento para aprofundar as análises (abastecimento e tratamento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos ou manejo de águas pluviais).
- Pesquisem informações sobre a situação do município no ano da implementação do serviço escolhido pelo grupo: como ela ocorreu, quais foram as abordagens e as ações previstas. Verifiquem os últimos relatórios para acompanhar os avanços.
- Identifiquem os maiores problemas relacionados ao saneamento básico escolhido pelo grupo, com base nos dados pesquisados.
- Perguntem a seus familiares, amigos e pessoas da comunidade o que pensam e sabem a respeito do saneamento do município.
- Registrem suas observações em um caderno de notas.
- Se houver saneamento básico no município, marquem uma visita à estação de tratamento de água, de esgoto, ao aterro sanitário do município ou a cooperativas de reciclagem. Registrem a visita por meio de fotos e anotem informações relevantes.
- Caso seja possível, realizem entrevistas com especialistas no assunto. Para isso, entrem em contato informando o objetivo da entrevista deixando claro que é para um trabalho escolar visando entender a realidade onde vivem. Verifiquem a disponibilidade da pessoa e peçam autorização dela para a reprodução da conversa no ambiente escolar. A entrevista pode ser *on-line* ou pessoalmente, de acordo com as possibilidades de todos. Elaborem um roteiro de perguntas para nortear a conversa, e, durante a entrevista, anotem a fala da pessoa ou, se ela concordar, gravem, para que possam analisar melhor depois.
- Pesquisem projetos de saneamento básico bem-sucedidos em outros municípios ou estados.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Com base nas informações recolhidas, analisem criticamente a situação do serviço de saneamento escolhido no município onde moram e comparem os dados com projetos bem-sucedidos em outros municípios ou estados.
2. Avaliem como o serviço de saneamento escolhido pelo grupo pode ser aprimorado e construam uma proposta de projeto sustentável para o município onde moram.
3. Criem apresentações, cartazes ou infográficos para ilustrar suas ideias.
4. Em data marcada pelo professor, cada grupo deve apresentar aos colegas os dados coletados, as análises feitas e a proposta do projeto.
5. Conversem sobre as diferentes propostas apresentadas e reflitam sobre a aplicabilidade delas no município. Discutam formas de apresentar as propostas para a prefeitura ou sociedade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Doenças relacionadas ao saneamento inadequado

Várias doenças estão relacionadas ao saneamento inadequado. O conhecimento dos agentes causadores e dos mecanismos dessas doenças nos possibilita elaborar medidas de prevenção (profiláticas) e de tratamento adequadas à realidade de cada localidade, bem como direcionar escolhas e atitudes, do ponto de vista individual e coletivo, para a promoção da saúde.

Vírus, bactérias, protozoários e alguns invertebrados são causadores das doenças infecciosas humanas veiculadas pelo saneamento inadequado. Assim, a implementação e/ou melhoria do saneamento básico, além do tratamento dos doentes, são medidas importantes no combate a todas essas doenças.

Uma infecção acontece quando três fatores estão presentes:

- **agente etiológico** (patógeno ou agente patogênico), que é o organismo capaz de causar a infecção;
- **transmissão**, que é o meio de propagação do agente etiológico;
- **hospedeiro**, organismo onde o patógeno se instala e se reproduz. No caso de doenças em que o agente etiológico possui mais de um hospedeiro em seu ciclo de vida, considera-se como **hospedeiro definitivo** aquele em que o agente etiológico se reproduz sexuadamente, e **hospedeiro intermediário**, aquele em que o agente etiológico se reproduz assexuadamente.

Muitas das doenças relacionadas ao saneamento inadequado fazem parte das chamadas **doenças tropicais negligenciadas** (DTN) que, segundo a OMS, afetam de modo desproporcional as regiões tropicais e subtropicais do planeta, principalmente as comunidades vulneráveis. Essas doenças recebem pouca atenção de investimentos em pesquisas para o desenvolvimento de medicamentos e vacinas por empresas farmacêuticas, resultando em elevada mortalidade. Além do impacto na saúde, há consequências sociais, como estigma e discriminação. Visando colaborar na solução desse grave problema, a organização sem fins lucrativos chamada Medicamentos para Doenças Negligenciadas (DNDi, sigla do nome em inglês *drugs neglected diseases initiative*) tem por missão justamente desenvolver e disponibilizar novos medicamentos ou novas formulações de medicamentos existentes para pacientes que sofrem de doenças negligenciadas.

De acordo com o Atlas de Saneamento do IBGE (2021):

> [...]
>
> As iniciativas globais para acelerar a eliminação das DTNs e a adoção dos ODS ampliou a visibilidade desse grupo de doenças, na perspectiva de fortalecimento de uma ação integrada mais efetiva para controle e benefício das populações que vivem em condições de vulnerabilidade e inequidades, aí ressaltando as condições de saneamento básico e, mais amplamente do saneamento ambiental [...].

Fonte: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de Saneamento**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. 3. ed. Rio de Janeiro, 2021.



ELISEU GEISLER/SHUTTERSTOCK

O fortalecimento da infraestrutura de saúde pública e rede hospitalar nos níveis local, estadual e federal é uma medida fundamental na vigilância e no controle das doenças relacionadas ao saneamento inadequado.

Doenças de transmissão fecal-oral

Na transmissão por via **fecal-oral**, fezes contendo o agente causador da doença contaminam a água. Ao ingerir a água contaminada ou alimentos contaminados, a pessoa adquire o agente infeccioso. Além do saneamento básico, outras medidas profiláticas para se evitar essas doenças incluem o consumo de água potável, filtrada, fervida ou clorada; higienização de verduras e frutas antes do consumo; cuidados básicos com a higiene, como lavar as mãos após o uso de sanitários, antes das refeições e da manipulação de alimentos.

As principais doenças estão resumidas no quadro a seguir.

Doença e agente etiológico	Alguns sintomas e outras medidas preventivas
Hepatite A (causada por vírus)	Geralmente assintomática, mas pode ocorrer febre, náusea, vômito, dor abdominal e icterícia (pele e olhos amarelados). Em casos raros, há complicações hepáticas que podem levar à morte. Há vacina, importante medida preventiva.
Cólera (causada pela bactéria *Vibrio cholerae*)	Diarreia aquosa (aspecto de água de arroz), vômitos, desidratação, cãibras musculares. Outras medidas preventivas: não ingestão de peixes, moluscos e crustáceos crus ou malcozidos sem confirmação de procedência de regiões sem o vibrião colérico.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

Amebíase (causada pela ameba da espécie *Entamoeba histolytica*)	Diarreia, dor abdominal, vômitos. Em casos mais graves, danos a órgãos como intestino e fígado.
Ascaridíase (causada pelo nematódeo da espécie *Ascaris lumbricoides*, popularmente chamada lombriga).	Dor abdominal, náuseas e vômitos. Além disso, bronquite e pneumonia em decorrência da migração de juvenis do parasita, respectivamente, para brônquios e pulmões.

Os juvenis também podem ser chamados de larvas.

Doenças transmitidas pelo contato direto com a água ou com o solo

No caso dessas doenças, os agentes infecciosos presentes no meio penetram pela pele humana.

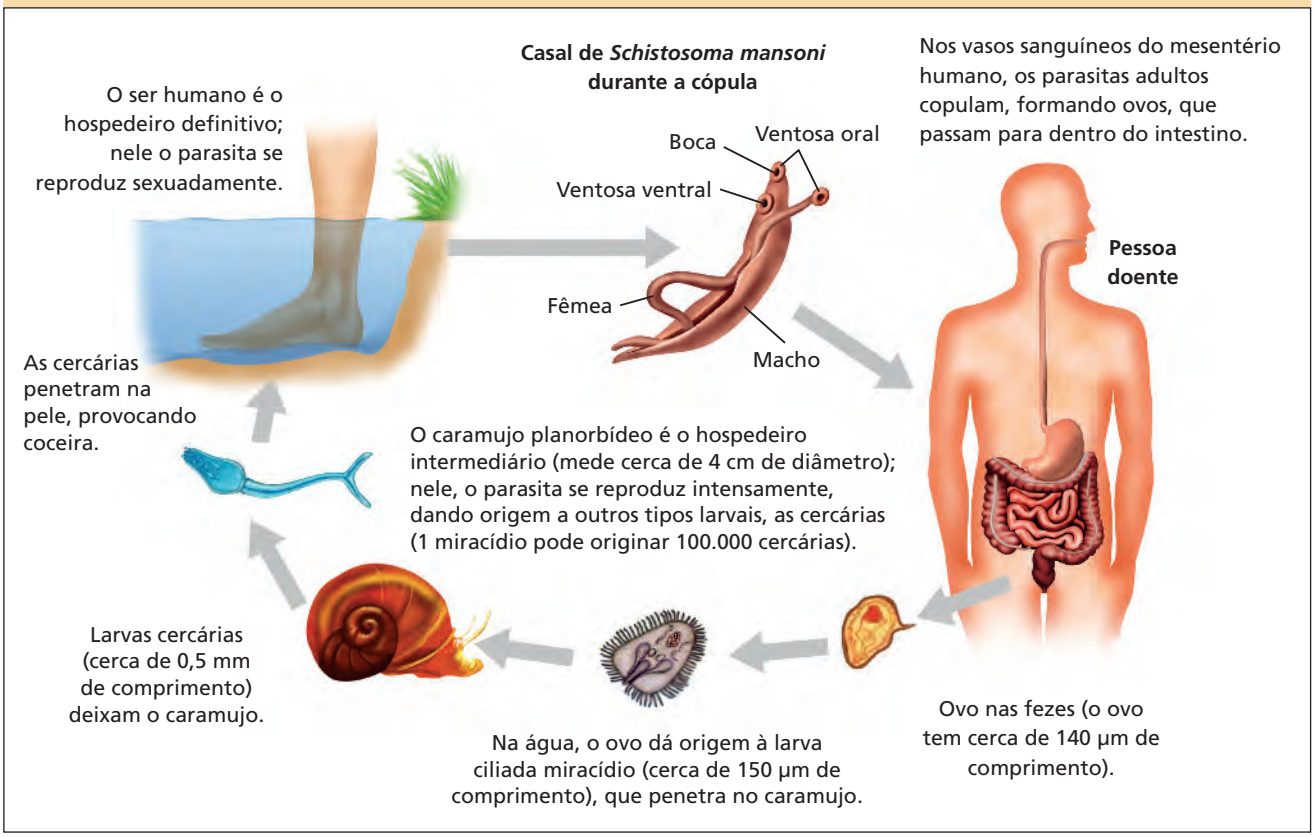
Leptospirose

Causada por bactérias do gênero *Leptospira*. Animais, como ratos, infectados por essas bactérias, eliminam-nas pela urina, contaminando a água e alimentos. A infecção humana ocorre pela pele em contato prolongado com a água contaminada, ou através das mucosas dos olhos, da boca e do nariz. Os sintomas incluem febre alta, dor de cabeça, dores musculares, náuseas e vômitos. Os casos de leptospirose aumentam em enchentes, alagamentos e inundações. Assim, as medidas profiláticas envolvem cuidados governamentais com a drenagem de águas pluviais, a realização de coleta e de destinação adequada de resíduos para evitar a proliferação de ratos, e a vigilância sanitária dos alimentos. Como medidas preventivas individuais, deve-se minimizar, se possível, o tempo de contato com a água desses eventos hidrológicos, e, após o recuo das águas, utilizar água sanitária para higienização dos locais afetados usando luvas e botas impermeáveis.

Esquistossomose ou esquistossomíase

Causada por nematódeos da espécie *Schistosoma mansoni*, em cujo ciclo de vida há caramujos planorbídeos como hospedeiros intermediários. Analise, na figura a seguir, o ciclo de vida do esquistossomo, nome popular do parasita.

Ciclo de vida do esquistossomo



MARCOS AURÉLIO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SOLOMON, E. P. *et al*. **Biology**. 9. ed. California: Brooks/Cole, 2011.

Representação esquemática do ciclo de vida do *Schistosoma mansoni*. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Alguns dos sintomas são febre e dores abdominais. Após infecção prolongada, surgem lesões no fígado e no baço, que ficam aumentados, dando origem ao nome popular da doença como **barriga-d'água**.

Além do saneamento básico, outras medidas profiláticas a nível governamental envolvem o controle da população de caramujos planorbídeos, sem os quais o ciclo do esquistossomo não se completa. Como medida

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

individual, é importante não nadar nem andar nas chamadas "lagoas de coceira", pois elas estão contaminadas pelas cercárias do esquistossomo, que geralmente causam coceira quando penetram a pele humana.



CATH WADFORTH/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Exemplar de *Ancylostoma duodenale*. (Imagem obtida com microscópio de luz, tratada com corantes histológicos e ampliada cerca de 10 vezes.)

Ancilostomose ou Ancilostomíase

Decorre da infecção pelos nematódeos das espécies *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus*. Eles são parasitas intestinais e apresentam estruturas cortantes ao redor da boca que causam lesões à parede do intestino, resultando em perda de sangue, podendo levar à anemia. Os sintomas comuns incluem palidez, icterícia (pele amarelada, o que dá o nome popular de **amarelão** à doença), fraqueza e cansaço.

A infecção ocorre quando juvenis desses parasitas, presentes em solos úmidos, penetram ativamente a pele humana, causando irritação cutânea. Eles entram na corrente sanguínea, chegam aos pulmões, perfuram os alvéolos, passam pelos brônquios. Nesse trajeto, podem causar problemas pulmonares.

Dos brônquios, passam para a garganta, são deglutidos, chegando ao intestino, onde se desenvolvem em vermes adultos.

Além do saneamento básico, outras medidas profiláticas envolvem evitar contato da pele com solos contaminados por juvenis desses parasitas, com o uso de calçados.

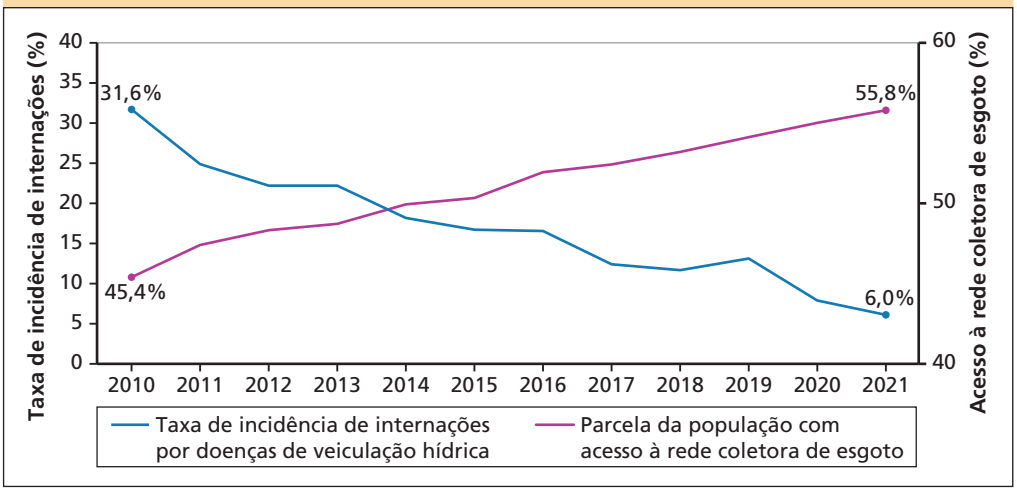
Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

5. Analise o gráfico e responda ao que se pede.

População com acesso à saneamento e incidência de internações (2010-2021)



Fonte: FREITAS, F. G.; MAGNABOSCO, A. L. A vida sem saneamento – Para quem falta e onde mora essa população? **Trata Brasil**, nov. 2023. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/11/VERSAO-FINAL-PRIVACAO-DO-SANEAMENTO.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Gráfico mostrando a parcela da população com acesso à rede coletora de esgoto e a taxa de incidência de internações por doenças de veiculação hídrica no Brasil.

a. Descreva o que aconteceu no período de 2010 até 2021 em relação à curva que indica a taxa de incidência de internações por doenças de veiculação hídrica e a que indica a parcela da população com acesso à rede de coleta de esgoto.

b. O que você pode concluir com base na análise conjunta dessas duas curvas?

6. O estudo do ciclo de vida dos parasitas é importante para o compreender as doenças que causam e estabelecer medidas profiláticas. Suponha que em um município seja comum ocorrerem casos de cólera e amebíase. Qual seria a principal medida profilática comum ao combate a essas duas doenças que os governantes deveriam tomar?

7. Com relação às doenças estudadas até agora no capítulo, qual pode ser prevenida por meio da vacinação?

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Doença transmitida por ingestão de carne contaminada por cistos do parasita

Nessa categoria está a **teníase**, causada por duas espécies de platelmintos parasitas intestinais, popularmente chamados solitárias: *Taenia solium* e a *Taenia saginata*. No ciclo de vida possuem hospedeiros intermediários, que são respectivamente, o porco e o boi.

Os hospedeiros intermediários contaminam-se com ovos desses parasitas ao se alimentarem. Os ovos ingeridos originam larvas, que formam cistos abrigados entre as fibras da carne desses animais: os **cisticercos**. A pessoa adquire o parasita, ao se alimentar de carne assim contaminada. No intestino humano, o cisticerco desenvolve-se na forma adulta do parasita, que se reproduz de forma sexuada. Os ovos formados misturam-se com as fezes da pessoa contaminada. Sem esgotamento sanitário, esses ovos passam para o meio, contaminando-o.



PAULO DE OLIVEIRA/AVALON/AGB PHOTO LIBRARY

Parte do corpo de uma tênia (*Taenia solium*). Mede cerca de 10 m de comprimento.

Os principais sintomas da teníase são dores abdominais, náuseas e vômitos.

Além do saneamento básico, outras medidas profiláticas são: cozinhar bem as carnes antes de ingeri-las, pois o cozimento prolongado mata os cisticercos; adquirir carnes suína e bovina com selos de inspeção sanitária, atestando a avaliação realizada por órgãos competentes em abatedouros e açougues.

A *Taenia solium* é responsável também por outra doença, a **cisticercose**. Nesse caso, a pessoa ingere ovos dessa tênia presentes em alimentos e/ou água, sendo assim, um caso de infecção feco-oral. Esses ovos acabam por formar cisticercos em vários locais do corpo humano, como olhos, cérebro e coração, comprometendo o funcionamento desses órgãos. No cérebro, pode causar fortes dores de cabeça, convulsões e até a morte.

Doenças transmitidas por inseto vetor

Dengue, chikungunya, zika

Essas três doenças são causadas por tipos distintos de vírus, porém a transmissão de todas se dá pela picada de fêmeas de mosquitos da espécie *Aedes aegypti*. As fêmeas são hematófagas e colocam seus ovos na água onde as larvas se desenvolvem. Assim, como importante medida preventiva, deve-se evitar água parada em vasos ou qualquer outro recipiente, assim como não deixar caixas-d'água sem tampa, o que interrompe o ciclo de vida do inseto, reduzindo sua população. Além disso, é recomendável o uso de telas mosquiteiras em portas e janelas, e repelentes adequados no corpo.



TACIOPHILIP/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Fêmea do mosquito *Aedes aegypti* com o abdômen repleto de sangue. O macho não é hematófago. Mede cerca de 5 mm de comprimento.

A **dengue** apresenta-se sob duas formas: a clássica e a hemorrágica.

Na dengue clássica, que é a forma mais comum, os sintomas incluem febre alta, dor de cabeça e atrás dos olhos, dores no corpo, fraqueza e manchas vermelhas na pele. Na dengue hemorrágica, os sintomas iniciais são semelhantes aos da dengue clássica, porém, evolui para situação mais grave, com queda acentuada da pressão arterial devido ao aumento da permeabilidade dos capilares sanguíneos e hemorragias, o que pode causar a morte.

É importante lembrar que nunca se deve fazer uso de medicamentos sem recomendação médica e, especialmente nos casos de dengue, não se deve tomar antitérmicos à base de ácido acetilsalicílico (AAS), porque essa substância pode favorecer hemorragias.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Há vacina contra a dengue que, a partir de 2024, foi incorporada ao Sistema Único de Saúde (SUS), inicialmente para público e regiões considerados prioritários.

No caso da **chikungunya** (ou chicungunha, na forma aportuguesada), a pessoa apresenta subitamente um quadro febril, com temperatura acima de 38,5 °C, associada a dores e inchaços nas articulações. Há vacina aprovada nos Estados Unidos e em estudo para a viabilidade de aprovação no Brasil pela Anvisa.

No caso da febre **zika**, é comum ocorrer febre baixa, manchas vermelhas no corpo, coceira na pele. A doença causa sérios problemas à saúde de gestantes e seus bebês, que podem desenvolver microcefalia.

Febre amarela

Doença causada por vírus. Os sintomas incluem febre alta, calafrios, dor de cabeça, náuseas, vômitos, fraqueza, dores musculares, icterícia. Em casos graves, há insuficiência hepática, condição geralmente fatal.

Há dois ciclos distintos da transmissão da doença: o urbano, pela picada de fêmeas do mosquito da espécie *Aedes aegypti*, e o silvestre, pela picada de fêmeas dos mosquitos dos gêneros *Haemagogus* e *Sabethes*.

No Brasil, os casos confirmados desde 1942 decorrem do ciclo silvestre, em que os humanos são hospedeiros acidentais, especialmente por ocasião da derrubada de matas. No meio silvestre, o vírus afeta macacos, que também adoecem e podem morrer. É importante dizer que os macacos não transmitem a febre amarela.

Além do controle da população de insetos vetores, usar repelente no corpo e telas mosquiteiras em portas e janelas. Uma importante medida preventiva é a vacinação.

ACERVO DO ICMBIO/MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/GOVERNO FEDERAL



Cartaz alertando para o fato de que os macacos não transmitem a doença.

Leishmanioses

Doenças causadas por espécies de protozoários do gênero *Leishmania*.

DENNIS KUNKEL MICROSCOPY/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/ FOTOARENA



Alguns indivíduos de *Leishmania* sp. (Imagem obtida com microscópio eletrônico de varredura, colorizada artificialmente e ampliada cerca de 1.700 vezes.)

A espécie *Leishmania braziliensis* causa a leishmaniose tegumentar americana (LTA), caracterizada pela formação de feridas de difícil cicatrização na pele e nas mucosas, podendo levar a lesões mutilantes. A espécie *L. chagasi* causa a leishmaniose visceral americana (LVA), caracterizada por febre, lesões nas vísceras, aumento do fígado e do baço, e anemia.

Nos dois casos, a transmissão é feita pela picada de fêmeas de mosquitos do gênero *Lutzomyia*, popularmente chamados flebótomos, mosquitos-palha ou biriguis. Eles são menores que os pernilongos comuns e apresentam muitas cerdas no corpo, além da cor de palha. As fêmeas picam preferencialmente ao entardecer e à noite.

RAY WILSON/ALAMY/FOTOARENA



Fêmea de mosquito do gênero *Lutzomyia*. Mede cerca de 3 mm de comprimento.

As fêmeas colocam seus ovos em locais úmidos e ricos em matéria orgânica, onde ficam aderidos ao substrato. Assim, deve-se evitar o acúmulo de lixo. O uso de repelentes no corpo e telas mosquiteiras de malha bem fina são também medidas preventivas.

Malária

Doença causada por protozoários do gênero *Plasmodium*, que parasitam hemácias. Afeta milhões de pessoas em todo o mundo, especialmente em regiões tropicais. Caracteriza-se por acessos febris, calafrios, fadiga, dores de cabeça e no corpo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os acessos febris ocorrem em intervalos diferentes dependendo da espécie de *Plasmodium*. Esses intervalos estão relacionados à fase do ciclo de vida do parasita que ocorre dentro das hemácias, onde se reproduzem assexuadamente de forma sincronizada. Quando as hemácias parasitadas se rompem, liberam muitos parasitas e toxinas no sangue ao mesmo tempo, desencadeando os acessos febris. No Brasil, as espécies são:

- *Plasmodium vivax*: acessos febris a cada 48 horas;
- *Plasmodium malariae*: acessos febris a cada 72 horas;
- *Plasmodium falciparum*: acessos febris irregulares, de 36 a 48 horas. Essa é a situação mais grave, pois as hemácias parasitadas aglutinam-se e provocam a obstrução de vasos, podendo levar o indivíduo à morte.

A malária é transmitida pela picada de fêmeas do mosquito do gênero *Anopheles*, popularmente chamado mosquito-prego, que geralmente pica ao entardecer e à noite. As fêmeas colocam seus ovos na água, onde as larvas se desenvolvem. Entre as principais medidas de prevenção individual estão o uso de telas mosquiteiras em portas e janelas e de repelentes no corpo.

MRFIZA/GETTY IMAGES

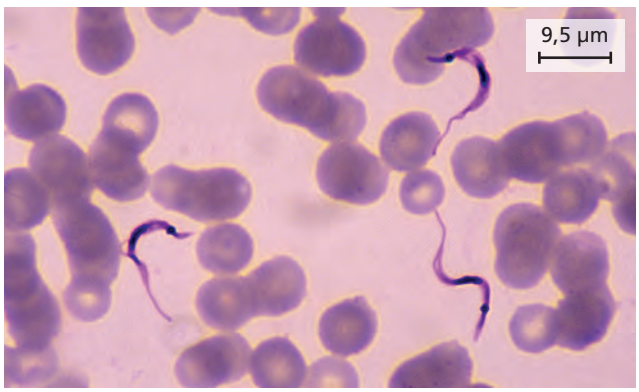


Fêmea de mosquito do gênero *Anopheles* sp. Mede cerca de 4 mm de comprimento.

Doença de Chagas

É causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi* e recebeu esse nome porque foi Carlos Chagas (1879-1934), pesquisador brasileiro, que estudou e descreveu o ciclo de vida completo do parasita. Essa doença é, ainda hoje, um sério problema de saúde pública na América Central e na América do Sul.

ED RESCHKE/GETTY IMAGES



Tripanossomos da espécie *Trypanosoma cruzi*. (Imagem obtida com microscópio de luz, tratada com corantes histológicos e ampliada cerca de 1.050 vezes.)

O tripanossomo apresenta certa seletividade pela musculatura cardíaca e do sistema digestório, causando aumento de volume (hipertrofia) e mau funcionamento (disfunção) dos órgãos afetados. O tratamento adequado do paciente chagásico, iniciado precocemente, pode resultar na elevação da expectativa de vida.

A transmissão pode ocorrer pelas fezes de percevejos hematófagos popularmente conhecidos por barbeiros ou chupanças, pertencentes ao grupo dos triatomíneos. Eles têm hábitos noturnos e, ao picarem, defecam, liberando nas fezes os tripanossomos, caso estejam contaminados pelo parasita. A picada provoca irritação e faz com que a pessoa coce o local, causando escoriações na pele e facilitando a penetração do parasita na corrente sanguínea. A contaminação também pode ocorrer pelas mucosas da boca, do nariz e dos olhos, quando a pessoa passa a mão contaminada nesses locais.

Além da picada, outra forma de contágio pode ser pela ingestão de alimentos contaminados com *T. cruzi*, como açaí e caldo de cana. Também há casos de contágio por transfusão de sangue contaminado, transplante de órgãos de doadores infectados e transmissão de mãe para filho durante a gravidez ou parto.

Algumas medidas profiláticas para evitar a doença de Chagas quando transmitida pelo barbeiro são: controle da população do barbeiro; melhorias nas condições de habitação, rebocando e fechando rachaduras e frestas nas paredes; evitar acúmulo de entulhos no interior e nos arredores das casas.

Filariose

É causada pelo nematódeo da espécie *Wuchereria bancrofti*, popularmente chamada filária, que é transmitida pela picada de fêmeas de mosquitos do gênero *Culex*, que têm hábitos noturnos. Como passam a fase larval na água, o controle da população desses insetos deve ser feito do mesmo modo que o recomendado para a espécie *Aedes aegypti*. Além disso, uso de repelente no corpo e telas mosquiteiras em portas e janelas.

SMITH COLLECTION/GADO/GETTY IMAGES



Fêmea de mosquito do gênero *Culex* sugando sangue. Mede cerca de 4 mm de comprimento.

As filárias instalam-se em vasos linfáticos do corpo humano, responsáveis pela remoção do excesso de líquido nos tecidos, obstruindo-os. Assim, o principal sintoma da doença é inchaço nas regiões afetadas do corpo, principalmente pernas, escroto e mamas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. (Enem) De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a filariose e a leishmaniose são consideradas doenças tropicais infecciosas e constituem uma preocupação para a saúde pública por ser alto o índice de mortalidade a elas associado. Uma medida profilática comum a essas duas doenças é o(a): 1. Alternativa **d**.

a. incineração do lixo orgânico.
b. construção de rede de esgoto.
c. uso de vermífugo pela população.
d. controle das populações dos vetores.
e. consumo de carnes vermelhas bem cozidas.

2. (Enem) Devido à sua ampla incidência e aos seus efeitos debilitantes, a malária é a doença que mais contribui para o sofrimento da população humana da Região Amazônica. Além de reduzir os esforços das pessoas para desenvolverem seus recursos econômicos, capacidade produtiva e melhorarem suas condições de vida, prejudica a saúde da população e o desenvolvimento socioeconômico da região.

RENAULT, C. S. *et al*. Epidemiologia da malária no município de Belém – Pará. **Revista Paraense de Medicina**, n. 3, jul.-set. 2007 (adaptado).

Essa doença constitui um sério problema socioeconômico para a região citada porque provoca: 2. Alternativa **d**.

a. alterações neurológicas, que causam crises epilépticas, tornando o doente incapacitado para o trabalho.
b. diarreias agudas e explosivas, que fazem com que o doente fique vários dias impossibilitado de trabalhar.
c. infecção viral contagiosa, que faz com que o doente precise de isolamento para evitar transmissão para outras pessoas.
d. febres constantes e intermitentes associadas à fadiga e dores de cabeça, que afastam o doente de suas atividades.
e. imunossupressão, que impossibilita o doente de entrar em contato com outras pessoas sem o uso de máscaras e luvas.

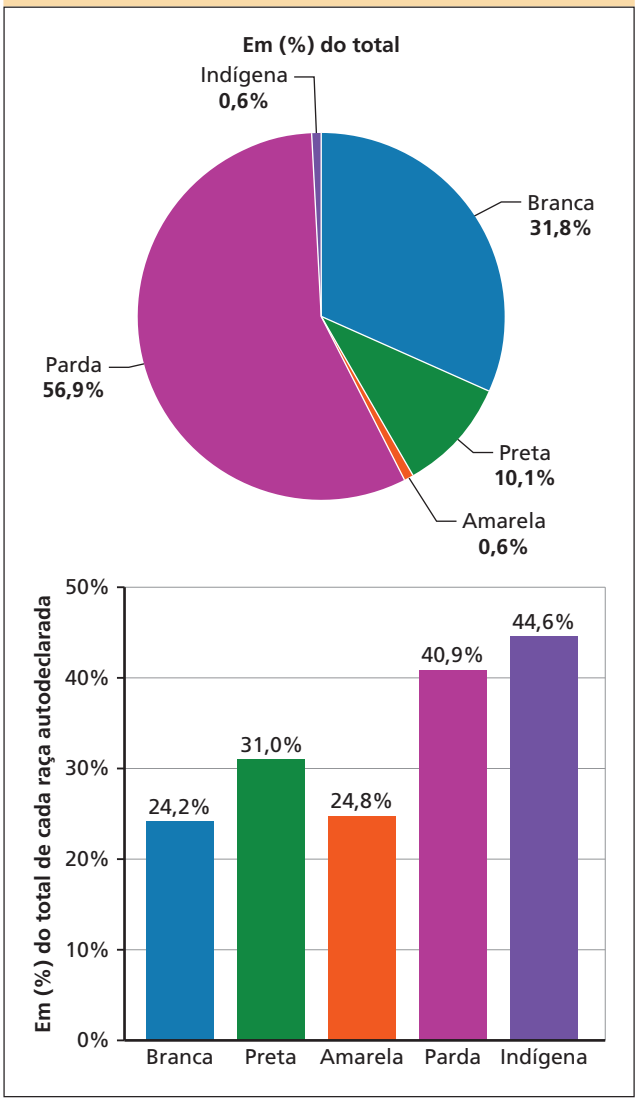
3. (Enem) Durante as estações chuvosas, aumentam no Brasil as campanhas de prevenção à dengue, que têm como objetivo a redução da proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor do vírus da dengue.

Que proposta preventiva poderia ser efetivada para diminuir a reprodução desse mosquito? 3. Alternativa **c**.

a. Colocação de telas nas portas e janelas, pois o mosquito necessita de ambientes cobertos e fechados para a sua reprodução.
b. Substituição das casas de barro por casas de alvenaria, haja vista que o mosquito se reproduz na parede das casas de barro.
c. Remoção dos recipientes que possam acumular água, porque as larvas do mosquito se desenvolvem nesse meio.
d. Higienização adequada de alimentos, visto que as larvas do mosquito se desenvolvem nesse tipo de substrato.
e. Colocação de filtros de água nas casas, visto que a reprodução do mosquito acontece em águas contaminadas.

4. Interprete os gráficos a seguir e responda:

População sem coleta de esgoto



Fonte: FREITAS, F. G.; MAGNABOSCO, A. L. A vida sem saneamento – Para quem falta e onde mora essa população? **Trata Brasil**, nov. 2023. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/11/VERSAO-FINAL-PRIVACAO-DO-SANEAMENTO.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Gráfico de setores da distribuição da população com privação de coleta de esgoto por rede geral e gráfico de barras com a frequência relativa de cada raça autodeclarada, Brasil, 2022.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

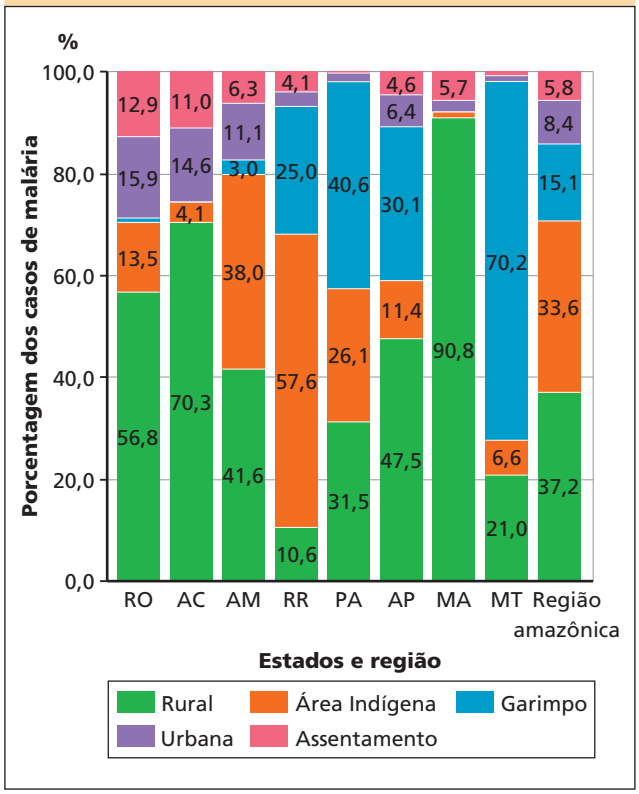
a. Qual é o grupo populacional mais afetado pela privação de coleta de esgoto?

b. Quando a análise foi feita em termos relativos, dentro de cada grupo autodeclarado, qual foi a maior frequência de privação entre os grupos populacionais?

c. Correlacione os dados apresentados ao conceito de racismo ambiental, que se refere à discriminação estrutural que expõe deliberadamente comunidades étnicas, minoritárias ou economicamente vulneráveis a ambientes degradados, além de excluir essas comunidades dos processos de formulação, implementação e monitoramento de políticas ambientais, perpetuando a desigualdade social e os riscos ambientais.

5. Analise o gráfico e responda ao que se pede.

Proporção de casos de malária por unidade da federação da região amazônica para diferentes áreas, em 2021



Fonte: BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, vol. 53, n. 17, maio 2022. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2022/boletim-epidemiologico-vol-53-no17.pdf/view. Acesso em: 9 out. 2024.

a. Em qual estado a transmissão de malária foi maior em áreas rurais?

b. Em qual estado a transmissão de malária foi maior em áreas indígenas?

c. A transmissão de malária foi maior em áreas urbanas em algum estado? Se sim, qual?

d. Quando se analisa a região amazônica como um todo, mostrada na última coluna do gráfico, em quais áreas se dão as maiores ocorrências de transmissão de malária?

e. Sabendo que o *habitat* natural dos mosquitos *Anopheles* é a floresta, como você explicaria os dados do gráfico?

6. Na espécie humana, a glândula pineal é uma pequena estrutura ovoide localizada no encéfalo. Durante o período escuro, a glândula pineal secreta o hormônio melatonina, cuja secreção é inibida pela claridade. Essa glândula é considerada a sede do "relógio biológico" do corpo.

Um estudo realizado por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), em que foram utilizados camundongos infectados com determinadas espécies de *Plasmodium* e células infectadas cultivadas em laboratório, concluiu que, para o *Plasmodium*, a melatonina atua como um sinal que ele capta quando está dentro das hemácias; isso determina a sincronia dos indivíduos do parasita quanto à reprodução.

Com base nessas informações e no que foi tratado neste capítulo, responda:

a. Qual sintoma típico da malária pode estar associado a esse sincronismo da reprodução do parasita?

b. No referido estudo, foi feita a remoção cirúrgica da glândula pineal de camundongos infectados. Qual seria o resultado esperado quanto aos sintomas da malária, considerando o papel da melatonina no ciclo do *Plasmodium*?

7. Leia o texto trecho a seguir e responda ao que se pede.

Por que temos vermes?

[...]

Verminose não é só uma doença. É, também, mais um fator de atraso para o desenvolvimento do país. Afinal de contas, além de correrem o risco de ficar seriamente doentes, as pessoas que têm vermes gastam dinheiro com remédios, assistência médica e, muitas vezes, por estarem abatidas pela doença, deixam de ir à escola ou ao trabalho.

O combate às verminoses começa com a boa educação sanitária – que faz as pessoas serem mais informadas e saberem como prevenir doenças – e continua com investimentos, por parte dos governantes, em saneamento para melhorar a qualidade de vida da população.

Fonte: MUNIZ, L. C. Por que temos vermes? **Ciência Hoje das Crianças**, Rio de Janeiro, n. 165, fev. 2006.

a. Explique por que a ocorrência de verminoses pode ser um fator indicativo do grau de desenvolvimento de uma região.

b. O que o texto quis dizer com a expressão "boa educação sanitária"?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Capítulo 11

Biomas brasileiros

ODS 15

BRASIL2/ISTOCK/GETTY IMAGES



Gado pastando em fazenda implantada em área da região amazônica (jun. 2020).

OBJETO DIGITAL ***Podcast*: Agricultura sustentável nos biomas brasileiros: muitos desafios**

O Brasil está entre os maiores produtores de alimento do mundo. Essa posição privilegiada, porém, tem um custo ambiental, uma vez que, para o plantio e para a criação de animais, geralmente é necessário retirar a vegetação nativa. Quando uma área é desmatada, diversas espécies de plantas e animais nativos do ambiente original são prejudicadas, pois perdem seu *habitat* – esse problema ocorre em todas as regiões do Brasil, em maior ou menor grau. A Mata Atlântica foi a primeira fronteira de exploração no início da colonização – hoje há menos que 10% do que havia de florestas na época do descobrimento. Para desenvolver uma postura crítica diante da degradação dos biomas brasileiros, precisamos antes conhecê-los, identificando suas características básicas e principais vulnerabilidades.

Neste capítulo, estudaremos os seis biomas do país listados pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Algumas perguntas que você poderá responder ao final do estudo são: O que são biomas? Onde ocorrem os diversos biomas brasileiros? Quais são suas principais características, entre elas o clima e o solo? Como é sua biota? Em que grau eles foram e estão sendo degradados pelas atividades humanas?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A variedade de biomas no Brasil

O trabalho com os biomas brasileiros ao longo do capítulo permite relacionar a biota de cada bioma com as condições ambientais favoráveis e limitantes a ela (EM13CNT202) e favorece o trabalho de análise e previsão de efeitos de intervenções dos ecossistemas nos seres vivos (EM13CNT203).

Biomas são conjuntos de ecossistemas sujeitos a similares condições climáticas e geológicas, geralmente em escala regional.

Em cada bioma, as condições climáticas regionais (representadas principalmente pela temperatura média anual e pela pluviosidade média anual e suas variações), a heterogeneidade geológica e outros fatores viabilizam a existência de ampla variedade de ecossistemas, cada um com a própria comunidade de espécies adaptadas. Essa variação em cada bioma é contemplada na definição de bioma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE):

> Bioma é um conjunto de vida vegetal e animal, constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação que são próximos e que podem ser identificados em nível regional, com condições de geologia e clima semelhantes e que, historicamente, sofreram os mesmos processos de formação da paisagem, resultando em uma diversidade de flora e fauna própria.

Fonte: BIOMAS brasileiros. **IBGEeduca**, Brasília, DF, *c.* 2024. Disponível em: https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html. Acesso em: 9 out. 2024.

Segundo o IBGE e o MMA, o Brasil é formado por seis biomas muito distintos: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal. Em cada bioma, a vegetação é um componente fundamental, pois determina em grande parte os *habitat* das espécies, a diversidade, os serviços ambientais prestados (como a manutenção do clima local e da qualidade do solo e a preservação das populações de polinizadores) e o fornecimento de recursos necessários à sobrevivência das populações humanas locais.

No mapa a seguir estão representados os limites dos biomas brasileiros. Nesses limites geográficos, porém, a vegetação nativa original já foi bastante alterada ou em algum grau eliminada.

Em ordem de área ocupada no território nacional, tem-se a Amazônia (49,5%), o Cerrado (23,3%), a Mata Atlântica (13%), a Caatinga (10,1%), o Pampa (2,3%) e o Pantanal (1,8%).

Quanto ao tipo da vegetação, as maiores diferenças entre os biomas, excluindo-se a composição de espécies em si, estão no grau de dominância das espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, afetado principalmente pela temperatura e pela pluviosidade, além do solo e de outros fatores. Essa variação abrange formações mais fechadas como as florestais, intermediárias como as savânicas e abertas como os campos.

A Amazônia e a Mata Atlântica são dois biomas essencialmente florestais. Sua vegetação é estratificada, ou seja, organizada em estratos ou "camadas". Há um estrato arbóreo principal muito desenvolvido, formado por árvores cujas copas se justapõem, constituindo uma cobertura praticamente contínua, ou dossel, acima da qual emergem indivíduos esparsos maiores, um estrato arbustivo formado por plantas lenhosas de menor porte e um estrato herbáceo junto ao solo. A vegetação que ocorre abaixo do dossel arbóreo constitui o sub-bosque. Os termos *mata* e *bosque* podem ser considerados praticamente sinônimos de florestas no que se refere à estrutura vegetal. Contudo, às vezes são usados com sentidos mais específicos: nas matas é comum o estrato arbustivo ser mais denso, mais fechado que nas florestas; nos bosques, por outro lado, a área ocupada é relativamente pequena.

No Brasil, matas ou florestas não aparecem apenas nos biomas florestais, também podem ser encontradas em outros biomas. É o caso das matas ciliares nas margens de rios de várias regiões do país, dos cerradões do bioma Cerrado ou das matas da Caatinga. As espécies, contudo, não são as mesmas.

Biomas e sistema costeiro do Brasil



JOSÉ FERNANDO FERREIRA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Mapa dos seis biomas brasileiros, cada qual com diferentes tipos de vegetação e fauna, e do sistema Costeiro-Marinho.

Dados de outras fontes podem mostrar divergências quanto aos limites apresentados, considerando que na versão mais recente do IBGE, apresentada aqui, houve reclassificação de algumas áreas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Cerca de 40% do território nacional é coberto por variadas formações não florestais, como os diversos tipos de savana que vemos no Cerrado, no Pantanal e na Caatinga, e os campos presentes em algumas áreas do Cerrado e da Amazônia e no Pampa. As savanas em geral se caracterizam pela presença de árvores e arbustos mais ou menos esparsos, sobre um tapete graminoso. Os campos, por sua vez, carecem de árvores e apresentam um estrato herbáceo dominante, podendo haver arbustos mais ou menos esparsos. No Pantanal, a vegetação se diferencia entre as áreas alagáveis e não alagáveis, incluindo tipos savânicos e florestais.

Fique por dentro

Nossos biomas

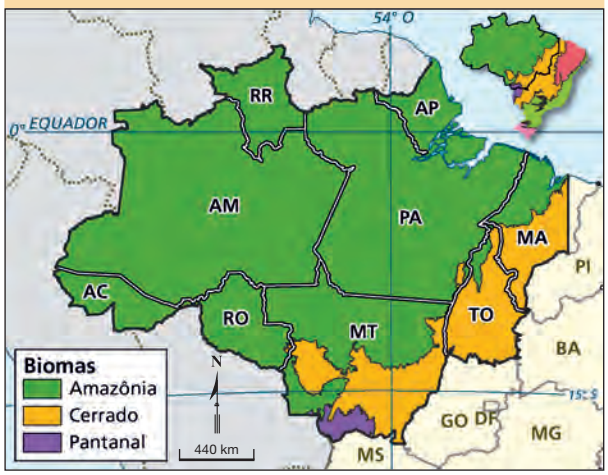
NOSSOS Biomas. **EBC**, Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://tvbrasil.ebc.com.br/nossosbiomas. Acesso em: 9 out. 2024.

Série documental da TV Brasil em parceria com o MMA que apresenta as principais características e riquezas de cada bioma.

Amazônia

O termo **Amazônia** é aplicado em dois contextos: o bioma Amazônia e a Amazônia Legal.

Limites territoriais do bioma Amazônia e da Amazônia Legal



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em SANTOS, D.; SALOMÃO, R.; VERÍSSIMO, A. **Fatos da Amazônia 2021**. Manaus: Amazônia 2030, 2021. Disponível em: https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2021/04/AMZ2030-Fatos-da-Amazonia-2021-3.pdf. Acesso em: 9 out. 2024.

Mapa da Amazônia Legal e biomas associados a essa extensão territorial.

O bioma Amazônia abrange uma área total de cerca de 4,2 milhões de km^2. Tem clima quente e úmido o ano todo (embora haja uma época chuvosa e outra mais seca, bem definidas). As temperaturas são elevadas, em torno de 21 °C a 32 °C, e os índices pluviométricos são altos, em torno de 1.700 mm a 2.700 mm por ano, mas podendo ir bem além disso. Mais que 60% da área do bioma é ocupada por florestas pluviais tropicais sempre verdes (as folhas não caem anualmente) e com árvores de até 50 m de altura. Entre elas destacam-se as matas de terra firme, mais altas; as matas de várzea, periodicamente inundadas; e as matas de igapó, quase sempre inundadas. Os solos são bastante pobres e ácidos, mas, em razão da intensa acumulação de materiais orgânicos seguida de decomposição, ocorre rápido e intenso reaproveitamento dos nutrientes pelas plantas.

Já a Amazônia Legal é uma área delimitada para fins administrativos, com aproximadamente 5 milhões de km^2, o que representa 59% do território nacional. Inclui toda a área do bioma Amazônia, além de partes dos biomas Cerrado e Pantanal. Abrange todos os estados da região Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), Mato Grosso e parte do Maranhão.

A Amazônia brasileira comporta a maior bacia hidrográfica do mundo. Seus rios são classificados em categorias, dependendo de algumas propriedades químicas da água e da quantidade de sedimentos em suspensão. Rios de águas claras, por exemplo, são transparentes e pobres em sedimentos, como os rios Xingu e Tapajós; já os rios de água preta tem coloração escura e apresentam teores elevados de matéria orgânica, como o rio Negro.

Um enorme número de espécies de plantas e animais habita o bioma Amazônia, o campeão de diversidade – mais de um terço das espécies que vivem sobre o planeta Terra, de acordo com dados do MMA. A região abriga cerca de 2,5 milhões de espécies de insetos, dezenas de milhares de espécies de plantas e cerca de 2 mil espécies de aves e mamíferos. São exemplos de animais característicos da Amazônia as onças-pintadas, as capivaras, os jacarés, as sucuris, os peixes-boi, os botos-cor-de-rosa e os pirarucus.



FABIO COLOMBINI

Floresta úmida tropical no Parque Nacional do Pico da Neblina (São Gabriel da Cachoeira, AM, nov. 2023).

As principais atividades econômicas na Amazônia são a agropecuária (produção de alimentos), a extração de madeira e o garimpo. Na agricultura, destacam-se cultivos permanentes (como os de banana, cacau e café) e

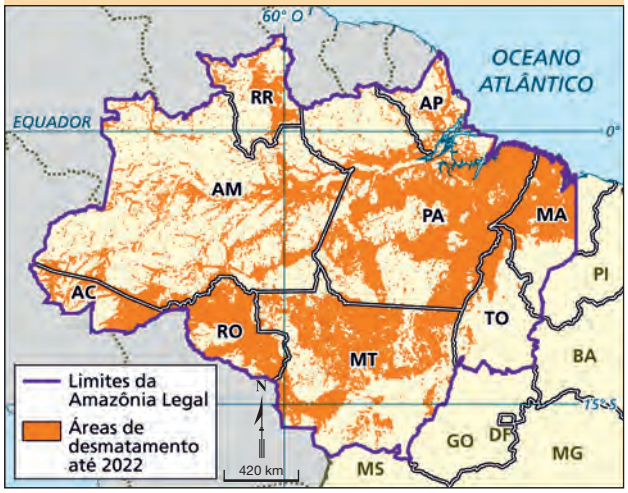
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

temporários (como os de soja, milho, algodão e mandioca). Na pecuária, destaca-se o grande aumento do rebanho bovino ao longo das últimas décadas, altamente correlacionado com o desmatamento.

Dados mais recentes divulgados pelo governo brasileiro registram aumento de 10% no desmatamento da Amazônia Legal entre agosto de 2017 e julho de 2018, período em que foram suprimidos 7.500 km^2 de floresta, área equivalente a mais de 5 vezes a extensão do município de São Paulo. Em 2019, a área desmatada aumentou para perto de 10.100 km^2, e até 2021 a taxa anual só aumentou, reduzindo apenas em 2022. Estudos apontam que a maior parte do desmatamento é ilegal.

Um estudo realizado por pesquisadores brasileiros, publicado na revista científica *Land Use Policy*, em fevereiro de 2020, apontou que nas últimas três décadas quase 65 milhões de hectares de vegetação nativa foram convertidos em pastagens e áreas de cultivo na Amazônia Legal. Isso fez do Brasil uma potência agrícola, que em 2013 produziu aproximadamente 30% da soja e 15% da carne bovina do mundo. Contudo, esse estudo sugere que a expansão da agropecuária às custas da destruição dos ecossistemas nativos traz resultados sociais e ambientais negativos.

Desmatamento da Amazônia Legal



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

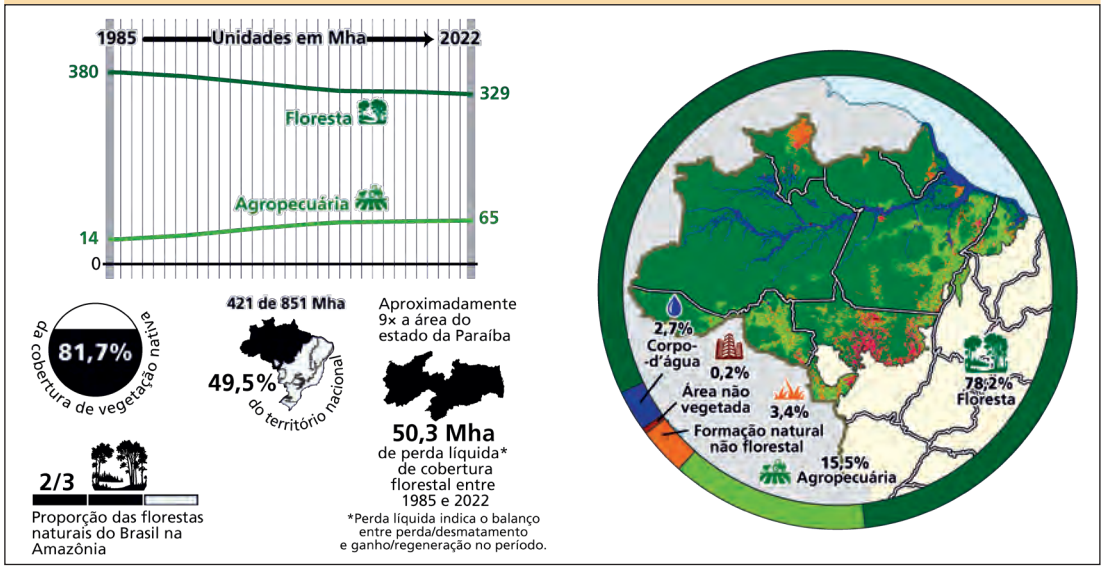
Fonte: elaborado com base em PRODES (Desmatamento). **Terra Brasilis**, Brasília, DF, [202-]. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation. Acesso em: 9 out. 2024.

Mapa do desmatamento na Amazônia Legal. De 2020 até 2022, os estados do Pará (40,9%), Mato Grosso (19,1%) e Amazonas (13%) apresentaram as maiores taxas de desmatamento da Amazônia Legal.

Uma das propostas para evitar novos desmatamentos é o uso mais eficiente das áreas já desmatadas, com aumento da produtividade às custas de novos investimentos. Em menor escala, há diversas alternativas de produção de alimentos de modo sustentável, destacando-se o sistema agroflorestal, que é um modelo de uso do solo em que obrigatoriamente se combinam componentes arbóreos ou arbustivos (geralmente nativos) com componentes de interesse econômico. Ele pode ser definido como um conjunto de técnicas que compatibiliza a produção de alimentos com a preservação ou recomposição ecológica, conservando ao máximo os recursos existentes na área, bem como as interações bióticas entre componentes nativos e introduzidos.

Veja a seguir uma representação gráfica com estatísticas relacionadas com a cobertura e o uso da terra na Amazônia.

Evolução anual da cobertura e do uso de terra na Amazônia (1985 a 2022)



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Mapa mostrando a cobertura florestal, áreas não vegetadas, formação natural não florestal e agropecuária da Amazônia. Também são apresentados dados complementares da porcentagem do território nacional desse bioma, porcentagem da cobertura vegetal nativa e evolução anual da cobertura e do uso do solo de 1985 a 2022.

Fonte: elaborado com base em AMAZÔNIA: Evolução anual da cobertura e uso da terra (1985-2022). **MapBiomas**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/MBI-Infografico-amazonia-8.0-BR-rev4-1-scaled.jpg. Acesso em: 9 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Registre em seu caderno

EM FOCO Marcas humanas indicam grande população na Amazônia antiga

[...]

Em áreas já desmatadas na parte oeste da Amazônia, é possível observar do céu enormes figuras geométricas formadas por valas escavadas no solo, os geoglifos. A partir dos anos 2000, com a ferramenta Google Earth, eles passaram a ser vistos por meio de imagens de satélite. [...]

MARCOS VICENTTI/FOLHAPRESS



Vista aérea de geoglifo localizado em área desmatada entre os rios Acre e Iquiri (AC, jul. 2007).

[...] Peripato [geógrafo estudante de doutorado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe] e seus colegas sabiam da existência desses vestígios de ocupação humana e supuseram que mais deles poderiam existir por baixo do dossel da floresta. [...]

Eles então desenvolveram um método para retirar virtualmente a floresta e melhorar a detecção de aspectos do relevo [...]. O equipamento cobriu 5.315 quilômetros quadrados (km^2) da Amazônia, o equivalente a 0,08% da floresta. "Deu certo, felizmente encontramos 24 estruturas até então desconhecidas", celebra Peripato.

[...]

"É um artigo importante que confirma algo que os arqueólogos dizem há anos: tinha muita gente vivendo na Amazônia no passado", comenta o arqueólogo Eduardo Góes Neves, do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP). "Esses povos viviam ali e também modificavam a floresta", afirma. Os indícios de presença humana na região datam de cerca de 12 mil anos. Para uma parte dos especialistas, a Amazônia é um patrimônio biocultural que sofre influências tanto da própria natureza quanto da população que viveu e ainda vive por ali.

Neves diz que boa parte dos geoglifos ainda preservados está em terras de proteção ambiental, de ocupação indígena. "São os indígenas que preservam as estruturas em meio ao avanço do agronegócio e da destruição que está acontecendo na Amazônia", opina. Para ele, a presença indígena é muito antiga e contribuiu para criar os biomas do país. "Não dá pra separar a história deles da história do Brasil."

A terra preta, encontrada em vários pontos da Amazônia, é outro indício da atividade agrícola registrada em torno dos geoglifos e que ajudou a dar forma aos biomas. Constituída por sobras de comida, como mandioca e peixe, cinzas e outros restos orgânicos da floresta, ela é rica em nutrientes como fósforo, cálcio, magnésio e nitrogênio, essenciais para o cultivo de alimentos.

[...]

Fonte: NAÍSA, L. Marcas humanas indicam grande população na Amazônia antiga. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, ed. 333, nov. 2023. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/marcas-humanas-indicam-grande-populacao-na-amazonia-antiga/. Acesso em: 9 out. 2024.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. O que são os geoglifos e qual seu significado? Por que os geoglifos passaram a ser vistos a partir dos anos 2000?
2. Como funciona a ferramenta Google Earth?
3. Por que as terras pretas são consideradas um indício de atividade agrícola? Qual é a relação entre as terras pretas e o bioma Amazônia?
4. ODS 11 Por que a Amazônia pode ser considerada um patrimônio biocultural?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fique por dentro

Florestas e produção de alimentos em harmonia na Amazônia

KLEIN, L. Como funciona uma agrofloresta na Amazônia. **National Geographic Brasil**, New York, 5 set. 2022. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/amazonia/infografico-como-funciona-agrofloresta. Acesso em: 9 out. 2024.

Material com textos e infográficos interativos a respeito dos sistemas agroflorestais.

Cerrado

O bioma **Cerrado** cobre 1.983.017 km^2 e está presente em todas as grandes regiões brasileiras, com destaque para a região Centro-Oeste. Os estados com maiores áreas de Cerrado são Mato Grosso e Goiás, seguidos por Minas Gerais, Tocantins, Mato Grosso do Sul e Maranhão. O clima predominante é o tropical estacional, com duas estações bem marcadas: uma seca e outra chuvosa. As temperaturas médias anuais variam entre 20 °C e 27 °C ou pouco mais (isso depende do local). A sazonalidade é muito mais marcada pela variação de precipitação do que pela variação de temperatura. As médias anuais de precipitação ficam entre 1.000 mm e 1.800 mm, sendo esses extremos registrados, respectivamente, nas proximidades das transições com a Caatinga e com a Amazônia. A estiagem dura cerca de três meses (de junho a agosto); no mês mais seco, a umidade relativa do ar cai para perto de 30% e não é incomum uma precipitação de apenas 30 mm, podendo também ser nula. As temperaturas máximas mensais não mudam muito entre o inverno e o verão, mas as mínimas são consideravelmente mais baixas no inverno, principalmente no período da noite.

O Cerrado é constituído por uma variedade de ecossistemas com vegetações diferenciadas que abrange desde as matas ciliares, as matas de galeria, as matas secas e o cerradão (com aspecto florestal), passando pelo cerrado do tipo mais característico e comum no Brasil central (a savana, reconhecida pelas árvores baixas e esparsas, geralmente com troncos retorcidos e cortiça espessa), até o campo cerrado, o campo sujo e o campo limpo (com dominância crescente de gramíneas). As matas ciliares, as matas de galeria e as veredas, com suas palmeiras de buriti esparsas em áreas alagadas ou às margens delas, são tipos diferenciados associados a corpos-d'água; a diferença entre as matas ciliares e as de galeria é que, nestas últimas, as copas das árvores que crescem nas margens do rio se tocam, sombreando-o. Finalmente, há parques de cerrado (formações típicas pela presença de murundus – elevações esparsas de terra onde se concentram as árvores), palmeirais e outros tipos de vegetação entremeada por afloramentos rochosos (cerrados rupestres e campos rupestres).



PEDRO MORAES/ISTOCK/GETTY IMAGES

Paisagem típica do Cerrado na Chapada das Mesas (Carolina, MA, ago. 2018).

A topografia no Cerrado é favorável à agricultura, embora apresente alguns problemas de solo que precisam ser corrigidos, como acidez, alto teor de alumínio, escassez de nutrientes e baixa capacidade de retenção de água. Com esse tratamento, o solo torna-se cultivável e altamente produtivo, fator que favoreceu o desmatamento do bioma, dando lugar à agropecuária.

Em consequência da estiagem anual e da presença de muitas folhas secas e outros detritos inflamáveis, destaca-se um dos fatores mais importantes que atuam sobre as espécies no Cerrado, inclusive em termos evolutivos: o fogo. Muitos dos incêndios são naturais, mas também há aqueles relacionados com o desmatamento.

As espécies vegetais nativas apresentam adaptações que as defendem do fogo, como gemas protegidas e cascas extremamente espessas nos caules. Ao mesmo tempo, sobrevivem nas condições atuais do solo graças a seus processos fisiológicos, tipos de sistema de raízes, que em algumas espécies conseguem atingir o lençol freático há mais de 10 metros de profundidade, e outras características. Espécies exóticas ou não nativas não sobrevivem nessas condições e por isso não invadem o Cerrado, a menos que o ambiente se torne habitável a elas.

Estudos apontam que a flora do Cerrado abriga cerca de 10 mil espécies de plantas; muitas delas são usadas para fins medicinais e alimentícios. Além disso, há cerca de 195 espécies de mamíferos, 759 de aves e 180 de répteis.

Em termos de produção de alimentos, as principais atividades no Cerrado são o cultivo extensivo e mecanizado de soja, milho e cana-de-açúcar e em algumas áreas de algodão também, além da pecuária extensiva e do cultivo destinado direta ou indiretamente à subsistência familiar. Todas essas atividades estão relacionadas com o desmatamento, que, de 2020 até 2022, apresentou um aumento contínuo. Além do desmatamento, outra ameaça antrópica ao Cerrado é a utilização indiscriminada de agrotóxicos e fertilizantes, acarretando contaminação do solo e da água. Estudos recentes indicam que apenas cerca de 20% desse bioma ainda apresenta vegetação nativa em estado relativamente intacto.

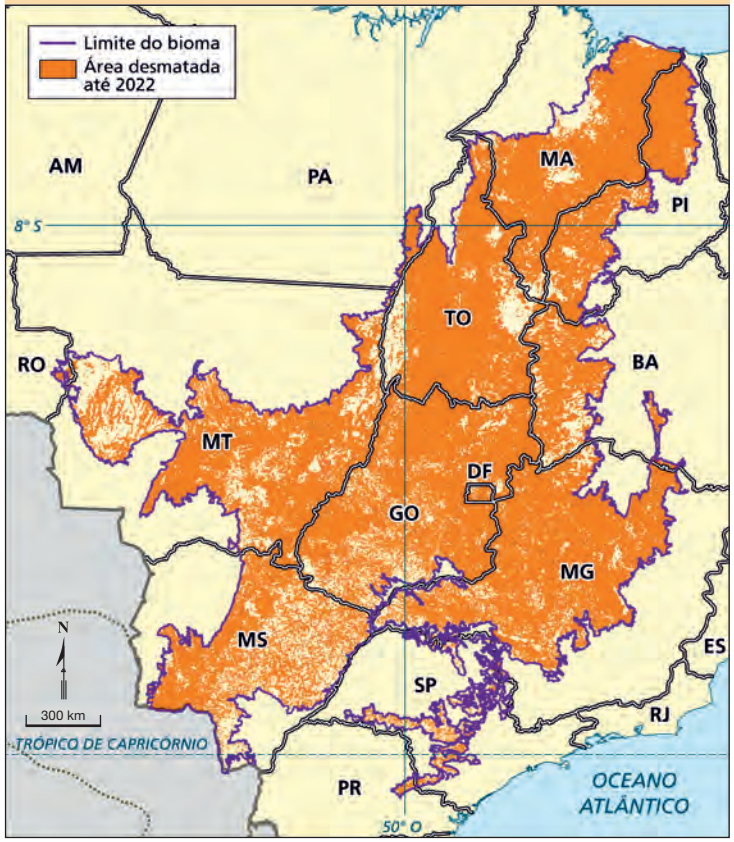


LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Plantação de algodão em Campos de Júlio (MT, ago. 2018). Note a extensão e a homogeneidade da paisagem antes ocupada por vegetação nativa.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Desmatamento do bioma Cerrado



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

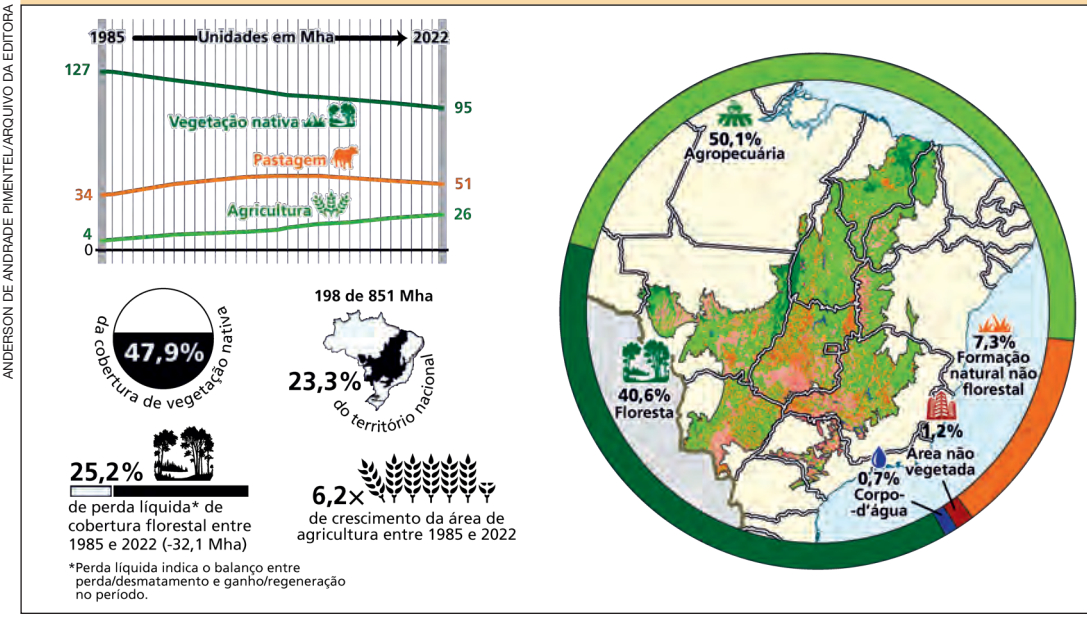
No período entre 1985 e 2022, os cultivos cresceram de 19 milhões para 61 milhões de hectares. Embora o aumento das áreas de cultivo seja expressivo, a pecuária ocupa uma área duas vezes e meia maior. Na maioria dos casos, a agricultura avança em terras que foram antes degradadas para a formação de pastagens. Essas são algumas razões para que esse bioma apresente alto grau de ameaça e seja considerado prioritário nos programas de conservação.

Fonte: elaborado com base em PRODES (Desmatamento). **Terra Brasilis**, Brasília, DF, [202-]. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation. Acesso em: 9 out. 2024.

Desde 2017, Tocantins e Maranhão são os estados em que ocorrem as maiores áreas de desmatamento; em 2022, elas foram de 2.127 km^2 e 2.834 km^2, respectivamente.

Veja a seguir uma representação gráfica com estatísticas relacionadas com a cobertura e o uso da terra no Cerrado.

Evolução anual da cobertura e do uso de terra no Cerrado (1985 a 2022)



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em CERRADO: Evolução anual da cobertura e uso da terra (1985-2022). **MapBiomas**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/MBI-Infografico-cerrado-8.0-BR-rev4-1-scaled.jpg. Acesso em: 9 out. 2024.

Mapa mostrando a cobertura florestal, áreas não vegetadas, formação natural não florestal e agropecuária do Cerrado. Também são apresentados dados complementares da porcentagem do território nacional desse bioma, porcentagem da cobertura vegetal nativa e evolução anual da cobertura e do uso do solo de 1985 a 2022.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Mata Atlântica

O bioma **Mata Atlântica** é o terceiro bioma em termos de área ocupada, com 1.107.419 km^2, e abrange parcial ou totalmente 15 estados da federação: todos os litorâneos entre o Rio Grande do Norte e o Rio Grande do Sul, além de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás.

As condições climáticas são variadas por conta da extensão norte-sul do bioma: a Mata Atlântica se estende por praticamente todo o litoral leste brasileiro com regiões submetidas a diferentes climas em escala regional: na região Sul, clima subtropical, e na região Norte, clima tropical, com fragmentos semiáridos na transição com a Caatinga. Há também uma sensível variação climática por conta da altitude. A temperatura média anual gira em torno de 21 °C, e a pluviosidade, em torno de 2.240 mm ao ano.

A Mata Atlântica é dominada por florestas estacionais semideciduais, assim chamadas em razão de muitas de suas espécies, principalmente arbóreas, perderem as folhas na estação seca; na época chuvosa, essas florestas têm aspecto similar ao das florestas pluviais como as do bioma Amazônia. Contudo, o bioma abrange vários outros tipos de vegetação florestal, entre eles as Matas de Araucárias, nas regiões serranas tropicais e na zona temperada na região Sul do país.



FABIO COLOMBINI

Paisagem do interior da Mata Atlântica no Parque Estadual Intervales em Ribeirão Grande (SP, mar. 2024). O grande número de rios e a intensa pluviosidade garantem suprimento de água para a manutenção da flora e da fauna.

Nas encostas dominadas por florestas pluviais, o solo de modo geral é pouco profundo, apoiando-se como um manto sobre o embasamento rochoso bastante inclinado. Com o encharcamento causado pelo grande volume de chuvas, a estrutura física do solo se altera, permitindo o deslizamento de pequenas áreas dispersas.

A Mata Atlântica é o bioma mais populoso e o mais degradado do país, mas que ainda assim fornece importantes serviços ambientais para os 145 milhões de brasileiros que vivem nele, além de abrigar a maioria dos grandes municípios e dos polos industriais do país. Segundo o MMA, as florestas e outros ecossistemas desse bioma realizam importantes serviços ecossistêmicos, como obtenção, regulação e abastecimento de água por meio de seus mananciais, proteção de encostas, manutenção da fertilidade e proteção do solo, regulação e equilíbrio climáticos e produção de uma infinidade de alimentos, fibras, madeira, óleos e remédios.

Quanto à diversidade, o número de espécies é surpreendentemente alto, considerando que os remanescentes da vegetação florestal original são bem pequenos; no bioma Amazônia, há mais espécies, porém a área florestada é muito maior que na Mata Atlântica. Além disso, a Mata Atlântica é caracterizada por alto grau de **endemismo**, ou seja, há muitas espécies que só ocorrem nesse bioma.

A Mata Atlântica tem mais de 20 mil espécies de plantas, das quais cerca de 8 mil são endêmicas. Suas florestas são as mais ricas do mundo em espécies de árvores; no sul da Bahia, por exemplo, estudos identificaram 454 espécies distintas em um só hectare. Há estimativas que sugerem haver 1,6 milhão de espécies animais nesse bioma, incluindo os insetos, o que impressiona, considerando que, atualmente, a cobertura florestal está reduzida a uma pequena parcela da original. Além disso, a Mata Atlântica é considerada o segundo bioma mais ameaçado de extinção do mundo. Essas são algumas razões para que esse bioma seja prioritário na conservação da biodiversidade mundial.

Esse bioma sempre foi muito visado para a exploração extrativista de espécies da fauna e da flora, incluindo a caça indiscriminada, a pesca predatória em seus rios e a extração de madeira e palmitos. Na região Nordeste, por exemplo, as matas já foram praticamente extintas em um processo que se iniciou no período colonial com as plantações de cana-de-açúcar. Na Bahia, além da pecuária, o cultivo do cacau no sub-bosque levou à degradação de grandes áreas, apesar de não envolver a derrubada de árvores: os agricultores desmatam a vegetação herbácea e arbustiva, mantendo apenas as árvores. Já no vale do Paraíba, na região Sudeste, durante o "ciclo do café", as árvores eram derrubadas e utilizadas como lenha para alimentar usinas e torrefações; hoje, a paisagem é dominada por pastagens.

De regiões serranas de parte de São Paulo e do sul de Minas Gerais até o norte do Rio Grande do Sul, ocupando principalmente regiões do Paraná e de Santa Catarina, as Matas de Araucárias foram bastante derrubadas para a produção de madeira. Atualmente, resta somente cerca de 1% da área original.



FABIO COLOMBINI

Mata de Araucárias na serra da Mantiqueira em Campos do Jordão (SP, maio 2021).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Apesar de ter havido uma queda acentuada na taxa de desmatamento a partir de 2009, desde 2020 houve um aumento que foi de 790 km² para 1.000 km² em 2022.

Desmatamento do bioma Mata Atlântica



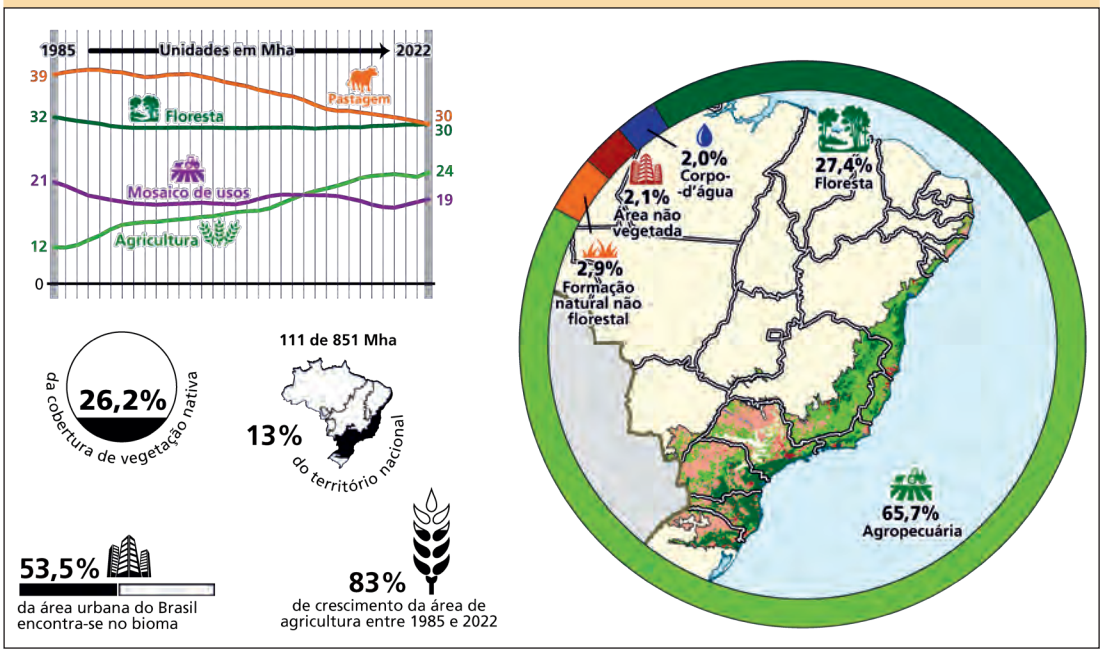
ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em ATLAS da Mata Atlântica. **SOS Mata Atlântica**, Itu, 2024. Disponível em: https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica. Acesso em: 9 out. 2024.

Entre 2022 e 2023, houve perda de 14.697 hectares de florestas nativas da Mata Atlântica, redução de 27% em relação ao período anterior.

Veja a seguir uma representação gráfica com estatísticas relacionadas com a cobertura e o uso da terra na Mata Atlântica.

Evolução anual da cobertura e do uso de terra na Mata Atlântica (1985 a 2022)



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Mapa mostrando a cobertura florestal, áreas não vegetadas, formação natural não florestal e agropecuária da Mata Atlântica. Também são apresentados dados complementares da porcentagem do território nacional desse bioma, porcentagem da cobertura vegetal nativa e evolução anual da cobertura e do uso do solo de 1985 a 2022.

Fonte: elaborado com base em MATA Atlântica: Evolução anual da cobertura e uso da terra (1985-2022). **MapBiomas**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/MBI-Infografico-mataatlantica-8.0-BR-rev4-1-scaled.jpg. Acesso em: 9 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Analise as afirmações que se seguem sobre aspectos gerais dos biomas florestais identificando se estão corretas ou incorretas. Em seu caderno, argumente sobre o que motivou essa classificação.

a. Em uma floresta, não há plantas herbáceas, apenas árvores e arbustos.

b. As florestas são dominadas por árvores esparsas.

c. As florestas são caracterizadas pela formação de um dossel na maior parte de sua área.

d. A estratificação é uma característica típica das florestas tropicais.

e. O sub-bosque inclui os estratos herbáceo e arbustivo, além de jovens de espécies arbóreas.

2. Por ocasião de um estudo feito na região ocidental da Floresta Amazônica, foram anotadas as seguintes observações.

I. A precipitação anual da área de estudo é alta (3.600 mm); os valores mensais são sempre superiores a 100 mm; o período comparativamente menos chuvoso é de dezembro a fevereiro.

II. A média mensal de temperatura é de 26,2 °C; a diferença entre o mês mais quente e o mais frio é de 1,3 °C.

III. O solo sobre o qual a floresta se desenvolve é bastante permeável e apresenta baixa capacidade de retenção de íons (nutrientes), isto é, os íons tendem a ser carregados pela água que penetra no substrato.

IV. As árvores que compõem a floresta caracterizam-se por apresentar raízes muito rasas, formando emaranhados extremamente densos junto à superfície do solo; as extremidades dessas raízes podem crescer para cima (geotropismo negativo), mantendo contato direto com a serapilheira (camada de folhas mortas e outros detritos sobre o solo) que é acumulada sobre elas.

V. Na região de contato raiz/serapilheira, as associações do tipo micorriza (raízes + fungos) parecem ser bastante ativas.

VI. As folhas das árvores apresentam longa vida ativa; folhas velhas, em vias de abscisão (queda), têm grande parte de seu conteúdo de componentes essenciais mobilizado para outros tecidos da planta.

Considerando que muita água e temperaturas mais ou menos constantes e altas são condições extremamente favoráveis à decomposição, acelerando-a, que a serapilheira é o maior depósito de detritos a serem rapidamente decompostos e que a associação de fungos com raízes resulta em grande aumento da capacidade de absorção de nutrientes e água pelas plantas, responda.

a. Quais são as observações que justificam a afirmação: "Assim que são liberados pela decomposição dos detritos, os nutrientes têm grande possibilidade de 'escaparem' das raízes e se perderem nas camadas mais profundas do solo"?

b. Quais são as observações que apontam adaptações das plantas que permitem a elas assegurar a absorção ou a retenção de nutrientes antes que eles se percam?

3. Indique a afirmação incorreta sobre o Cerrado. 3. Alternativa **d**.

a. A vegetação do Cerrado pode variar bastante quanto ao aspecto, desde o tipo florestal até os tipos abertos (campos).

b. O clima no Cerrado apresenta estações chuvosa e seca bem demarcadas e as temperaturas máximas mensais não mudam muito entre o inverno e o verão, embora as mínimas diárias sejam consideravelmente mais baixas no inverno.

c. De modo geral, os solos do Cerrado são ácidos, pobres, profundos e permeáveis, mas com tratamento adequado tornam-se muito produtivos.

d. As características dos solos típicos do Cerrado e a incidência de incêndios, sobretudo na época seca, favorecem o desenvolvimento de espécies não nativas nesse bioma.

e. Estruturas vegetativas enterradas, como bulbos e rizomas, representam uma vantagem nesse bioma. Uma vez que as queimadas naturais são frequentes, essas estruturas possibilitam que as plantas permaneçam vivas e rebrotem rapidamente após a ocorrência de fogo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Caatinga

A **Caatinga** é um bioma exclusivo do semiárido brasileiro. Ocupa 862.818 km^2, 96,2% dos quais situados em todos os estados da região Nordeste, exceto no Maranhão. Esse bioma também abrange uma área ao norte de Minas Gerais.

O clima semiárido da Caatinga apresenta estações seca e chuvosa, mas com chuvas muito irregulares, ao contrário do que ocorre no Cerrado. As plantas perdem as folhas na seca, rebrotando rapidamente com a chuva (vegetação decídua, estacional). Folhas pequenas e às vezes reduzidas a espinhos, bem como caules suculentos, são adaptações comuns de espécies vegetais às condições ambientais desse bioma.

Diversas formações vegetais compõem a Caatinga, desde o tipo mais aberto, com muitos cactos, presente nas regiões com afloramentos rochosos, até formações arbustivas e florestais mais fechadas e altas, com árvores que podem chegar a 20 m de altura.

ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS





ACERVO DO AUTOR

Em (**A**), Caatinga em afloramento rochoso; em (**B**), Caatinga fechada arbustiva, com plantas de até 8 m de altura. Ambas as imagens são de trechos do Parque Nacional da Serra da Capivara localizado em São Raimundo Nonato (PI, set. 2018).

Em grandes áreas da Caatinga, há relativamente pouco solo sobre o embasamento rochoso que, por isso mesmo, frequentemente fica exposto; como os solos são rasos, não têm volume suficiente para acumular reservas de água para sustentar as plantas nos períodos secos – não há um lençol freático permanente como ocorre no Cerrado. Não obstante, na área ocupada pelo semiárido as características edáficas (do solo) variam bastante, podendo-se encontrar também solos mais profundos e mais argilosos, com maior capacidade de retenção da água e que favorecem uma vegetação mais densa e alta.

A perda das folhas (espécies decíduas, tal como muitas espécies do Cerrado) constitui um dos mecanismos de proteção contra a perda de água. O crescimento delas outra vez é ativado por um mínimo de pluviosidade e assim temos a Caatinga seca se alternando com a Caatinga verde.

HELISSA GRUNDEMANN/SHUTTERSTOCK





HELISSA GRUNDEMANN/SHUTTERSTOCK

Fotografias tiradas de um mesmo trecho de Caatinga localizado no município de Oeiras (PI) na estação seca **(A)** e na chuvosa **(B)**. Note a ausência de folhas na maioria das plantas durante a época seca.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

São comuns as espécies suculentas, espinescentes ou urticantes. As principais adaptações morfológicas que permitem resistir ao estresse hídrico são a redução das folhas (que em algumas espécies, como as cactáceas, assumem a forma de espinhos) e o acúmulo de água nas folhas, nas raízes e nos caules. Em várias espécies, como o umbuzeiro *Spondias tuberosa*, as raízes formam intumescências esponjosas chamadas xilopódios, que armazenam água e nutrientes minerais para a planta. Na maior parte do bioma, a altura das copas não ultrapassa 8 m (como já vimos, em alguns pontos ela chega aos 20 m).

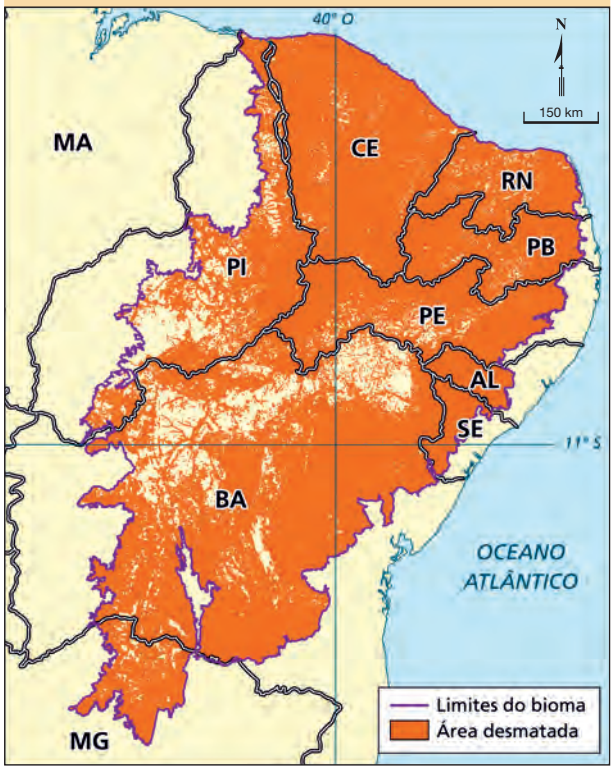
Segundo o MMA, a Caatinga é um bioma de considerável biodiversidade, fornecendo matérias-primas importantes principalmente para os ramos farmacêutico, cosmético, químico e alimentício.

Em determinadas regiões, há cultivo de sisal, destinado à produção de fibras vegetais, usadas em cordas, tapetes e outros produtos; de palma, aproveitada como forragem para animais e eventualmente para a alimentação humana; e do feijão, principalmente em cultivos familiares. Além disso, cerca de metade do rebanho é bovina, mas há uma grande quantidade de caprinos, criados em pequenas propriedades e destinados principalmente à subsistência das famílias.

O desmatamento para a obtenção de lenha e carvão vegetal, em boa parte ilegal, é um dos maiores impactos antrópicos nesse bioma. Estima-se que cerca de 30% das indústrias locais, entre elas, siderúrgicas e olarias, utilizam essas fontes energéticas, além do consumo para fins domésticos.

Uma consequência muito séria do desmatamento da Caatinga é a exposição dos solos arenosos e pedregosos, o que pode evoluir para erosão e desertificação. Quatro grandes áreas da região Nordeste são consideradas núcleos de desertificação, envolvendo ao todo 16 municípios nas imediações de Gilbués (PI), Irauçuba (CE) e Cabrobó (PE) e na região do Seridó localizada no Rio Grande do Norte.

Desmatamento do bioma Caatinga



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em PRODES (Desmatamento). **Terra Brasilis**, Brasília, DF, [202-]. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation. Acesso em: 9 out. 2024.

Bahia e Ceará são os estados onde a Caatinga predomina e os que, desde 2000, apresentam as maiores taxas de desmatamento. Em 2022, por exemplo, foram desmatados 1.066 km^2 na Bahia e 629 km^2 no Ceará.



CHICO FERREIRA/PULSAR IMAGENS

Área desertificada e os efeitos da erosão em Gilbués (PI, jun. 2022).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Registre em seu caderno

EM FOCO A Caatinga pode ser um bioma sustentável

ODS 2

ODS 6

ODS 15

O MMA relançou o projeto Redeser para combater a desertificação em áreas suscetíveis da Caatinga. Apoiada pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) [...].

A retomada começou em Uauá, no semiárido da Bahia, um dos 14 municípios em quatro territórios considerados essenciais do bioma — Seridó (PB/RN), Araripe (CE), Xingó (AL) e Sertão do São Francisco (BA) —, que receberão recursos para mitigar a desertificação com práticas agroflorestais sustentáveis e de conservação da biodiversidade.

"A principal missão do projeto Redeser é combater e reverter os processos de desertificação, por meio da gestão integrada de paisagem, manejo florestal sustentável da Caatinga, sistemas agroflorestais e trabalho com apicultura junto a agricultores e agricultores familiares, povos e comunidades tradicionais", disse Alexandre Pires, diretor do Departamento de Combate à Desertificação do MMA.

[...]

O foco será a implementação de Sistemas Agroflorestais (SAF) e práticas de Gestão Integrada dos Recursos Naturais (GIRN) — iniciativas que têm potencial de promover a agroecologia e a convivência com o semiárido. A expectativa é que mais de 13 mil hectares sejam geridos de forma sustentável e cerca de 200 famílias sejam beneficiadas.

OBJETO DIGITAL
Vídeo: Sabores da Caatinga

Outro impacto esperado é a ampliação da oferta de alimentos saudáveis para os beneficiários do projeto, que serão disponibilizados para o mercado local, especialmente em feiras.

"Preservar a biodiversidade e a Caatinga intacta, assim como conservar nascentes e fontes hídricas, é vital para o sustento da família agricultora na região do semiárido e o enfrentamento à emergência climática", afirmou Pires.

[...]

Em Uauá, uma das metas é o fortalecimento da gestão sustentável de áreas de Caatinga em comunidades de fundo e fecho de pasto, com ênfase no manejo e na recuperação da vegetação nativa. Outro objetivo é oferecer cursos e intercâmbios para incentivar práticas ecologicamente responsáveis com a valorização dos conhecimentos locais.

Fonte: MMA RELANÇA projeto para combater desertificação na Caatinga. **Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima**, Brasília, DF, 29 set. 2023 Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/mma-relanca-projeto-para-combater-desertificacao-na-caatinga. Acesso em: 9 out. 2024.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

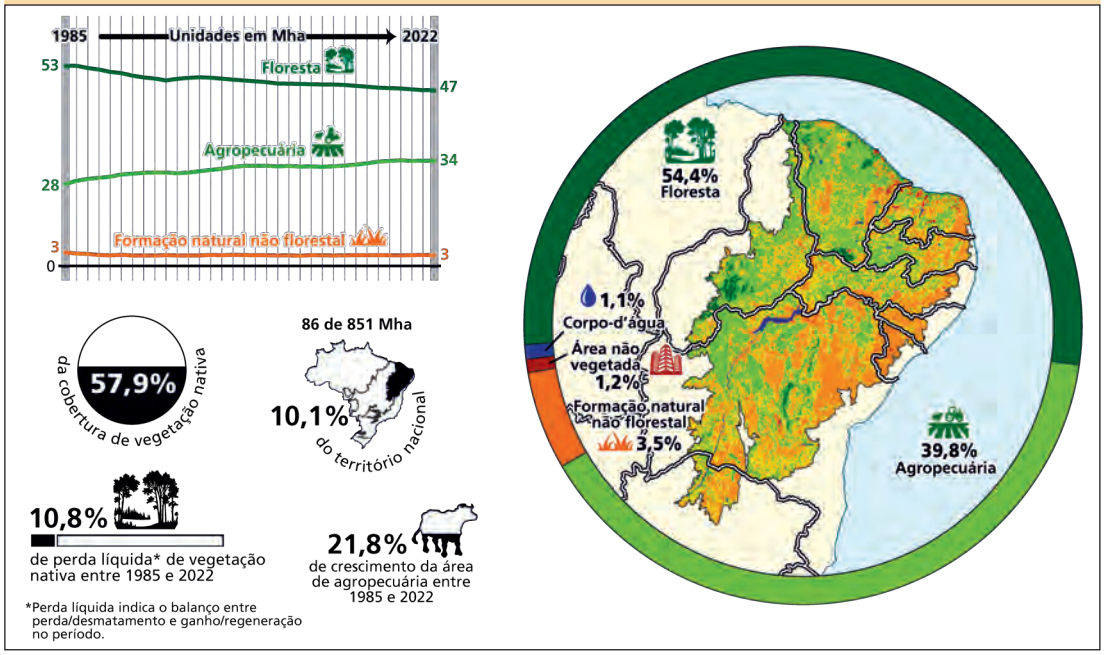
1. Como a implantação de agroflorestas se relaciona com a restauração e a sustentabilidade de ecossistemas degradados?
2. Qual é o papel de agricultores, agricultores familiares, povos e comunidades tradicionais no sucesso do projeto Redeser?
3. Quais são os benefícios do projeto para os agricultores, os povos e as comunidades tradicionais?
4. Qual é a importância da preservação e da conservação dos biomas brasileiros?

Ao longo dos anos foram implantados açudes como alternativa para a convivência com a seca na Caatinga. Com isso, afluíram novos colonos à região, intensificando a ocupação da terra e aumentando o impacto antrópico. Segundo a ONG *World Wide Fund for Nature* (WWF), há atualmente diversas ameaças a esse bioma, além do desmatamento. Em algumas áreas no vale do rio São Francisco (único grande rio perene do bioma), por exemplo, a irrigação dos solos rasos e sujeitos à intensa evaporação da água sem a técnica apropriada resultou em salinização do solo, tornando-o inviável para a agricultura. Além disso, há contaminação das águas de açudes e represas por agrotóxicos, matando peixes e representando risco potencial à saúde das populações locais que eventualmente fazem uso dessas reservas. Atualmente, há programas governamentais para a construção de cisternas residenciais, que acumulam água para o consumo das famílias.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja a seguir uma representação gráfica com estatísticas relacionadas com a cobertura e o uso da terra na Caatinga.

Evolução anual da cobertura e do uso de terra na Caatinga (1985 a 2022)



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em CAATINGA: Evolução anual da cobertura e uso da terra (1985-2022). **MapBiomas**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/MBI-Infografico-caatinga-8.0-BR-rev4-1-scaled.jpg. Acesso em: 9 out. 2024.

Mapa mostrando a cobertura florestal, áreas não vegetadas, formação natural não florestal e agropecuária da Caatinga. Também são apresentados dados complementares da porcentagem do território nacional desse bioma, porcentagem da cobertura vegetal nativa e evolução anual da cobertura e do uso do solo de 1985 a 2022.

Pampa

O **Pampa** ocupa um total de 193.836 km^2 e está representado apenas no sul do estado do Rio Grande do Sul. A vegetação é predominantemente do tipo campo, com gramíneas e outras plantas de pequeno porte cobrindo vastas áreas como um tapete verde. Nos campos limpos faltam árvores e arbustos. Em algumas regiões, essa paisagem pode ser entremeada com áreas de matas.

Atualmente, os campos do Pampa, que já representaram perto de 2,4% da cobertura vegetal do país, são amplamente utilizados para a produção de arroz, milho, trigo e soja, às vezes em associação com a criação de gado. Como as condições são propícias para pastagens, a pecuária desenvolveu-se intensamente, sobretudo antes de sua migração para os estados da região Centro-Oeste e para a Amazônia a partir da década de 1970. A criação de ovelhas também faz parte da cultura local. Na época de estiagem, quando as pastagens vão secando progressivamente, o mesmo número de animais continua a disputar áreas menores, ocorrendo o chamado sobrepastoreio (consumo da pastagem pelos herbívoros além da capacidade de suporte do sistema).



MAURICIO SIMONETTI/TYBA

Paisagem rural em trecho do Pampa localizado em Rosário do Sul (RS, 2020), próximo à fronteira com Uruguai e Argentina.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Desmatamento do bioma Pampa



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

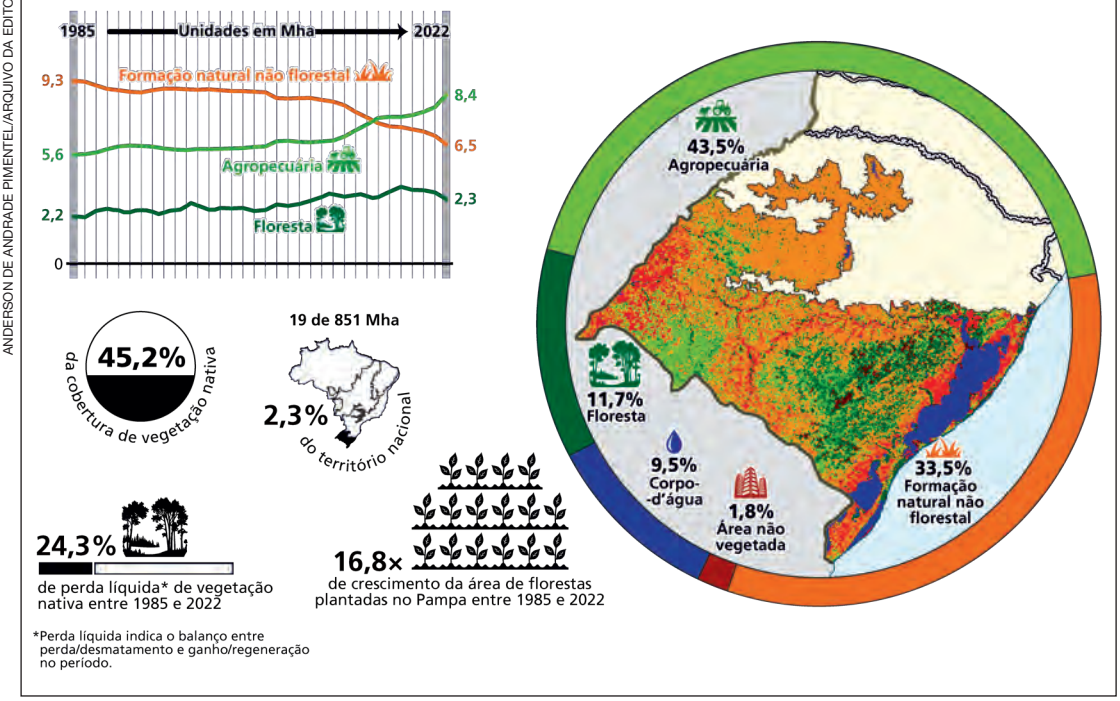
No Pampa, o sobrepastoreio e a decorrente exposição do solo às intempéries está levando à **arenização** (formação de areais) em diferentes regiões do Rio Grande do Sul. Além disso, o fogo usado para eliminar restos de pastagens secas torna o solo ainda mais frágil. Embora o termo **desertificação** seja utilizado de forma generalizada, há uma grande diferença entre desertificação e arenização. A desertificação ocorre no Semiárido e relaciona-se à exposição do solo e a clima muito seco e quente. Já a arenização é muito dependente da chuva (e do vento), pois resulta de transporte de solo arenoso pobre e sua deposição em outras áreas, cobrindo o solo original.

Fonte: elaborado com base em PRODES (Desmatamento). **Terra Brasilis**, Brasília, DF, [202-]. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation. Acesso em: 9 out. 2024.

Desde 2015, as áreas de desmatamento anual do Pampa se mantiveram razoavelmente estáveis, ficando entre 900 km^2 e 1.000 km^2. Em 2021, houve um aumento grande, atingindo 1.500 km^2, e, em 2022, voltou a diminuir, ficando em 755 km^2.

Veja a seguir uma representação gráfica com estatísticas relacionadas com a cobertura e o uso da terra no Pampa.

Evolução anual da cobertura e do uso de terra no Pampa (1985 a 2022)



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em PAMPA: Evolução anual da cobertura e uso da terra (1985-2022). **MapBiomas**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/MBI-Infografico-pampa-8.0-BR-rev4-1-scaled.jpg. Acesso em: 9 out. 2024.

Mapa mostrando a cobertura florestal, áreas não vegetadas, formação natural não florestal e agropecuária do Pampa. Também são apresentados dados complementares da porcentagem do território nacional desse bioma, porcentagem da cobertura vegetal nativa e evolução anual da cobertura e do uso do solo de 1985 a 2022.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Pantanal

O **Pantanal** inclui a maior planície alagável do planeta e, embora seja o menor bioma brasileiro em termos de área ocupada, tem grande importância por conta de sua flora e fauna. Ocupa cerca de 150.988 km^2 do território nacional, distribuídos na região Centro-Oeste, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e está associado à bacia do rio Paraguai (aproximadamente 60% do ecossistema pantaneiro encontra-se em território brasileiro, ficando o restante na Bolívia e no Paraguai). Os alagamentos anuais ocorrem por causa das cheias do rio e de seus afluentes, que correm do planalto para as planícies alagáveis, assegurando a manutenção da fertilidade do solo.

Nem toda área desse bioma é alagável. Há áreas planaltinas mais periféricas, com altitudes entre 200 m e 1.000 m, principalmente a leste. Daí até as margens do rio Paraguai, com altitude variando entre 80 m e 150 m, aparecem as extensas planícies alagáveis.

A vegetação do Pantanal é muito diversa: inclui florestas de vários tipos e cerrados formando um mosaico, além de uma variedade de ecossistemas aquáticos. Nas áreas baixas alagáveis, o regime de cheias e vazantes é fundamental para a manutenção da fauna e da flora nativas. Enquanto as espécies nativas são adaptadas ao alagamento periódico, outras espécies não são. Com a redução de áreas alagáveis, pode haver colonização por espécies não adaptadas à imersão total ou parcial, abrindo a possibilidade de exclusão competitiva de espécies nativas e desequilibrando a comunidade.

Nas planícies, as principais atividades econômicas são a pecuária, a pesca e o turismo. Mais recentemente, desenvolveu-se também a criação de jacarés para a produção de carne e couro, uma alternativa sustentável à caça desses animais.

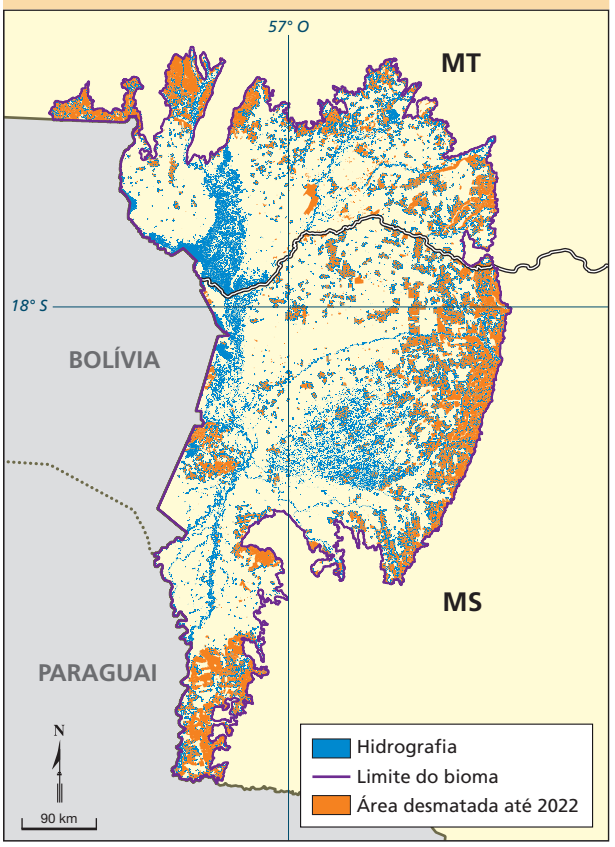
Nas áreas planaltinas, onde o desmatamento foi mais intenso, além da pecuária, destaca-se a agricultura mecanizada de soja, cana-de-açúcar, milho e outros produtos. O mapa mostra as áreas desmatadas no Pantanal, concentradas nas áreas periféricas (planaltinas), mas já há indícios de avanço do desmatamento nas planícies interiores. A exposição do solo nas áreas desmatadas para agricultura intensifica a quantidade de sedimentos transportados pelos rios até as áreas mais baixas, provocando assoreamentos que alteram o regime de cheias e vazantes, o que compromete a flora e a fauna. Outra ameaça é o transporte fluvial de agrotóxicos e outros poluentes oriundos de fazendas e indústrias das partes altas, o que pode comprometer a qualidade da água nos alagados.



UWE-BERGWITZ/ISTOCK/GETTY IMAGES

A pastagem com árvores entremeadas é uma paisagem muito comum na região pantaneira (mar. 2022).

Desmatamento do bioma Pantanal



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

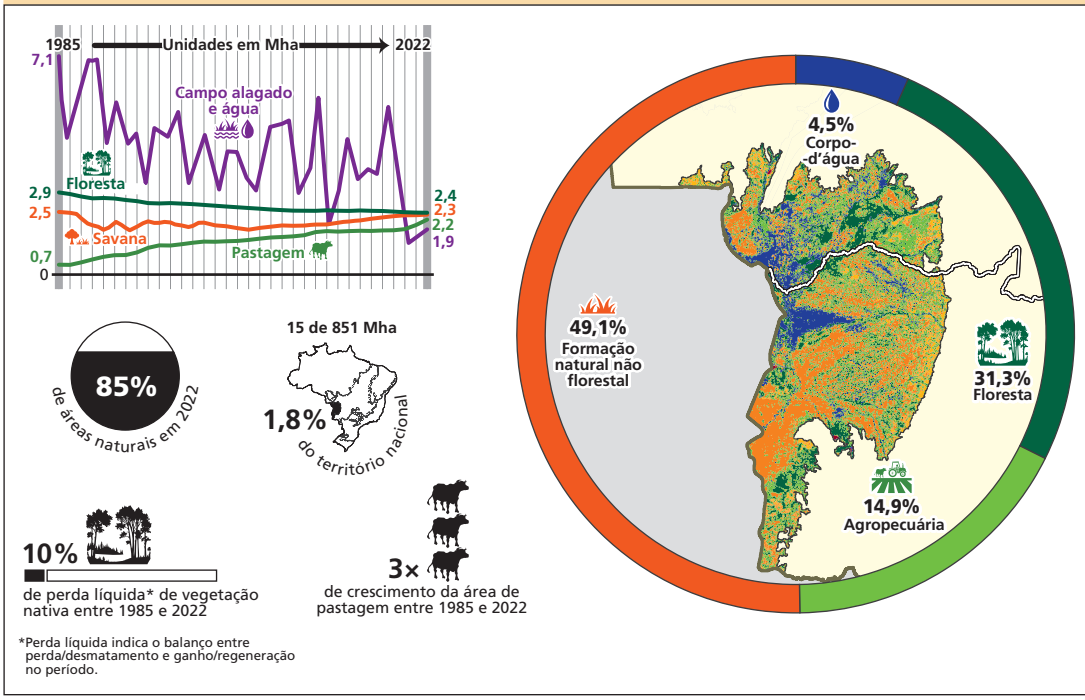
Fonte: elaborado com base em PRODES (Desmatamento). **Terra Brasilis**, Brasília, DF, [202-]. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation. Acesso em: 9 out. 2024.

Até 2000, os desmatamentos estiveram muito concentrados nas bordas do bioma; mais recentemente, eles avançaram para o interior. Note a extensão dos corpos-d'água (em azul).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja a seguir uma representação gráfica com estatísticas relacionadas com a cobertura e o uso da terra no Pantanal.

Evolução anual da cobertura e do uso de terra no Pantanal (1985 a 2022)



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em PANTANAL: Evolução anual da cobertura e uso da terra (1985-2022). **MapBiomas**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/MBI-Infografico-pantanal-8.0-BR-rev4-1-scaled.jpg. Acesso em: 9 out. 2024.

Mapa mostrando a cobertura florestal, áreas não vegetadas, formação natural não florestal e agropecuária do Pantanal. Também são apresentados dados complementares da porcentagem do território nacional desse bioma, porcentagem da cobertura vegetal nativa e evolução anual da cobertura e do uso do solo de 1985 a 2022.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

4. A acentuada heterogeneidade climática e edáfica (relativa ao solo) no Brasil permite a ocorrência de tipos de vegetação muito variados. Considerando uma região brasileira de clima quente, com baixo índice pluviométrico, estações de seca por vezes bastante prolongadas, com plantas espinhosas e suculentas, a maioria decíduas, faça o que se pede:

a. Identifique essa formação vegetal e sua localização geográfica.

b. Descreva duas características de muitas espécies vegetais que contribuem para diminuir a perda de água.

c. Com base nos dados de "Evolução anual da cobertura e do uso de terra na Caatinga (1985-2022)", qual a atividade humana que se expandiu e qual o tipo de vegetação da Caatinga que mais regrediu? Além da produção de alimentos, que tipo de uso pode ter contribuído para tal regressão?

5. Com relação à desertificação e à arenização, responda ao que se pede.

a. Em que regiões do país ocorrem? Qual é o seu impacto na produção de alimentos?

b. Qual é a diferença entre os dois processos?

6. Com base nos dados de "Evolução anual da cobertura e do uso de terra no Pantanal (1985-2022)", são notáveis diversas mudanças na proporção da área total ocupada por cada tipo de cobertura, ou seja, como a área foi ocupada entre 1985 e 2022.

a. Descreva essas mudanças e mostre quais são as mais importantes.

b. Você consegue enxergar alguma relação entre as diferentes mudanças? Discuta esse tema com os colegas e apresente uma hipótese para explicar a variação na extensão da superfície de corpos-d'água.

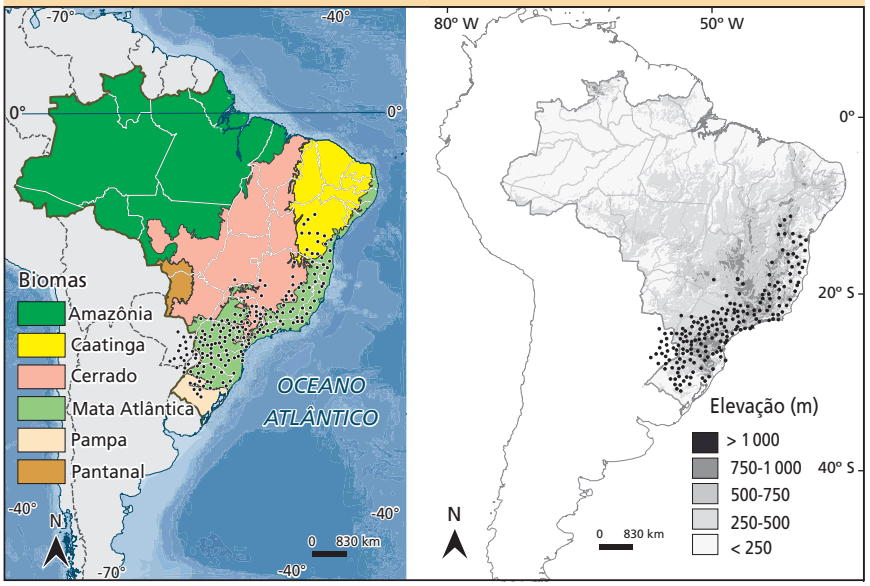
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. (Fuvest-SP) Segundo o Atlas de Serpentes Brasileiras, a jararaca (nome científico *Bothrops jararaca*) encontra-se com as ocorrências registradas em uma extensa faixa do Brasil relativa a diferentes biomas, onde se alimenta de anfíbios, roedores e outros animais. A espécie ocorre nas áreas apontadas, sendo encontrada em zonas florestadas ou modificadas pela ação humana. 1. Alternativa **e**.

Brasil: Distribuição da *Bothrops jararaca*



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

- Ocorrência da espécie (*Bothrops jararaca*)

Fonte: Atlas de Serpentes Brasileiras (2019) e IBGE (2020). Adaptado.

Sobre as serpentes *Bothrops jararaca* e os principais biomas de ocorrência, é correto afirmar:

a. São típicas das áreas que alcançam até 500 m de altitude, nos biomas do Pantanal, Pampa, Cerrado e Caatinga; as áreas do Pampa são as mais degradadas do país em função da urbanização crescente, ameaçando a ocorrência da jararaca.

b. São generalizadas nos mais diversos biomas, concentrando-se na Caatinga; esse bioma encontra-se atualmente como o mais ameaçado pela expansão das fronteiras agrícolas na produção para exportação.

c. São típicas das áreas mais planas da faixa leste do Brasil, cujos terrenos são recobertos pelo bioma do Cerrado; a ocorrência desta espécie deve-se às áreas com ocupação humana, o que atrai ratos que fazem parte da alimentação da jararaca.

d. Possuem área de ocorrência restrita ao bioma da Amazônia, caracterizado pela ocorrência de sapos; nesse bioma, as planícies fluviais favorecem a proliferação da jararaca.

e. São típicas da Mata Atlântica, podendo ocorrer também em áreas de Pampa, Cerrado e Caatinga e ocupar terrenos que alcançam até 1.000 m de altitude; o bioma da Mata Atlântica encontra-se atualmente ameaçado pela ocupação humana.

2. Qual alternativa não se aplica a nenhum tipo de agrofloresta? 2. Alternativa **e**.

a. Utilização combinada de espécies nativas e exóticas e espécies pertencentes a diferentes estratos vegetais.

b. Cultivo de uma espécie de interesse comercial feito sob a cobertura de uma floresta nativa rareada.

c. Policultivo de diferentes espécies de interesse comercial.

d. Utilização de plantas fixadoras de nitrogênio, como as leguminosas, associadas a outros cultivos de interesse.

e. Monocultivo desenvolvido em campos e outras áreas degradadas, cuja produtividade é maximizada pela utilização de insumos como agrotóxicos e fertilizantes sintéticos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continua

3. (Enem)

O bioma Cerrado foi considerado recentemente um dos 25 *hotspots* de biodiversidade do mundo segundo uma análise em escala mundial das regiões biogeográficas sobre áreas globais prioritárias para conservação. O conceito de *hotspot* foi criado tendo em vista a escassez de recursos direcionados para conservação, com o objetivo de apresentar os chamados "pontos quentes", ou seja, locais para os quais existe maior necessidade de direcionamento de esforços, buscando evitar a extinção de muitas espécies que estão altamente ameaçadas por ações antrópicas. 3. Alternativa **e**.

Fonte: PINTO, P. P.; DINIZ-FILHO, J. A. F. *In*: ALMEIDA, M. G. (org.). **Tantos cerrados**: múltiplas abordagens sobre a biogeodiversidade e singularidade cultural. Goiânia: Vieira, 2005 (adaptado).

A necessidade desse tipo de ação na área mencionada tem como causa a

a. intensificação da atividade turística.
b. implantação de parques ecológicos.
c. exploração dos recursos minerais.
d. elevação do extrativismo vegetal.
e. expansão da fronteira agrícola.

4. (Fuvest-SP) A tabela lista características bióticas e abióticas associadas a alguns biomas brasileiros.

Bioma	Tipo de vegetação predominante	Volume de chuvas	Zona climática
I	arbóreo	moderado a grande	tropical, subtropical
II	herbáceo	moderado	temperada
III	arbóreo	grande	equatorial, tropical
IV	arbóreo, arbustivo e herbáceo	moderado	tropical, subtropical

4. Alternativa **d**.

Escolha a alternativa que lista os biomas corretos, na ordem em que aparecem nas linhas da tabela (I a IV).

a. I–Floresta Amazônica; II–Cerrado; III–Mata Atlântica; IV–Caatinga.
b. I–Floresta Amazônica; II–Pampas; III–Mata Atlântica; IV–Cerrado.
c. I–Mata Atlântica; II–Cerrado; III–Floresta Amazônica; IV–Caatinga.
d. I–Mata Atlântica; II–Pampas; III–Floresta Amazônica; IV–Cerrado.
e. I–Pampas; II–Mata Atlântica; III–Cerrado; IV–Floresta Amazônica.

5. Sobre as atividades e influências antrópicas nos biomas Amazônia e Mata Atlântica, classifique as afirmações como verdadeiras (**V**) ou falsas (**F**). 5. Alternativa **a**.

I. Mesmo sendo o bioma mais populoso e mais degradado do país, a Mata Atlântica cumpre um papel muito importante na prestação de serviços ecossistêmicos a seus habitantes.
II. O incremento anual de desmatamento na Amazônia apresentou uma grande diminuição a partir de 2019, quando comparado com os dez anos anteriores.
III. As principais atividades econômicas na Amazônia são a agropecuária, a extração de madeira e o garimpo, e o grande aumento da atividade pecuária, sobretudo a criação de gado bovino, tem alta correlação com o aumento do desmatamento.
IV. Apesar de a Mata Atlântica apresentar alto grau de degradação, seu desmatamento e a exploração de seus recursos são atividades recentes, sendo uma consequência, principalmente, do crescimento dos municípios, a partir da década de 1980, em suas áreas de abrangência.

a. V F V F
b. V V F F
c. F V F V
d. V F F V
e. F V V F

6. Associe a característica da vegetação com o respectivo bioma. 6. I-a, II-c, III-b, IV-d, V-f.

I. Árvores de grande porte podendo atingir 50 m de altura, folhas perenes, presença de diferentes estratos.
II. Árvores com cerca de 20 m de altura, eventualmente mais, muitas das quais perdem as folhas na estação seca; presença de diferentes estratos.
III. Árvores esparsas, com caules retorcidos e cortiça espessa; presença de um estrato herbáceo mais ou menos predominante.
IV. Plantas que perdem as folhas periodicamente (decíduas), com muitas espécies espinhosas e com reservas de água.
V. Apenas estrato herbáceo, com predominância de gramíneas.

a. Amazônia
b. Cerrado
c. Mata Atlântica
d. Caatinga
e. Pantanal
f. Pampa

7. Os seis biomas brasileiros já sofreram perda ou degradação de coberturas naturais. Consulte os dados de "Evolução anual da cobertura e do uso de terra (1985-2022)" apresentados para os diferentes biomas ao longo do capítulo e ordene-os do menos degradado para o mais degradado. Construa um gráfico de colunas representando as parcelas conservadas da vegetação natural original de cada bioma; no eixo horizontal, ordene os diferentes biomas. Como você explicaria os casos extremos, em termos dos fatores que podem ter contribuído para o *status* atual dos dois biomas respectivos? O que tem sido feito para mitigar e minimizar os impactos ambientais causados por atividades humanas nesses e nos demais biomas?

8. Formações florestais podem ocorrer em partes de diversos biomas. Essas florestas tendem a ser iguais ou diferentes entre si? Justifique sua resposta apoiando-se na definição de "bioma".

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 12

Fisiologia das angiospermas e produção de alimentos



ALFRIBEIRO/GETTY IMAGES

Plantação de café com colheita mecanizada (Vera Cruz, SP, 2024). Plantações como essa são bastante comuns no Brasil.

A produção de alimentos é fundamental para a sobrevivência da crescente população humana. Cada vez mais, são necessárias práticas agrícolas sustentáveis que garantam maior rendimento produtivo, mas sem ampliar o desmatamento e reduzindo o consumo de água, de agrotóxicos e de fertilizantes sintéticos, a fim de diminuir os impactos dessas atividades no ambiente. Nesse sentido, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) lançou, em 2022, a plataforma *Visão de futuro do agro brasileiro*, com atualizações regulares sobre temas como sustentabilidade, adaptação às mudanças climáticas e avanços científico-tecnológicos.

O principal grupo de plantas de interesse alimentar é o das angiospermas, caracterizadas pela formação de flores e frutos. Por isso, é importante compreender os processos que mantêm essas plantas vivas e saudáveis, como a perda de água sob a forma de vapor na transpiração, as trocas gasosas, a absorção e o transporte de água e de nutrientes minerais do solo até as folhas, o transporte de açúcares das folhas para as demais partes da planta pelo floema, os ciclos biogeoquímicos de importantes nutrientes vegetais (como o nitrogênio, o fósforo e o potássio) e a atuação dos hormônios vegetais, tópicos que analisaremos neste capítulo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Transpiração e trocas gasosas

A transpiração e as trocas gasosas são realizadas principalmente pelas folhas. Estima-se que aproximadamente 98% da água absorvida do solo seja perdida na transpiração da planta; o restante é usado no metabolismo celular. Em geral, as plantas de interesse agrícola são as que apresentam maiores taxas de transpiração, justificando a importância da irrigação para garantir boa produtividade. Por isso, melhorar os métodos de irrigação é fundamental nas práticas de agricultura sustentável. Segundo a Embrapa, a irrigação corresponde à maior demanda de captação de água no Brasil, o que ainda tende a aumentar. Para lidar com esse cenário, vários métodos vêm sendo adotados, como a captação de água das chuvas e o gotejamento.

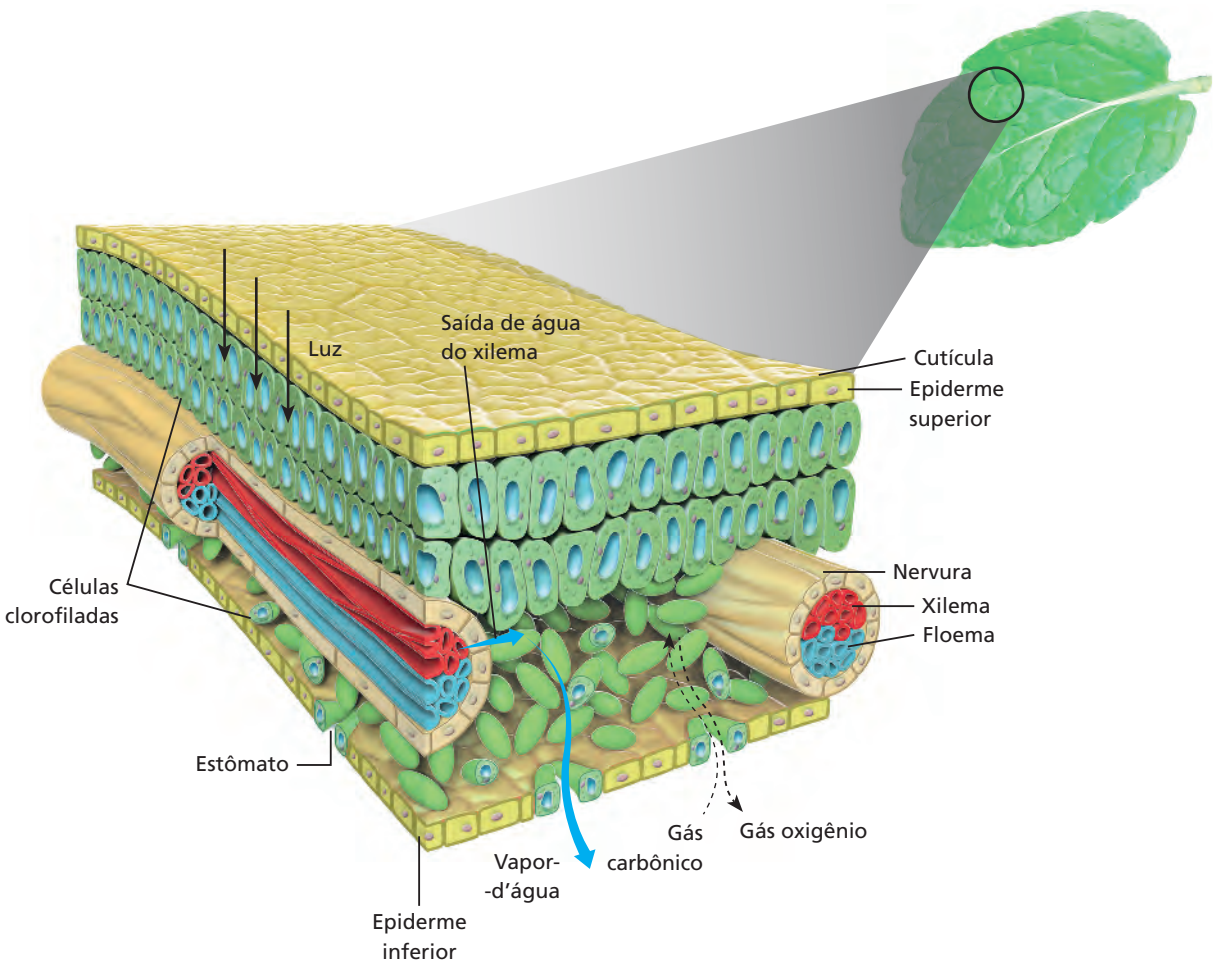
De modo geral, as folhas das angiospermas são finas e apresentam superfície ampla, características que facilitam as trocas gasosas entre os tecidos internos clorofilados e o meio externo, bem como a absorção de luz, necessária para a fotossíntese. Em contrapartida, a ampla superfície pode acarretar intensa perda de água por transpiração, o que é minimizado pela cutícula e pelos estômatos.

A **cutícula** é uma camada de cera que reveste a superfície externa das células aclorofiladas da epiderme foliar. Essa camada impermeabiliza a folha, de forma que, quanto mais espessa, menor é a perda de água através dela. A **transpiração cuticular** é pouco intensa e não envolve mecanismos fisiológicos de controle.

Os **estômatos** (do grego, *stoma* = boca) são estruturas clorofiladas presentes na epiderme foliar. Cada estômato é composto de duas células-guarda, que delimitam um poro através do qual ocorrem a saída de vapor-d'água na transpiração e as trocas gasosas entre a planta e o ar.

ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Anatomia da folha



Fontes: SOLOMON, E. P. *et al.* **Biology**. 11. ed. Boston: Cengage, 2019.

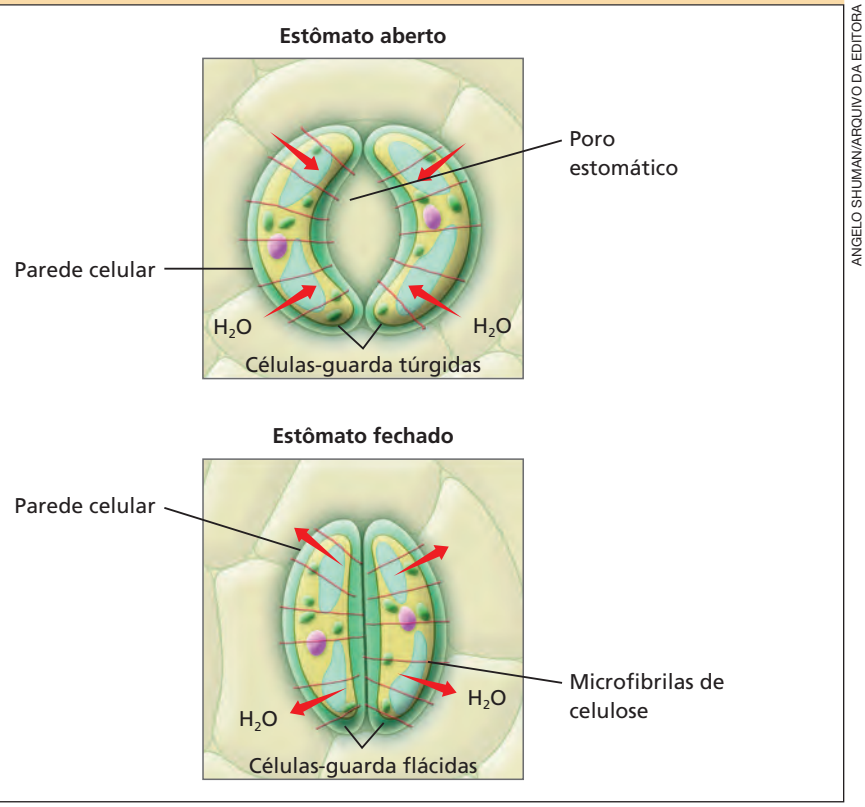
Representação de uma folha e de uma seção dela em corte, evidenciando sua anatomia. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A **transpiração estomática** corresponde a aproximadamente 95% do total de transpiração de uma planta, é muito mais intensa que a cuticular, sendo regulada por mecanismos fisiológicos complexos que envolvem estímulos hormonais e ambientais. Quando há baixa disponibilidade de água no solo, por exemplo, as células-guarda fecham o poro estomático, impedindo a perda hídrica. Na maioria das plantas bem hidratadas, a luz promove a abertura estomática, de modo que os estômatos se abrem de dia e se fecham à noite. A concentração de gás carbônico nas folhas da planta também exerce influência nesse processo: quando aumenta, os estômatos se fecham; quando reduz, eles se abrem.

Os movimentos estomáticos relacionam-se com a estrutura das células-guarda e seu turgor. Essas células apresentam parede celular mais espessa na região ao redor do poro e microfibrilas de celulose dispostas radialmente, ou seja, estendendo-se desde a parede ao redor do poro até a parede do lado oposto. Essa organização faz com que, quando as células-guarda estão túrgidas (cheias de água), o poro fique aberto, e, quando estão flácidas (ao perderem água), o poro fique fechado.

Abertura e fechamento do estômato



ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Representação de um estômato, mostrando as células-guarda túrgidas e o poro aberto e as células-guarda flácidas e o poro fechado. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Absorção de água e sais minerais

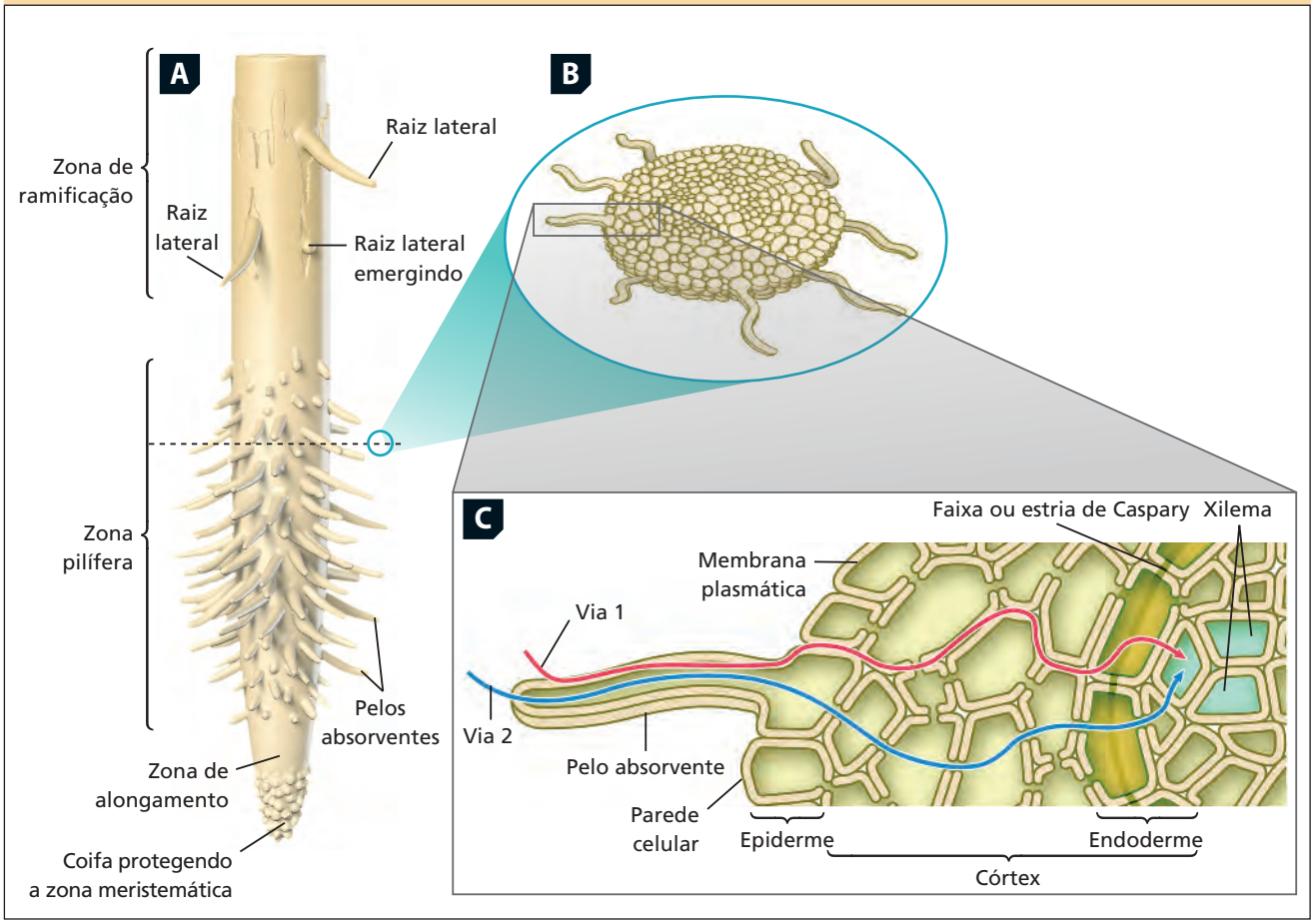
A absorção de água e sais minerais ocorre pela raiz, principalmente na zona pilífera, onde há pelos absorventes, que aumentam a área de absorção. Essa zona se localiza logo acima da zona de alongamento das células recém-formadas pela zona meristemática.

A água e os sais minerais absorvidos do solo chegam ao xilema, tecido que transporta a seiva da raiz até as folhas, por meio de duas vias principais, como ilustrado a seguir.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Anatomia da raiz



Fontes: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014; URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Em **(A)**, representação da estrutura de uma raiz de angiosperma, identificando suas diferentes zonas. Em **(B)**, representação de corte transversal da raiz na região dos pelos absorventes. Em **(C)**, representação da absorção de água e sais minerais pelas raízes pelas vias 1 (seta vermelha) e 2 (seta azul). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Pela **via 1** (seta vermelha), a solução de água e nutrientes minerais é transportada pelos espaços entre as paredes das células de modo passivo, por difusão. Pela **via 2** (seta azul), os nutrientes minerais são transferidos por transporte ativo de uma célula para a outra, criando um gradiente de concentração que contribui para a absorção passiva de água por osmose.

Nos dois casos, antes de chegar ao xilema, a solução passa através de células especializadas que formam a **endoderme**. Essas células apresentam, na parede celular, as estrias de Caspary, que são faixas espessas de suberina, lignina ou ambas, substâncias impermeáveis que impedem a passagem da solução entre as células. A endoderme seleciona os íons que entram no xilema e promove seu transporte ativo. A água, por sua vez, passa para o xilema por osmose. A endoderme também impede que os solutos acumulados no xilema retornem para o solo.

A absorção da água depende da diferença de concentração osmótica entre a solução presente no solo ao redor da raiz e a concentração da seiva do xilema, que geralmente é mais elevada que a do solo. Se a concentração do solo aumenta muito, o que pode ocorrer, por exemplo, em razão do excesso de adubos químicos, a absorção é reduzida ou cessa totalmente, o que pode levar a planta à morte. Assim, mesmo havendo água no solo, as plantas não conseguem absorvê-la, fenômeno chamado **seca fisiológica**.

Uma vez no xilema, a água e os sais minerais são, então, transportados até as folhas.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre

Registre em seu caderno

1. No interior das folhas, encontram-se tecidos clorofilados. Explique como as células desses tecidos recebem água e gás carbônico para a realização da fotossíntese.
2. No capítulo 5, foi apresentado o processo de dessalinização da água por osmose reversa, cujo rejeito salino pode ser prejudicial às plantas. Explique a relação disso com o fenômeno da seca fisiológica.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Condução da seiva do xilema

As células do xilema relacionadas com o transporte de seiva são chamadas **elementos traqueais**; quando maduras, elas são mortas e apresentam parede celular reforçada com **lignina**, substância que impermeabiliza as células e aumenta sua resistência. Elas são alongadas e alinham-se formando finos capilares no corpo da planta, desde a raiz até as folhas. Essa organização e o reforço de lignina relacionam-se também com outra função do xilema: a sustentação da planta.

A seiva do xilema é transportada rapidamente da raiz até as folhas. Há três explicações para esse fenômeno:

- **pressão positiva** ou **impulso da raiz:** a água é empurrada da raiz para as folhas;
- **capilaridade:** a água sobe por capilaridade;
- **coesão-tensão-adesão (teoria de Dixon):** a água é puxada da raiz até as folhas sob tensão em função da transpiração foliar e das propriedades de coesão e adesão das moléculas de água.

A pressão positiva está relacionada ao transporte ativo de sais minerais para o interior do xilema da raiz, o que provoca aumento da concentração osmótica em relação à solução aquosa do solo. Com isso, há grande entrada de água por osmose, impulsionando a seiva do xilema para cima.

Esse fenômeno se restringe a algumas plantas de pequeno porte submetidas a determinadas condições especiais, como solos ricos em água e alta umidade relativa do ar. Nessas condições, o excesso de seiva pode até mesmo sair sob a forma de gotas pelos **hidatódios**, poros localizados nas bordas das folhas de algumas plantas, como o morangueiro. Esse fenômeno é chamado **gutação**.

A pressão positiva da raiz pode ser considerada um meio auxiliar de condução em condições especiais e um mecanismo que contribui para a absorção da água do solo como resultado do bombeamento ativo de íons para o interior do xilema.

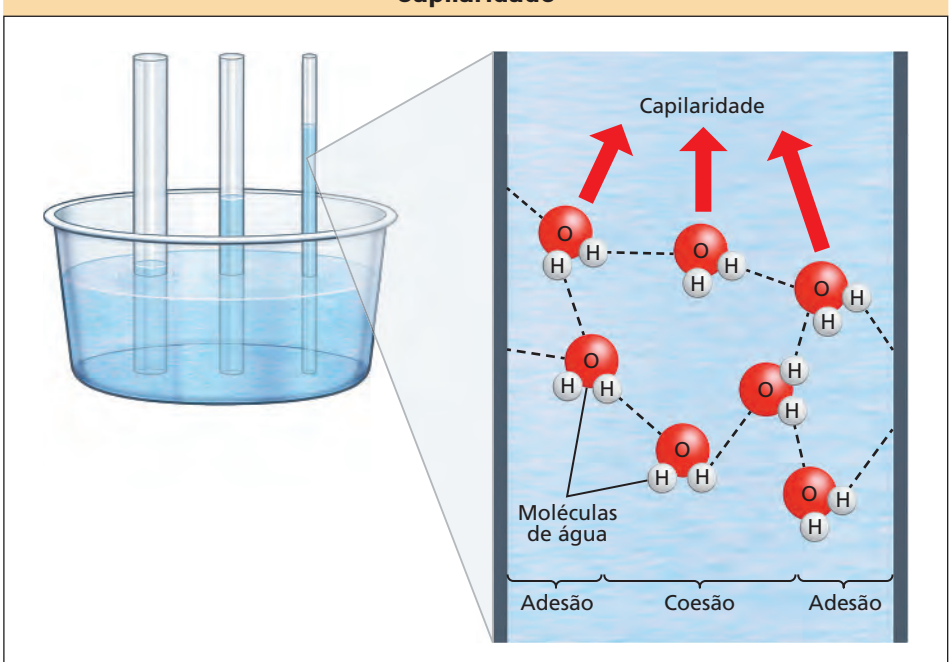
A explicação do processo de capilaridade no xilema é a mesma que se faz para o caso dos tubos capilares, que são muito finos e cuja subida da água ocorre espontaneamente até determinada altura. Quanto mais finos são os capilares, mais alto a água sobe.



GERRY BISHOP/SHUTTERSTOCK

Folhas de morangueiro (*Fragaria virginiana*) com gotículas de seiva do xilema em suas bordas. Cada folíolo mede cerca de 6 cm de comprimento.

Capilaridade



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação do fenômeno da capilaridade: quanto mais fino é o tubo, mais a água sobe em seu interior; no entanto, há uma altura limite para cada capilar. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A capilaridade ocorre basicamente em razão das propriedades de coesão e adesão das moléculas de água. A **coesão** deve-se à forte tendência que as moléculas de água têm de permanecer unidas entre si por meio das ligações de hidrogênio. A **adesão** caracteriza-se pela tendência das moléculas de água de se unir a outras moléculas de natureza polar, como as da parede dos capilares e dos vasos do xilema. Desse modo, a coesão entre as moléculas de água atua na adesão delas com a parede dos tubos capilares (e das células xilemáticas), resultando na movimentação ascendente da coluna de água no interior dos vasos condutores.

Como em sentido oposto ao movimento ascendente da coluna de água encontra-se a força da gravidade, a água sobe até a altura em que a resultante das forças de adesão e coesão se equilibram com a da gravidade. Nas plantas, a seiva do xilema só consegue subir por capilaridade até cerca de 1 metro do solo, o que, portanto, não explica o transporte em plantas mais altas.

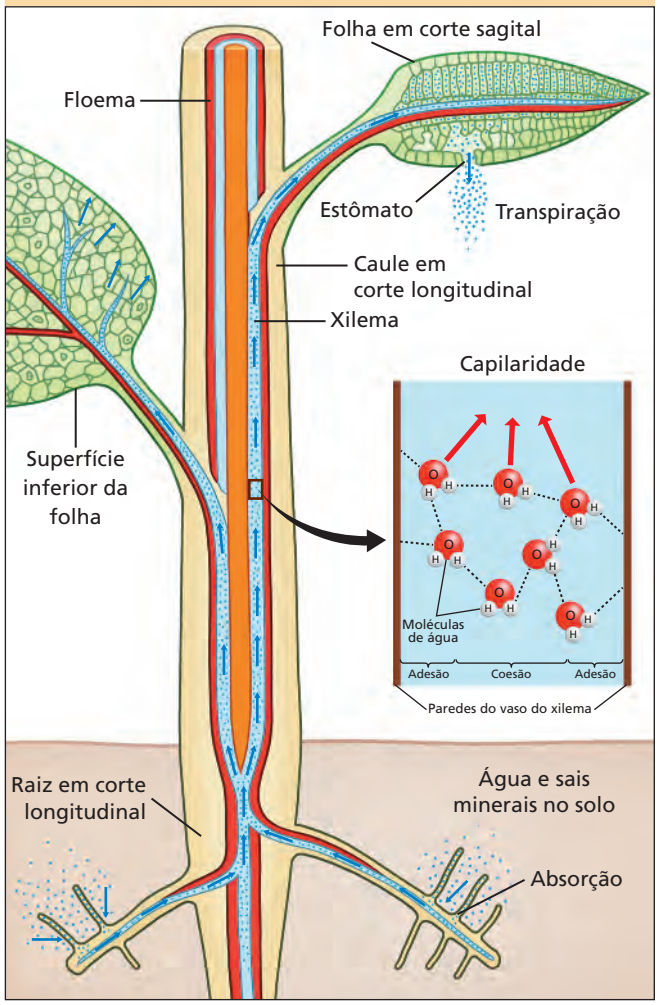
A teoria da coesão-tensão-adesão, por sua vez, é a que melhor explica a condução da seiva do xilema na generalidade dos casos. Ela foi formulada, em 1914, pelo botânico irlandês Henry Dixon (1869-1953) e, por isso, é também conhecida como teoria de Dixon.

Segundo essa teoria, a perda de água por transpiração foliar gera uma tensão, ou sucção, aumentando a concentração osmótica das células clorofiladas da folha, o que promove a passagem de água por osmose do xilema para essas células. Como os vasos do xilema são capilares muito finos, as moléculas de água são puxadas sob tensão por causa das propriedades de coesão e adesão. Assim, a tensão gerada nas folhas, associada às propriedades de coesão e adesão da água, faz com que se forme uma coluna contínua de água no interior do xilema, desde as raízes até as folhas.

Nas raízes, a tensão gerada nas folhas aumenta a capacidade da planta de absorver água e sais minerais do solo. Essa absorção ocorre rapidamente, mesmo por raízes mortas ou até na ausência de raízes. Se mergulhamos em água o caule de uma planta cortado transversalmente, por exemplo, a água sobe até as folhas; é o que acontece quando colocamos ramos de flores em vasos com água.

Quando a transpiração é alta, a planta perde muita água para o ar e muita água é absorvida pelas raízes. Assim, quanto maior é a transpiração, maior é a absorção.

Transpiração, absorção e transporte da seiva no xilema

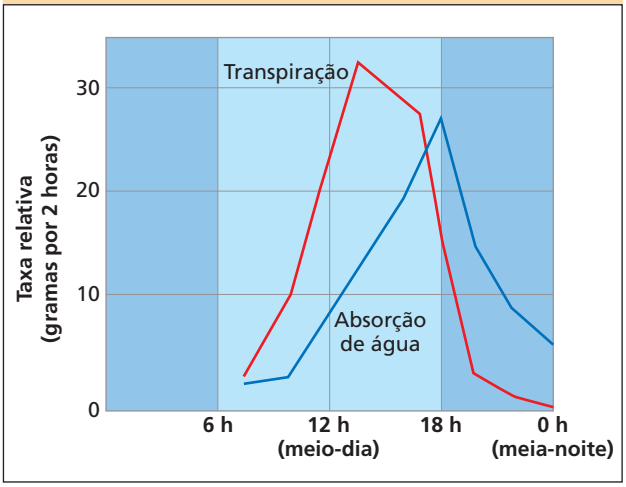


LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: POSTLETHWAIT, J. H; HOPSON, J. L. **The nature of life**. 2. ed. New York: McGrow-Hill, 1992.

Representação de planta em corte longitudinal, mostrando os processos de transpiração, absorção e transporte de seiva do xilema. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Taxas de absorção de água e de transpiração ao longo do dia



TARCÍSIO ANDRÉ GARBELLINI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Gráfico que mostra a relação entre a taxa de absorção de água e a taxa de transpiração ao longo do dia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Condução da seiva do floema

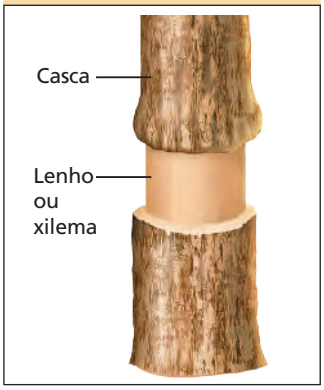
O floema é o tecido vegetal especializado no transporte de seiva das folhas até as demais partes da planta. As células floemáticas responsáveis por esse transporte são os **elementos crivados**, que são alongados e apresentam poros na parede celular, por onde a seiva passa de uma célula para outra. Essas células são vivas, apesar de não apresentarem núcleo; elas se mantêm vivas graças à associação com células nucleadas chamadas **células companheiras**.

Experimentos clássicos feitos no século XVII pelo pesquisador italiano Marcelo Malpighi (1628-1694) mostraram que a seiva do floema flui das folhas para as raízes. Ao remover um anel na casca de um tronco, ele verificou que a parte acima do anel ficava dilatada, interpretando que o crescimento de tecidos nessa região era causado pelo acúmulo de nutrientes provenientes das folhas. Esse anel ficou conhecido como **anel de Malpighi**. Nos troncos submetidos a esse tipo de procedimento, as folhas continuam a receber seiva do xilema, mas as raízes e as demais partes abaixo do anel deixam de receber seiva do floema, que contém açúcares produzidos na fotossíntese. Sem nutrição das raízes, a planta morre.

O transporte da seiva do floema, no entanto, não ocorre apenas das folhas para a raiz, mas também para outras regiões da planta, como os ápices caulinares. Esse transporte, denominado **translocação**, só foi explicado satisfatoriamente pela **hipótese do fluxo de massa**, proposta em 1927 pelo botânico alemão Ernst Munch (1876-1946). Na translocação, a seiva do floema move-se ao longo de um gradiente decrescente de concentração, desde o local em que é produzida (concentração alta), como nas folhas, até o local em que é consumida ou armazenada (concentração baixa). Esse movimento segue o padrão fonte-dreno: a fonte de açúcares é a fotossíntese realizada nas folhas, e os drenos são as partes da planta que não realizam fotossíntese.

A glicose produzida na fotossíntese das folhas é convertida em sacarose, que passa por transporte ativo para as células companheiras e destas para os elementos crivados, nos quais ocorre aumento de concentração em relação ao xilema. Como consequência, há passagem de água por osmose do xilema para o floema, o que aumenta a pressão de turgescência nos elementos crivados (isto é, eles se tornam ricos em água e ficam túrgidos). Essa pressão então promove o movimento da seiva ao longo dessas células para regiões da planta com menor pressão osmótica, sem gasto de energia. À medida que a sacarose sai dos elementos crivados para as células dos locais de consumo e/ou armazenamento, a seiva do floema se torna menos concentrada e ocorre a saída de água do floema para os tecidos vizinhos, inclusive para o xilema.

Anel de Malpighi

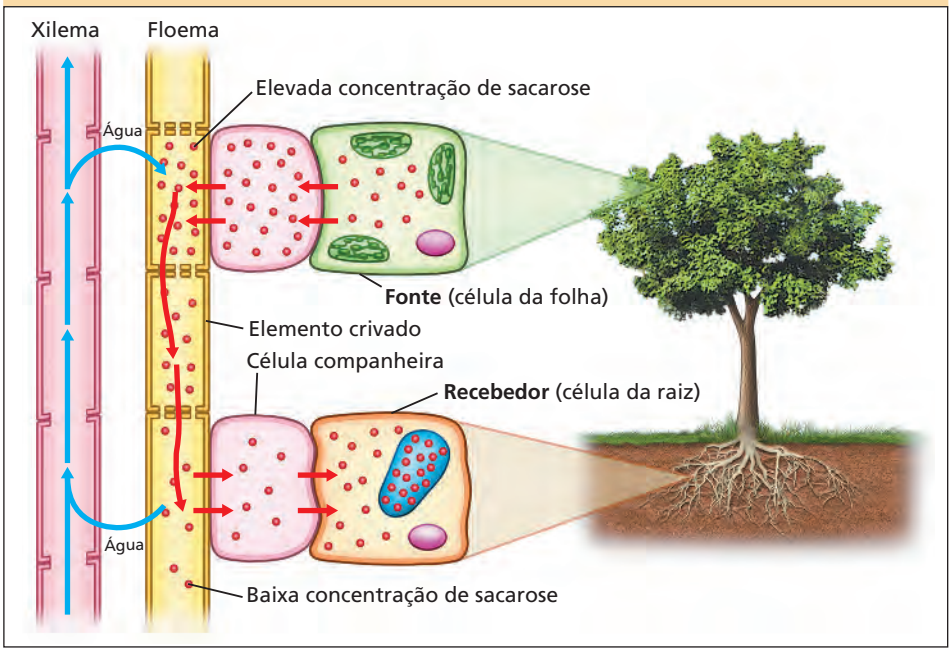


NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação do anel de Malpighi e do resultado do experimento. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Condução da seiva do floema



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação da condução da seiva do floema, que ocorre da região de síntese para a região de consumo. Os círculos vermelhos representam moléculas de sacarose. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

3. Sobre o transporte ativo de sais para dentro das células da raiz, responda:

a. A qual dos processos de transporte de seiva do xilema ele se relaciona? Justifique.

b. Qual é a camada de células da raiz responsável por esse mecanismo? Como se dá a atuação dessas células?

4. Para manter ramos de flores por mais tempo em vasos com água sem que elas murchem, é indicado cortar a ponta de cada ramo dentro da água. Explique por que esse procedimento é recomendado.

5. Os pulgões, ou afídeos, são insetos que se alimentam sugando a seiva do floema. Já as cigarrinhas são insetos que sugam a seiva do xilema. Ambos os grupos causam danos às plantas, representando importantes problemas para a agricultura. Diferencie as células que o aparelho bucal desses dois grupos de insetos perfura para obter alimento.

Nutrientes inorgânicos e ciclos biogeoquímicos

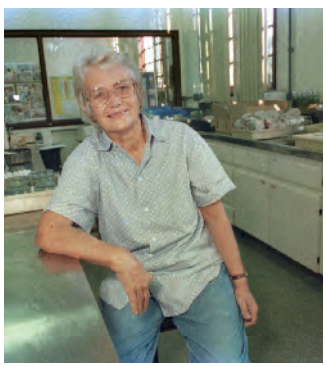
O crescimento sadio das plantas depende de nutrientes minerais considerados essenciais e que elas absorvem do solo. Aqueles de que elas necessitam em quantidades maiores são os **macronutrientes**, e os que são demandados em quantidades menores são os **micronutrientes**.

Os macronutrientes são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S) e magnésio (Mg). Este último faz parte da molécula de clorofila e sua deficiência deixa as folhas amareladas. Os micronutrientes são: ferro (Fe), manganês (Mn), boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), cloro (Cℓ) e níquel (Ni).

Nos ecossistemas naturais, os nutrientes minerais derivam do processo de decomposição biológica da matéria orgânica, formando o húmus. Esse processo enriquece os solos, garantindo o bom desenvolvimento das plantas. Na agricultura, a fertilidade dos solos é assegurada por meio de práticas que incluem a adubação, como analisaremos mais adiante.

A matéria é transformada e reciclada na natureza por meio de **ciclos biogeoquímicos**, que envolvem processos que ocorrem nos seres vivos e no meio abiótico. Analisaremos os ciclos dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, cuja falta causa as deficiências nutricionais mais comuns nas plantas.

Ciclo do nitrogênio



ALEXANDRE CAMPBELL/FOLHAPRESS

Johanna Döbereiner em seu laboratório na Embrapa. (Rio de Janeiro, RJ, 1995.)

O nitrogênio é um elemento que faz parte de substâncias orgânicas nitrogenadas, como as proteínas e os ácidos nucleicos. Ele é abundante na atmosfera, onde ocorre sob a forma de nitrogênio molecular (N_2), correspondendo a aproximadamente 78% da composição química do ar. O nitrogênio molecular, no entanto, é pouco reativo e só é utilizado diretamente por alguns procariontes que são capazes de realizar o processo de **biofixação**. Esses microrganismos podem viver livres no meio ou associados a raízes de plantas, constituindo as chamadas **bacteriorrizas**, como discutido no capítulo 4.

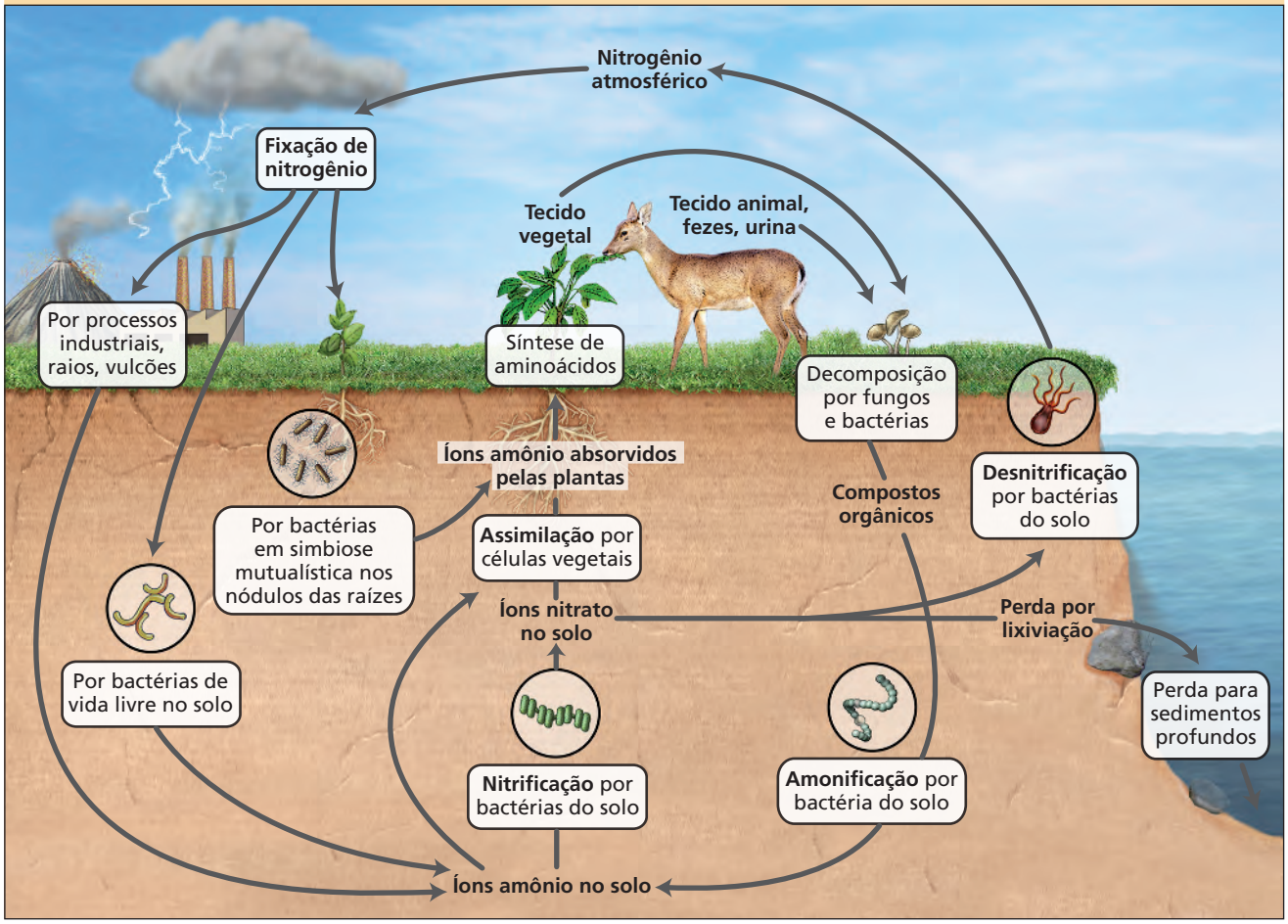
Os estudos da pesquisadora Johanna Döbereiner (1924-2000), nascida na antiga Tchecoslováquia e naturalizada brasileira, foram pioneiros na compreensão da importância da fixação biológica do nitrogênio em leguminosas tropicais e outras plantas, rompendo o paradigma vigente na época de que a adubação nitrogenada só poderia ser feita com produtos químicos sintéticos. Seu trabalho contribuiu de forma significativa

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

para a agricultura nacional e mundial e ajudou o Brasil a se tornar um importante produtor mundial de soja, além de promover economia nos gastos com plantio e benefícios ambientais decorrentes da redução do uso de fertilizantes sintéticos. Por suas pesquisas, Döbereiner foi indicada ao Prêmio Nobel de Química em 1977.

A fixação do nitrogênio também pode ocorrer por meios não biológicos, como em procedimentos industriais e por ação de raios e erupções vulcânicas.

Ciclo do nitrogênio



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação do ciclo do nitrogênio em ambiente terrestre. Esse ciclo também ocorre no ambiente aquático, porém com organismos distintos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O nitrogênio molecular é fixado em moléculas de amônia (NH_3), que se dissolvem na água dos solos e adquirem íons H^+, formando íons amônio (NH_4^+). Estes podem ser absorvidos pelas plantas ou passar pelo processo de **nitrificação**, que é realizado por bactérias **nitrificantes** em duas etapas: na primeira, ocorre oxidação de amônio a **nitrito** (NO_2^-); e, na segunda, de nitrito a **nitrato** (NO_3^-), forma que pode ser absorvida pelas plantas.

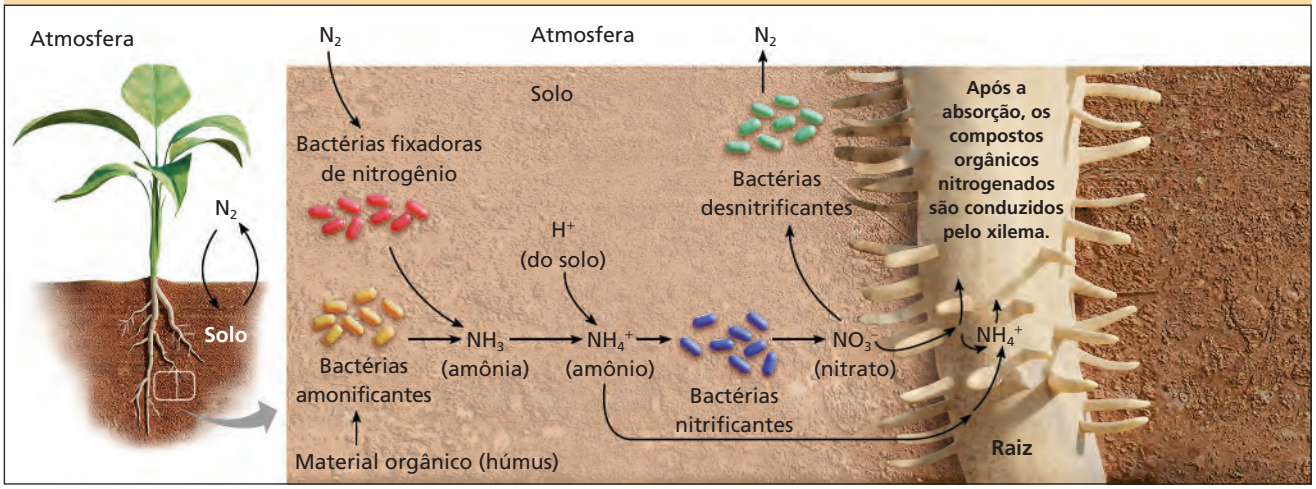
Uma vez no interior das plantas, amônio e nitrato são empregados na síntese de moléculas orgânicas nitrogenadas, que podem ficar disponíveis aos demais organismos ao longo da cadeia alimentar.

A decomposição realizada por bactérias e fungos libera amônia, que, com íons H^+ do solo, converte-se em amônio. Todo esse processo é chamado **amonificação**. O amônio pode então ser incorporado pelas plantas ou sofrer nitrificação.

O retorno do nitrogênio para a atmosfera sob a forma de gás ocorre por meio da **desnitrificação**, processo anaeróbio realizado por bactérias **desnitrificantes** a partir do nitrato, dando continuidade ao ciclo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Biofixação do nitrogênio e desnitrificação



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. NewYork: Pearson Education, 2020.

Representação simplificada da biofixação do nitrogênio molecular e da desnitrificação realizadas por bactérias do solo. (Imagem sem escala; cores-fantasia).

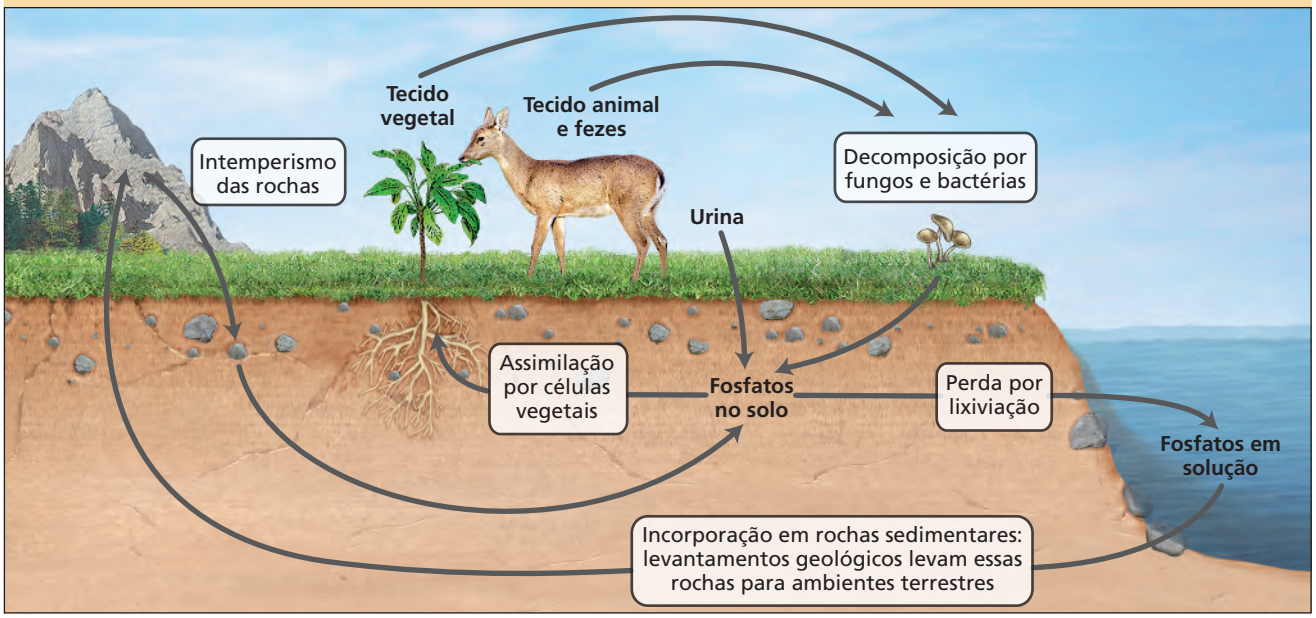
Ciclo do fósforo

O fósforo (P) é um elemento químico fundamental para os seres vivos, porque faz parte, por exemplo, dos ácidos nucleicos e de moléculas que atuam nas células como armazenadoras da energia (caso do ATP). Ele é muito reativo e é somente encontrado associado a outros elementos. Para os seres vivos, a forma utilizável é a do íon fosfato (PO_4^{3-}).

O principal reservatório do fósforo na natureza são as rochas. Por meio do intemperismo e da erosão, elas liberam gradualmente o fosfato, muito solúvel em água, que é carregado pelas chuvas para rios, lagos e mares. Outra parte fica nos solos e é absorvida por fotossintetizantes e empregada na síntese de moléculas que compõem o corpo desses organismos.

Uma vez incorporado ao corpo dos produtores, o fósforo é transferido aos consumidores por meio da cadeia alimentar. Por fim, ele retorna sob a forma de fosfato ao ambiente por meio da decomposição da matéria orgânica presente nos organismos mortos e nas fezes e urina dos animais.

Ciclo do fósforo



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação do ciclo do fósforo em ambiente terrestre. Esse ciclo também ocorre no ambiente aquático, porém com organismos distintos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Ciclo do potássio

O potássio (K) é um elemento presente na crosta terrestre e, assim como o fósforo, sua principal fonte são as rochas. Como o intemperismo é um processo bastante lento, os íons potássio (K^+) e fosfato retornam ao solo principalmente pelo processo de decomposição de organismos mortos e dejetos.

Quando livres no solo, os íons potássio podem ser absorvidos pelas plantas. Além disso, a agricultura costuma interferir no ciclo desse elemento, pois a adição de potássio acaba sendo necessária, principalmente nos solos tropicais, onde seu teor tende a ser naturalmente baixo. O potássio exerce diversas funções nas plantas, participando, por exemplo, da regulação osmótica e da ativação de enzimas que atuam na síntese de amido e do metabolismo do nitrogênio.

Práticas agrícolas

OBJETO DIGITAL Vídeo: Saberes tradicionais no manejo de plantas

Adubação dos solos e rotação de culturas

Na agricultura, existem várias práticas de adubação do solo e de rotação de culturas, que visam a resultados melhores nas colheitas.

A chamada **adubação química** é feita com fertilizantes sintéticos, de modo a fornecer os nutrientes inorgânicos de que as plantas necessitam, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (NPK). No entanto, o uso indiscriminado desses fertilizantes desregula os ciclos desses elementos nos ecossistemas, provocando prejuízos ao ambiente, como o aumento do teor de sais, que reduz a capacidade das plantas de absorver água. Além disso, os adubos sintéticos em excesso podem ser transportados pelas chuvas, atingindo lençóis freáticos, rios, lagos e mares e causando desequilíbrios em ecossistemas aquáticos.

A **adubação orgânica** reaproveita resíduos orgânicos que seriam descartados. Além de fornecer nutrientes minerais para as plantas, proporciona outras vantagens, como melhorias físicas e biológicas dos solos, redução da erosão e maior retenção de água. Exemplos de resíduos que podem ser empregados são o esterco, produtos da compostagem de restos vegetais, o lodo de esgoto devidamente tratado e rejeitos da indústria canavieira. A decomposição desses resíduos enriquece os solos com nutrientes minerais.

A **adubação verde** é feita com o uso de determinadas plantas formadoras de bacteriorrizas e/ou capazes de reciclar nutrientes inorgânicos das camadas mais inferiores dos solos e trazê-los para próximo da superfície. Destacam-se leguminosas (como o feijão-de-porco e as crotalárias), que são as mais utilizadas, e certas não leguminosas, como o sorgo e o milheto (do grupo das gramíneas), o girassol e o nabo-forrageiro.

Os adubos verdes podem ser cultivados com a cultura principal de forma alternada (**rotação de culturas**) ou simultânea (**plantação consorciada**). Há casos de rotação de culturas que utilizam apenas plantas de interesse comercial; é o caso da plantação alternada entre cana-de-açúcar e leguminosas, como a soja, o amendoim e o feijão.

Podem ser utilizados também os resíduos das plantas cultivadas como adubo verde. Esses resíduos podem ser incorporados ao solo, aumentando sua fertilidade, ou deixados sobre ele como cobertura, protegendo-o do aumento da temperatura, da erosão e da perda de umidade.

Uma das práticas sustentáveis de agricultura é o **plantio direto**, em que a terra não é revolvida previamente, evitando-se a erosão. Nesse caso, o plantio geralmente é associado ao sistema de rotação de culturas e à manutenção de cobertura do solo.

Fique por dentro

Adubação verde

MOREIRA, V. R. R. **Adubação verde**. Fichas agroecológicas – Fertilidade do solo e nutrição de plantas. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/1-adubacao-verde.pdf. Acesso em: 19 set. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADE COMENTADA

(Enem) De 15% a 20% da área de um canavial precisa ser renovada anualmente. Entre o período de corte e o de plantação de novas canas, os produtores estão optando por plantar leguminosas, pois elas fixam nitrogênio no solo, um adubo natural para a cana. Essa opção de rotação é agronomicamente favorável, de forma que municípios canavieiros são hoje grandes produtores de soja, amendoim e feijão.

Fonte: AS ENCRUZILHADAS da fome. **Planeta**, São Paulo, ano 36, n. 430, jul. 2008. (Adaptado.)

A rotação de culturas citada no texto pode beneficiar economicamente os produtores de cana porque:

a. a decomposição da cobertura morta dessas culturas resulta em economia na aquisição de adubos industrializados.

b. o plantio de cana-de-açúcar propicia um solo mais adequado para o cultivo posterior da soja, do amendoim e do feijão.

c. as leguminosas absorvem do solo elementos químicos diferentes dos absorvidos pela cana, restabelecendo o equilíbrio do solo.

d. a queima dos restos vegetais do cultivo da cana-de-açúcar transforma-se em cinzas, sendo reincorporadas ao solo, o que gera economia na aquisição de adubo.

e. a soja, o amendoim e o feijão, além de possibilitarem a incorporação ao solo de determinadas moléculas disponíveis na atmosfera, são grãos comercializados no mercado produtivo.

Analisar o enunciado

A questão trata da rotação de culturas feita entre o plantio de cana-de-açúcar e o de plantas leguminosas; estas últimas fixam nitrogênio no solo, formando adubo natural para a cana-de-açúcar. Além disso, o texto informa que, em municípios canavieiros, a rotação de culturas está associada à produção de soja, amendoim e feijão. Por fim, o enunciado solicita a identificação da razão econômica da opção pela rotação de culturas por parte dos produtores de cana-de-açúcar.

Selecionar as informações relevantes

Primeiramente, é preciso reconhecer a soja, o amendoim e o feijão como exemplos de plantas leguminosas, que, ao fixarem o nitrogênio atmosférico, enriquecem o solo. A partir disso, pode-se inferir o potencial de uso dessas três plantas na rotação de culturas com a cana-de-açúcar. Por fim, é possível depreender que, nos municípios canavieiros, apesar da relevância da produção de cana-de-açúcar, o plantio de soja, amendoim e feijão também tem importante valor de mercado, sugerindo que os produtores de cana-de-açúcar também são produtores dessas leguminosas. Logo, esses agricultores devem adotar a rotação de culturas entre a cana-de-açúcar e as leguminosas soja, amendoim e feijão.

Analisar as alternativas

a. Embora a decomposição da cobertura morta das culturas de leguminosas possa propiciar economia na aquisição de adubos industrializados, apenas isso não justificaria a escolha da soja, do amendoim e do feijão pelos produtores de cana-de-açúcar. De acordo com as informações do enunciado, há razões econômicas mais relevantes relacionadas a essa escolha.

b. Na verdade, o inverso da afirmação seria correto: o plantio da soja, do amendoim e do feijão propicia um solo mais adequado para o cultivo posterior da cana-de-açúcar.

c. As leguminosas absorvem do solo elementos similares aos absorvidos pela cana-de-açúcar (macronutrientes e micronutrientes), excetuando-se o fato de elas não precisarem absorver nitrogênio, uma vez que conseguem fixar o nitrogênio atmosférico por meio das bacteriorrizas. Com isso, as leguminosas também acabam enriquecendo o solo com esse elemento, tornando-o adequado ao cultivo de outras culturas, como o da cana-de-açúcar.

d. A rotação de culturas em questão envolve o enriquecimento do solo pelas leguminosas, e não pela cana-de-açúcar. Além disso, se fosse realizada a queima das plantas cultivadas, além de boa parte das cinzas geradas poder ser carregada pelo vento, não sendo incorporada ao solo, a medida ainda contribuiria com a liberação de gás carbônico na atmosfera, um importante gás de efeito estufa.

e. Além de mencionar a incorporação ao solo de moléculas disponíveis na atmosfera (no caso, moléculas de gás nitrogênio) pelas leguminosas em questão, esta alternativa aponta acertadamente a importância do cultivo delas para o mercado de grãos.

Verificar a alternativa correta

A alternativa **e** mostra-se alinhada ao texto do enunciado, pois expõe o benefício econômico duplo da opção pela rotação de culturas entre a cana-de-açúcar e as leguminosas soja, amendoim e feijão: o enriquecimento do solo com nitrogênio por parte das leguminosas, favorecendo o cultivo posterior da cana-de-açúcar, e a comercialização dos grãos produzidos pelas leguminosas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Hidroponia

Na hidroponia (do grego, *húdor* = água; *pónos* = = trabalho), as plantas são cultivadas sem solo, recebendo uma solução aerada e nutritiva que contém quantidades adequadas de água e nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento. A água também é reciclada no sistema, garantindo grande economia desse importante recurso natural; essa característica possibilita, inclusive, o cultivo em regiões áridas, onde a água é muito escassa.

Nessa técnica, as raízes das plantas podem ficar suspensas em meio líquido ou apoiadas em substrato inerte, como cascalho e areia. Como não se utiliza solo, onde pode haver fungos ou outros organismos potencialmente danosos às plantas, o uso de agrotóxicos é mínimo ou ausente, evitando os impactos que esses produtos poderiam causar ao ambiente. Além disso, o risco de contaminação do alimento por microrganismos causadores de doenças humanas é reduzido.

O cultivo hidropônico geralmente é feito em estufas, o que permite a produção durante todo o ano, sem sazonalidade. Isso é possível porque se estabelece um controle que impede ou atenua os efeitos dos fenômenos meteorológicos. Além disso, esse sistema permite que o cultivo seja realizado nos centros urbanos ou perto deles, reduzindo a distância até os pontos de venda e os custos com transporte.

As vantagens que exemplificamos evidenciam como a hidroponia é um tipo de prática agrícola que valoriza a sustentabilidade.

Agricultura familiar

Agricultura familiar é um modo de produção agrícola gerida pela família e cuja mão de obra compõe-se principalmente de membros desse grupo. O que também caracteriza essa modalidade produtiva é o tamanho da área ocupada, que não deve ser maior do que quatro módulos fiscais. Cada módulo fiscal representa uma unidade medida em hectares e cada região do país define esse valor: por exemplo, na região Sul, um módulo fiscal pode variar de 5 a 40 hectares; já na região Norte, de 50 a 100 hectares.



CADU DE CASTRO/PULSAR IMAGENS

Horta hidropônica de agricultura familiar. (Araraquara, SP, 2023.)

Segundo o Anuário Brasileiro da Agricultura Familiar (Abaf) de 2024, a agricultura familiar responde por cerca de 70% dos alimentos produzidos no país e é responsável pela economia de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes. Entre os produtos vegetais cultivados, destacam-se café, mandioca, banana, abacaxi, milho, cana-de-açúcar, arroz e diversas outras frutas e verduras.

Pessoas envolvidas com a agricultura familiar costumam ser pequenos produtores rurais, integrantes de povos e comunidades tradicionais – como indígenas, quilombolas, quebradeiras de coco, ribeirinhos e extrativistas – e assentados da reforma agrária.

De acordo com o Anuário, a participação de jovens entre 15 e 29 anos na agricultura familiar tem reduzido, ao passo que a da população com mais de 60 anos tem aumentado. Visando à permanência da juventude no campo, programas governamentais de incentivo têm sido implementados.

Fique por dentro

Visão de futuro do agro brasileiro

VISÃO de futuro do agro brasileiro. **Embrapa**, Brasília, DF, [2022]. Disponível em: https://www.embrapa.br/visao-de-futuro. Acesso em: 4 jul. 2024.

Plataforma da Embrapa, lançada em 2022 e atualizada regularmente, que disponibiliza contribuições para apoiar o planejamento de ações de Ciência, tecnologia e inovação (CT&I), relacionadas à sustentabilidade da agricultura. Ações sustentáveis de manejo agrícola visam, por exemplo, aumentar a produtividade agrícola sem ampliar o desmatamento.

Hormônios vegetais

O crescimento e o desenvolvimento das plantas são regulados por uma série de fatores genéticos, hormonais e ambientais que interagem, determinando respostas específicas. Durante esses processos, as plantas desenvolvem novos tecidos e órgãos que, por sua vez, propiciam a realização de novas funções, processo denominado **morfogênese** (do grego, *morfo* = forma; *gênesis* = origem) vegetal.

Os hormônios vegetais, ou **fitormônios**, assim como os hormônios animais, são substâncias que participam da regulação e coordenação do metabolismo, do crescimento e da morfogênese dos organismos, atuando em concentrações pequenas sobre tecidos e órgãos específicos. Ao contrário dos hormônios animais, no entanto, os fitormônios podem atuar tanto no tecido que os produziu quanto em tecidos para os quais são transportados.

Na tabela a seguir, é apresentada uma síntese dos principais fitormônios, seus locais de produção e principais efeitos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Principais fitormônios

Hormônios	Locais de síntese	Principais efeitos
Auxinas. A principal é o AIA (ácido indolacético).	Principalmente no meristema apical dos caules, em primórdios foliares, em folhas jovens e em sementes em desenvolvimento.	Dominância apical (inibição do desenvolvimento de novos ramos); alongamento celular, estimulando o crescimento e participando dos tropismos; inibição da abscisão (queda) de folhas e frutos; estimulação da síntese de etileno; indução do desenvolvimento de raízes adventícias (que se formam a partir do caule); estimulação da formação de frutos.
Citocininas. A mais comum é a zeatina.	Principalmente no ápice das raízes.	Estimulação da divisão celular; desenvolvimento de gemas laterais e de raízes; atraso da senescência (envelhecimento) foliar.
Etileno. Diferentemente dos demais fitormônios, é um gás.	Na maioria dos tecidos em resposta ao estresse, sobretudo em tecidos em processo de senescência ou amadurecimento.	Amadurecimento dos frutos; senescência de folhas e flores; abscisão de folhas e frutos.
Ácido abscísico (ABA). Apesar do nome, não se relaciona com a abscisão.	Nas folhas maduras e nas raízes, sobretudo em resposta ao estresse hídrico, e em sementes.	Fechamento dos estômatos; indução da síntese de proteínas nas sementes e do transporte de nutrientes produzidos nas folhas para as sementes; indução e manutenção da dormência em sementes e gemas de certas espécies.
Giberelinas.	Nos tecidos jovens do caule, nas sementes em desenvolvimento.	Estiolamento dos caules por estimulação da divisão e do alongamento celular (nesse efeito, ocorre grande crescimento em altura do caule em condições de baixa luminosidade); indução da germinação de sementes; estimulação da floração de certas plantas.

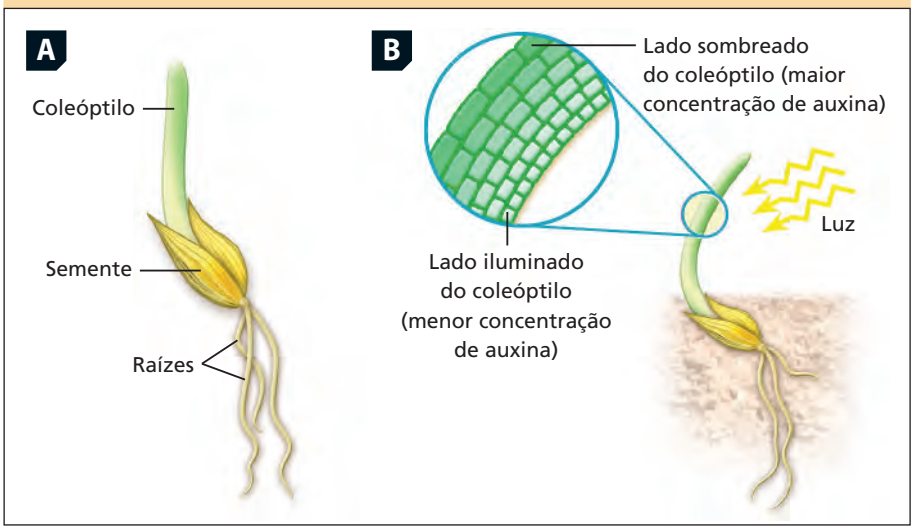
Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Auxinas e tropismos

Os **tropismos** são movimentos orientados por um estímulo e ocorrem em decorrência do crescimento de partes da planta. Os principais estímulos são a luz (**fototropismo**) e a gravidade (**gravitropismo**). O tropismo é designado positivo quando a planta cresce em direção ao estímulo e negativo quando cresce em direção oposta.

No fototropismo positivo do caule, a auxina produzida no ápice caulinar migra para as partes inferiores, estimulando o alongamento das células e o crescimento do caule em direção à fonte de luz. Se a luz é unidirecional, a auxina se acumula no lado não iluminado e as células desse lado alongam-se mais do que as células do lado iluminado, fazendo com que o caule se curve para a fonte de luz. A imagem a seguir ilustra a ação da auxina em coleóptilos de aveia. O coleóptilo é a primeira parte do corpo das gramíneas a emergir do solo durante a germinação da semente, sendo uma estrutura que protege o ápice caulinar.

Fototropismo



ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: URRY, L. A. *et al.* **Campbell Biology**. 12. ed. New York: Pearson Education, 2020.

Em **(A)**, representação de plântula de aveia (*Avena sativa*) com quatro dias. Em **(B)**, representação do fototropismo em uma plântula de aveia. O detalhe mostra o efeito da concentração de auxina no alongamento celular: quanto maior é a concentração desse fitormônio, maior é o alongamento celular. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No gravitropismo, experimentos demonstraram que, em plantas colocadas em posição horizontal, as raízes curvam-se para baixo (gravitropismo positivo) e o caule, para cima (gravitropismo negativo). Esses movimentos se devem à ação da auxina, que passa a se concentrar mais nas regiões voltadas para baixo, tanto no caule quanto na raiz. Uma mesma concentração de auxina, no entanto, tem efeitos diferentes nesses órgãos: na raiz, o aumento da concentração na parte inferior inibe o alongamento celular, ao contrário do que ocorre no caule, em que o alongamento celular é estimulado. Assim, a raiz se curva a favor da força da gravidade, e o caule, contra ela.

Fitormônios nas práticas agrícolas

Para aumentar o desenvolvimento de novos ramos e a produção de frutos, é comum realizar a poda das plantas removendo-se as gemas apicais, de modo a impedir a dominância apical das auxinas.

O AIA é produzido naturalmente pelas sementes, estimulando a distensão das células da parede do ovário da flor e contribuindo para a formação do fruto. Existem plantas, porém, que têm elevada concentração de auxinas nos ovários, fazendo com que gerem frutos naturalmente sem formação de sementes. Esses frutos são denominados **partenocárpicos**, como é o caso da banana e da laranja-baía. Na agricultura, é possível produzir frutos desse tipo aplicando-se auxinas sintéticas nas flores.

Auxinas sintéticas também têm sido usadas na propagação vegetativa de plantas de interesse econômico por meio da estimulação da produção de raízes adventícias, facilitando o plantio. Outras dessas auxinas, como o 2,4-D (2,4-diclorofenoxiacético), ao serem aplicadas em concentrações elevadas sobre plantações, atuam como herbicidas. Em razão disso, têm sido empregadas em plantações de cereais para evitar o desenvolvimento de espécies competidoras que possam interferir na produtividade.

Citocininas sintéticas têm sido aplicadas sobre verduras de interesse econômico, visando aumentar seu tempo de armazenamento, ao passo que giberelinas sintéticas têm sido utilizadas na produção de alimentos ao induzir a germinação de sementes e o crescimento de frutos. Já o ácido abscísico sintético tem sido empregado para impedir o brotamento de gemas em tubérculos de batata, possibilitando que sejam estocados por período maior.

Frutos bem maduros ou podres liberam muito etileno, o que estimula o amadurecimento mais rápido de frutos verdes ou o apodrecimento acelerado de frutos maduros. Para retardar esse processo, costuma-se manter os frutos em baixas temperaturas e em recipientes com elevadas concentrações de gás carbônico, pois são fatores que inibem a síntese de etileno.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre

Registre em seu caderno

6. (Enem) O nitrogênio é essencial para a vida e o maior reservatório global desse elemento, na forma de N_2, é a atmosfera. Os principais responsáveis por sua incorporação na matéria orgânica são microrganismos fixadores de N_2, que ocorrem de forma livre ou simbiontes com plantas.

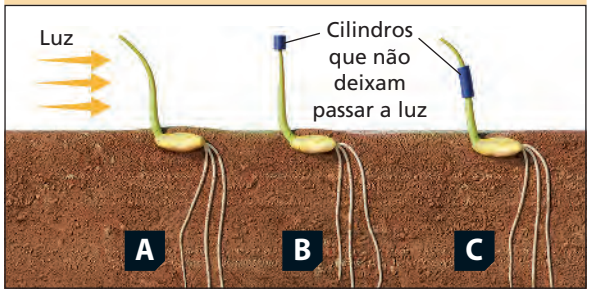
ADUAN, R. E. *et al*. **Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta**. Planaltina: Embrapa, 2004. (Adaptado.)

Animais garantem suas necessidades metabólicas desse elemento pela: 6. Alternativa **d**.

- **a.** absorção do gás nitrogênio pela respiração.
- **b.** ingestão de moléculas de carboidratos vegetais.
- **c.** incorporação de nitritos dissolvidos na água consumida.
- **d.** transferência da matéria orgânica pelas cadeias tróficas.
- **e.** protocooperação com microrganismos fixadores de nitrogênio.

7. No final do século XIX, quando os fitormônios ainda não eram conhecidos, Charles Darwin e seu filho Francis Darwin (1848-1925) realizaram experimentos visando entender a resposta das plantas à luz. Usando uma fonte de luz direcionada para um dos lados de coleóptilos, eles analisaram o que acontecia quando: **A.** os coleóptilos eram mantidos intactos; **B.** os ápices eram protegidos por um cilindro opaco; e **C.** um cilindro opaco era colocado na base dos coleóptilos.

Experimentos de Charles e Francis Darwin



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação dos experimentos de Charles e Francis Darwin. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

- **a.** Qual das montagens pode ser considerada o controle do experimento? Justifique sua resposta.
- **b.** Descreva os resultados obtidos e diga qual conclusão puderam tirar deles, considerando os conhecimentos da época.
- **c.** Em 1926, o fisiologista vegetal holandês Fritz W. Went (1903-1990) conseguiu isolar e nomear a substância que, produzida no ápice, migra para as partes inferiores do caule e se relaciona com o fototropismo positivo desse órgão. Qual é essa substância e como ela atua?

Registre em seu caderno

EM FOCO A Guerra do Vietnã e os herbicidas

Relatórios de órgãos governamentais dos Estados Unidos estimam que cerca de 80 milhões de litros de herbicidas tenham sido utilizados pelos Estados Unidos como arma química durante a Guerra do Vietnã (1961-1971). Desse montante, cerca de 60% eram do chamado agente laranja, que continha auxinas em sua composição.

Os herbicidas utilizados foram desenvolvidos em laboratório com base na atuação de fitormônios na abscisão foliar. Eles eram lançados por aviões estadunidenses sobre extensas áreas do Vietnã, provocando inicialmente a queda das folhas e, depois, a morte de muitas plantas florestais e agrícolas. O objetivo era impedir que os vietnamitas combatentes usassem a mata como esconderijo e prejudicar a produção agrícola, afetando a alimentação da população.



DICK SWANSON/GETTY IMAGES

Avião estadunidense pulverizando agente laranja durante a Guerra do Vietnã. (Vietnã, 1970.)

O agente laranja apresentava duas principais substâncias sintéticas em sua composição: as auxinas 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) e 2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético). A primeira é muito empregada como herbicida, matando ervas daninhas de folhas largas; já a 2,4,5-T pode vir acompanhada da dioxina TCDD, um potente agente tóxico, cancerígeno e teratogênico (isto é, capaz de provocar malformações) e que permanece por muito tempo no meio. A TCDD é um contaminante formado durante a produção industrial da auxina 2,4,5-T e que se mantém misturado ao herbicida caso este não seja devidamente purificado antes do uso. No agente laranja, o herbicida 2,4,5-T continha diferentes níveis de contaminação de TCDD e a atuação conjunta dos dois componentes provocou não só a queda das folhas, mas também tumores nas plantas.



CALL ME MAYBE/SHUTTERSTOCK

Exibição de fotos de vítimas do agente laranja no Museu dos Vestígios de Guerra, em Ho Chi Minh, no Vietnã. Foto de 2017.

Além dos efeitos imediatos na vegetação, o agente laranja causou muitos danos de longo prazo. Como a dioxina é hidrofóbica, ela não se dissolve em água, de modo que seu acúmulo na superfície de folhas e galhos era lavado pelas chuvas, espalhando-a no ambiente. Nesse contexto, estima-se que milhões de vietnamitas tenham sido expostos ao agente laranja.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

Os efeitos da dioxina no corpo humano vão além do potencial cancerígeno, pois podem incluir doenças cardíacas e dermatológicas e transtornos neurológicos. A descendência dos vietnamitas, inclusive, foi gravemente impactada, pois muitos filhos e netos de indivíduos expostos ao agente laranja nasceram com problemas congênitos de saúde.

Os impactos ambientais e humanos causados pelo agente laranja foram extensos, perdurando por décadas após o fim da guerra, e até hoje não foram totalmente mensurados. O desfolhante causou a perda de *habitat* e a devastação de grandes extensões florestais e agrícolas, levando à desertificação de muitas áreas. Além do solo, rios e lagos foram contaminados, assim como águas subterrâneas, e a mortalidade de peixes, aves e vegetais foi imensa, com risco de extinção de espécies endêmicas.

Esse exemplo evidencia como o conhecimento científico foi usado contra a humanidade ao longo da história, e isso deve ser sempre lembrado para que posturas similares não se repitam. Em 1972, diversos países criaram a Convenção sobre Armas Biológicas e, em 1993, a Convenção sobre Armas Químicas, com o objetivo principal de impedir a fabricação, a aquisição, o transporte, o armazenamento e a utilização de armas químicas e biológicas, mesmo em conflitos armados entre nações em guerra. Em 1997, criou-se a Organização para a Proibição das Armas Químicas (Opaq), em colaboração com a Organização das Nações Unidas (ONU), como forma de colocar em prática os objetivos das convenções. Atualmente, o Brasil é signatário dessas convenções.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



YURIKO NAKAO/GETTY IMAGES

Sede da Organização para a Proibição das Armas Químicas (Opaq), localizada em Haia, Holanda. A organização é responsável por investigar crimes de bioterrorismo e armamento químico, a fim de promover cooperação internacional para o uso pacífico de produtos químicos. Foto de 2020.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Em grupo, analisem a seguinte afirmativa:

> "É sempre necessário desenvolver posturas éticas diante da produção e aplicação do conhecimento científico, e a espécie humana deve constantemente refletir sobre os limites que devem ser impostos à sua capacidade de manipular os diversos aspectos da vida."

Redijam um argumento que relacione essa afirmativa com o que foi abordado no texto.

2. Em uma roda de conversa com todos os colegas da turma, compartilhem o argumento do grupo e atentem para os argumentos dos demais. Em seguida, promovam uma discussão que avance sobre os seguintes pontos:

a. Qual é a importância de posturas éticas no exercício da cidadania? Como eles se relacionam com o conhecimento científico e com a produção de tecnologia com base nesse conhecimento?

b. Citem exemplos que ilustrem o bom e o mau uso do conhecimento científico-tecnológico ao longo da história. O que eles nos permitem aprender sobre nossas funções sociais? Com base nesses exemplos, o que podemos idealizar e planejar pensando no uso da Ciência e da tecnologia para o bem-estar das gerações presentes e futuras?

c. Como informar as pessoas do papel da Ciência na sociedade? Como fiscalizar o cumprimento ético desse papel?

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

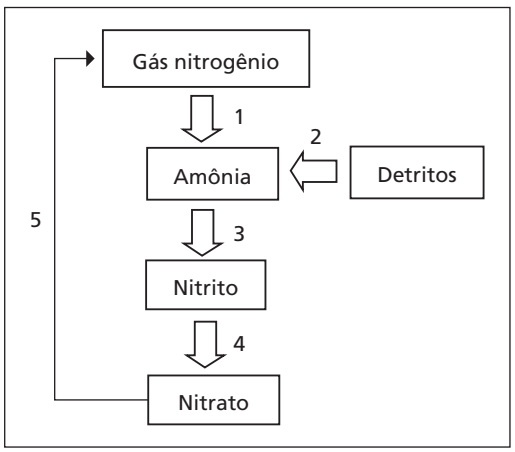
Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. (Enem) Barbatimão é o nome popular de uma árvore cuja casca é utilizada para fins medicinais. Essa casca é constituída principalmente de dois tecidos vegetais: periderme e floema. A extração da casca tem levado à morte muitos indivíduos dessa espécie, quando o corte retira um anel completo ao longo da circunferência do tronco. Aqueles que têm parte da casca retirada sem completar essa circunferência podem sobreviver.
A morte desses indivíduos, decorrente da retirada do anel completo da casca, é provocada pela interrupção da:

a. fotossíntese.
b. transpiração.
c. troca de gases.
d. formação de brotos.
e. nutrição das raízes.

1. Alternativa **e**.

2. (Enem) O ciclo do nitrogênio é composto por várias etapas, conforme a figura, sendo cada uma desempenhada por um grupo específico de microrganismos.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Se o grupo dos microrganismos decompositores fosse exterminado, qual etapa não ocorreria? 2. Alternativa **b**.

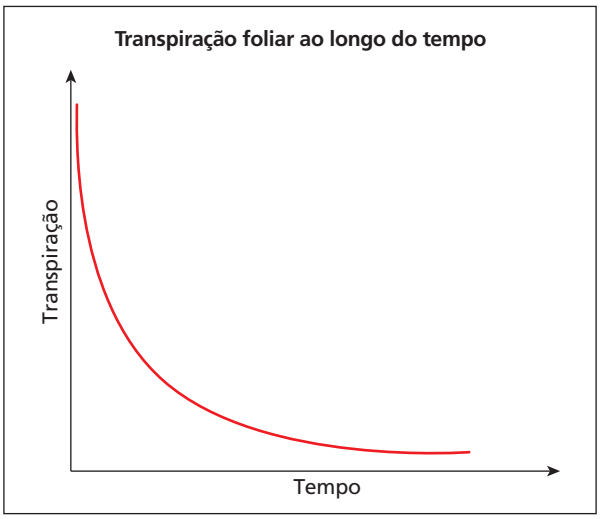
a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 5

3. Um agricultor precisa tomar algumas medidas para adequar seus produtos às seguintes necessidades:

I. amadurecer mais rápido os frutos;
II. evitar o envelhecimento de folhas de alface;
III. induzir a germinação de sementes;
IV. impedir o brotamento de gemas em batatas-inglesas.

Para cada caso, quais fitormônios sintéticos ele pode usar?

4. Em um experimento controlado, foram retiradas folhas de uma planta que estava em condições adequadas de suprimento de água. Essas folhas foram pesadas imediatamente em uma balança de precisão. Depois, de tempos em tempos, em intervalos iguais, essas folhas foram repetidamente pesadas. Com base nos dados, foi avaliada a variação na intensidade de transpiração ao longo do tempo, representada na curva do gráfico.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

- Com base no gráfico e no que foi estudado no capítulo a respeito dos movimentos estomáticos, explique a forma da curva obtida.

5. Duas folhas de salsão foram cortadas. Uma delas foi colocada em copo com água sem corante e a outra, em copo com água com corante vermelho de uso culinário. Essa montagem foi mantida por determinado período sob intensidade de luz e temperatura constantes. Em seguida, as folhas foram retiradas e suas porções basais foram cortadas, como mostra a fotografia a seguir. Analise a região dos cortes realizados e faça o que se pede.



MARTIN LEIGH/OXFORD SCIENTIFIC RM/GETTY IMAGES

Folhas de salsão submetidas a soluções com e sem corante.

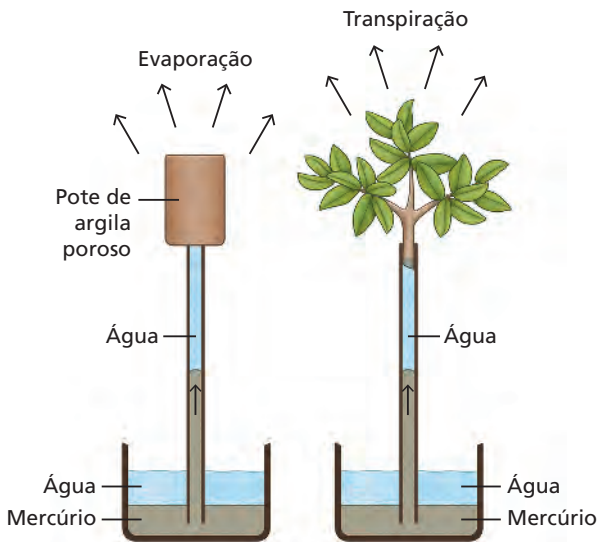
a. Qual é a importância de se colocar corante na água nesse experimento?
b. A que correspondem os pontos vermelhos que aparecem no pecíolo (talo) do salsão mantido na água com corante vermelho? Por que esses pontos não aparecem na outra folha de salsão?
c. Explique como ocorreu o processo de absorção de água nos pecíolos do salsão.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. No experimento esquematizado a seguir, é feita uma comparação entre um sistema físico e um biológico. No sistema físico, coloca-se um pote de argila poroso, rico em água, na extremidade superior de um longo e fino tubo de vidro preenchido com água. A extremidade livre desse tubo é colocada em contato com mercúrio em uma cuba. No sistema biológico, é feita a mesma montagem, só que o pote de argila é substituído por uma planta. Ao comparar os dois sistemas, nota-se que o comportamento de subida da água nos dois tubos é o mesmo. Explique esse fenômeno nos dois casos.

LUCA NAVARRO/ ARQUIVO DA EDITORA

Experimento com sistemas físico e biológico



Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven**: Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

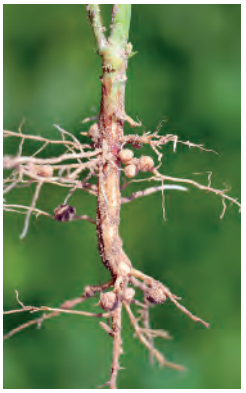
Representação de montagem experimental que visa comparar a subida da água entre um sistema físico e um biológico. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

7. A imagem mostra o sistema radicular de uma planta de soja. Analise-a e responda.

a. Considerando que a soja é uma leguminosa, a que correspondem as estruturas esféricas presentes em suas raízes?

b. Qual é a importância dessas estruturas para a planta?

c. Em qual ciclo biogeoquímico essas estruturas exercem um papel crucial? Por quê?

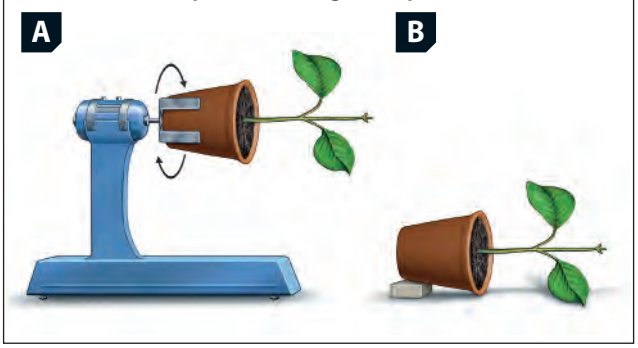


TOMASZ KLEJDYSZ/SHUTTERSTOCK

Raiz de uma planta de soja (*Glycine max*). Os nódulos podem atingir 6 mm de diâmetro.

8. Na montagem experimental representada a seguir, dois vasos com um mesmo tipo de planta, sob as mesmas condições de luz, temperatura e teor de umidade do solo e do ar, foram colocados em posição horizontal, mas um deles foi acoplado a um disco que ficou girando. Quais são os resultados esperados em relação ao gravitropismo do caule e da raiz em cada um dos vasos? Explique.

Experimento de gravitropismo



LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação do experimento de crescimento de plantas mantidas na horizontal. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reflita sobre seu aprendizado!

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com esta unidade foi finalizado, é o momento de você refletir sobre seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, analise e responda às questões a seguir.

- Retome as questões da seção **Pense nisso!** na abertura desta unidade e avalie se concorda com suas respostas anteriores depois das discussões realizadas ao longo do estudo dos capítulos. Reescreva-as, se for necessário.
- O que você aprendeu acerca dos assuntos abordados nesta unidade?
- Quais assuntos/atividades geraram mais dificuldades para sua aprendizagem? Como você as superou?
- Reveja os pontos que deixaram dúvidas e que não foram bem compreendidos. Converse sobre eles com os colegas e o professor a fim de planejarem outras possíveis estratégias de estudo.
- O que mais você gostaria de saber sobre os conteúdos abordados nesta unidade?

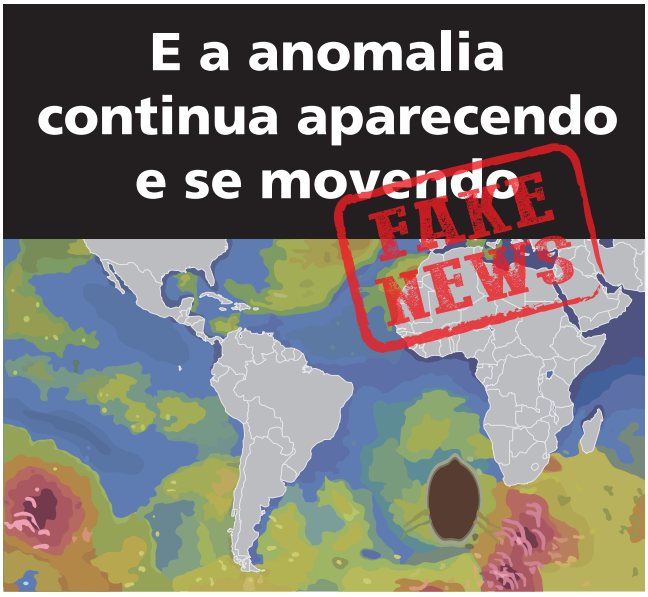
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Desinformação em meio a desastres socioambientais

Desastres socioambientais geralmente são provocados por uma confluência de fatores, como desenvolvimento econômico não sustentável, desigualdade social, falta de planejamento urbano e mudanças climáticas. Em meio a essa complexidade, a criação e disseminação de conteúdo desinformativo prejudicam as ações de gestão do desastre e atendimento às vítimas. A seguir, são apresentados dois exemplos relativos às enchentes que ocorreram no Rio Grande do Sul (RS) em 2024.

LUIZ RUBIO/ARQUIVO DA EDITORA



Reprodução ilustrativa de trecho de vídeo que circulou pelas redes sociais disseminando desinformação sobre a causa da tragédia no RS em 2024.

É #FAKE que anomalia no Atlântico causou enchentes no Rio Grande do Sul

[...] Circula nas redes sociais um vídeo com mais de um milhão de visualizações que tenta vincular a tragédia provocada pelas fortes chuvas no Rio Grande do Sul a uma anomalia no Atlântico, com ondas gigantes no mar na costa da África. É #FAKE.

A suposta anomalia foi publicada em abril pelo aplicativo meteorológico Ventusky, administrado pela empresa tcheca InMeteo, após um erro de modelo numérico da plataforma.

"A anomalia apresentada no vídeo não existiu. As fortes chuvas contínuas no Rio Grande do Sul são derivadas de um prolongado bloqueio atmosférico no Brasil que vem favorecendo a massa de ar quente e seca na parte central do país", diz a meteorologista Andrea Ramos, do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

A informação de que o evento climático nunca existiu foi publicada nas redes sociais da Ventusky e confirmada por um porta-voz da empresa. [...]

Fonte: AZEVEDO, L. F. É #FAKE que anomalia no Atlântico causou enchentes no Rio Grande do Sul. **O Globo**, Fato ou Fake, 11 maio 2024. Disponível em: https://g1.globo.com/fato-ou-fake/noticia/2024/05/11/e-fake-que-anomalia-no-atlantico-causou-enchentes-no-rio-grande-do-sul.ghtml. Acesso em: 18 set. 2024.

É #FAKE que a Receita Federal apreendeu aviões com doações para o RS

[...] Circula nas redes sociais um vídeo em que uma pessoa afirma que a Receita Federal apreendeu dois aviões que transportavam doações para as vítimas dos temporais que atingem o Rio Grande do Sul desde o mês passado. As informações, contudo, são #FAKE.

A Receita Federal emitiu uma nota a respeito dessa e de outras publicações em que o órgão é citado com notícias falsas. O órgão afirmou que "são absolutamente infundadas e inverídicas tais afirmações" e que a instituição, inclusive, "editou normativo para facilitar doações internacionais [...]".

"A instituição tem realizado destinação de toneladas de mercadorias [...]. Aeronaves da Receita Federal estão no RS para ajudar a população atingida no apoio logístico e resgates às vítimas", diz a Receita, em nota. [...]

Fonte: FERREIRA, L. É #FAKE que a Receita Federal apreendeu aviões com doações para o RS. **O Globo**, Fato ou Fake, 22 maio 2024. Disponível em: https://g1.globo.com/fato-ou-fake/noticia/2024/05/22/e-fake-que-a-receita-federal-apreendeu-avioes-com-doacoes-para-o-rs.ghtml. Acesso em: 18 set. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os conteúdos de que tratam as matérias foram checados pelo Fato ou *Fake*, serviço de verificação de fatos do Grupo Globo, que analisa conteúdos duvidosos nas redes sociais e em aplicativos de mensagens instantâneas. Com base nesses exemplos, reúna-se com os colegas para refletir sobre as seguintes questões e organize as ideias principais em notas autoadesivas na parede da sala de aula ou em alguma plataforma digital.

1. Como as desinformações tratadas puderam impactar a gestão do desastre socioambiental no RS e a ajuda humanitária?
2. O que é desinformação? Quais são seus tipos? Em que canais de comunicação costumam circular mais e por quê?
3. Quais são as motivações e os objetivos da criação e disseminação de conteúdos falsos? E por que eventos de desastre ambiental costumam ser alvo de desinformação?
4. Como identificar que um conteúdo é desinformativo?
5. Como atuam as instituições que fazem checagem de informação? Dê outros exemplos dessas entidades.

Ampliação de repertório

Pesquisem mais exemplos de desinformação que impactaram a compreensão e a gestão de desastres ambientais, assim como a ajuda às populações afetadas (não se restrinjam ao evento ocorrido no RS em 2024). Aprofundem-se também na definição de conceitos como "desinformação" e "*fake news*" e entendam como esse tipo de conteúdo é produzido, como ele prejudica a vida em sociedade e as formas de identificá-lo e combatê-lo. Informem-se ainda sobre como funciona o trabalho de checagem realizado por instituições oficiais e profissionais especializados.

Depois, procurem conversar com pessoas da comunidade escolar para saber como eles verificam as informações que recebem em seus aplicativos de mensagem. Para complementar, procurem pesquisas sobre o comportamento humano diante da desinformação, bem como a forma e a intensidade com que os serviços oficiais de checagem são consultados. Por fim, façam um levantamento de dicas essenciais para reconhecer conteúdos falsos.

Produção de conteúdo

Produzam uma cartilha sobre checagem de conteúdo focado em desastres socioambientais. Para isso, informem a definição e os tipos de desinformação, os tópicos e critérios que podem ser adotados no processo de identificação de conteúdo falso e a importância social da tarefa de checagem. Definam o público-alvo desse material educativo e, com base nele, adéquem a linguagem e os recursos visuais adotados.

Autoavaliação

Esse espaço é destinado para reconhecer seus pontos fortes e oportunidades de melhoria em seu processo de aprendizagem. Anote em seu caderno o nível de desempenho para cada critério listado a seguir. Combine previamente com o professor o que é esperado para os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente. Seguem os critérios adotados para essa proposta:

- Aplicar técnicas de pesquisa para avaliar, nas mídias utilizadas, a confiabilidade dos diversos tipos de conteúdo apresentados.
- Reunir e resumir com responsabilidade conteúdo sobre tragédias ambientais obtido na mídia.
- Analisar de forma crítica conteúdos noticiosos sobre desastres socioambientais.
- Criar cartilha com escrita clara, domínio técnico, criatividade e adequação ao público-alvo, de forma ética e responsável.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

UNIDADE 4

TRANSFORMAÇÕES E MOVIMENTOS



ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS

Turistas descendo o rio Araguaia com bote inflável (Baliza, GO, 2021).

O tema desta unidade também é trabalhado nos volumes de Física e de Química desta coleção.

Atividades ao ar livre em locais com turismo ecológico ganham importância no mundo atual, tanto para a preservação do planeta Terra quanto para a promoção da saúde e do bem-estar humanos.

Nesta unidade, ao estudarmos as transformações que ocorrem na natureza e os movimentos realizados pelo corpo humano, adentramos a complexa teia da vida em diferentes níveis de organização biológica, as complexas interações entre os organismos e o ambiente, onde a matéria circula e a energia flui, mantendo o equilíbrio na natureza. Esse equilíbrio, entretanto, tem sido perturbado pela atividade humana, gerando impactos socioambientais e acelerando a elevação da temperatura do planeta, o que contribui para o aquecimento global e suas graves consequências para o ambiente e para os seres humanos.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

Pense nisso!

1. No ambiente da imagem, de que maneira as plantas e os animais que devem existir interagem entre si? Como eles obtêm energia?
2. De que maneira o aquecimento global pode impactar ecossistemas como o mostrado na imagem?
3. Quais são os cuidados que devemos ter quando realizamos uma atividade ao ar livre?
4. Como realizamos os diferentes movimentos corporais e que mudanças podem ser sentidas no corpo durante a atividade física? Quais são os benefícios da atividade física?

Capítulo 13

Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria



RIXIPIX/ISTOCK/GETTY IMAGES

Grifo-africano (*Gyps africanus*) e hiena-malhada (*Crocuta crocuta*) se alimentando da carcaça de uma zebra (*Equus zebra*) na savana africana (Masai Mara, Quênia, 2024). O grifo-africano é um abutre que têm cerca de 1 m de comprimento, enquanto as fêmeas da hiena-malhada medem até 1,7 m de comprimento.

A imagem desta abertura retrata abutres e uma hiena devorando a carcaça de uma zebra na savana africana. Fica evidente que o fim de uma vida significa também a manutenção ou o recomeço de outras. Foi consumindo plantas, como as retratadas nessa pastagem, que essa zebra se desenvolveu. Agora, já sem vida, é parte do estoque de matéria que vai sustentar os animais aí retratados e uma enorme variedade de outros organismos envolvidos nas cadeias alimentares do ecossistema local. E então, no fim, sobrarão os nutrientes – as "cinzas" – que vão nutrir as plantas que, por sua vez, poderão servir de alimento a outras zebras. Assim funcionam os ecossistemas: a matéria é constantemente reciclada no ambiente enquanto flui a energia que mantém a vida no planeta em que vivemos. E os seres vivos são os agentes desse processo.

Inicialmente, neste capítulo, apresentaremos um modelo da estrutura atual da Terra para que você possa entender, com base nas evidências mais recentes, como é constituído o planeta em que vivemos e onde os seres vivos são encontrados nele – a biosfera. Em Ecologia, a biosfera é o nível de organização mais elevado, em que podemos reconhecer os diversos biomas e seus ecossistemas componentes.

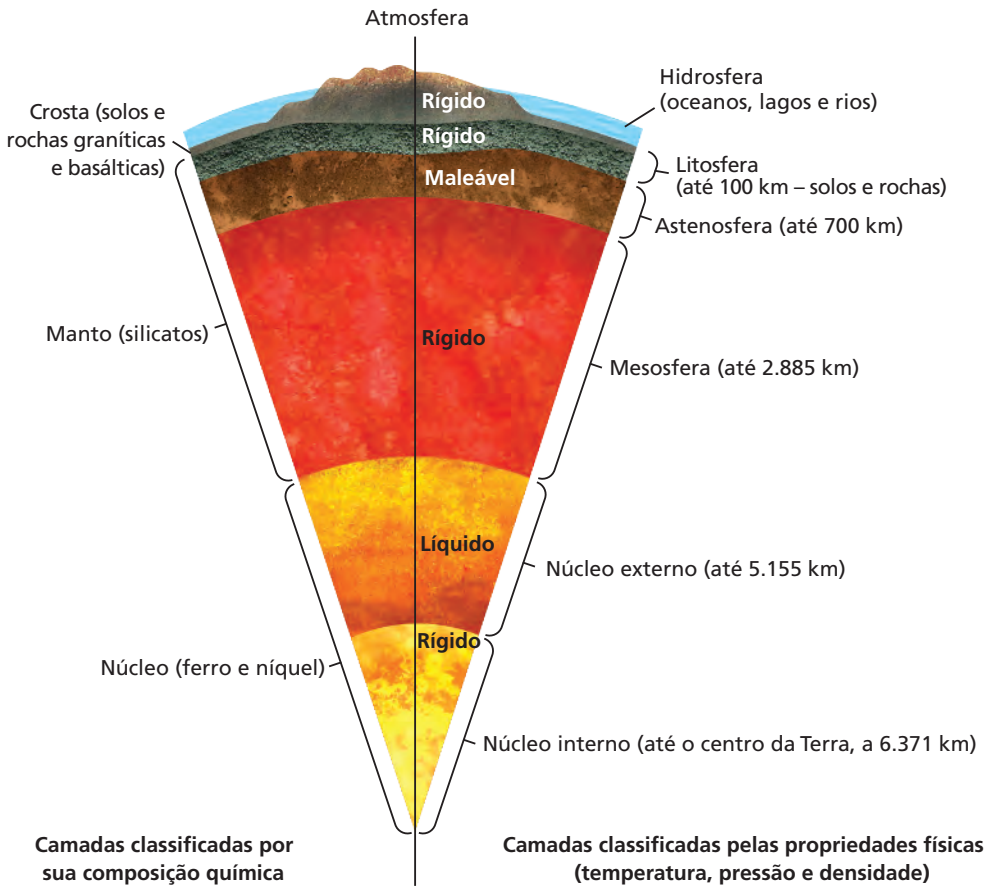
Depois de apresentarmos o que é biosfera e ecossistema, estudaremos os componentes dos ecossistemas, as interações alimentares que ocorrem entre os organismos que os compõem e como ocorrem o fluxo de energia e a ciclagem da matéria.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O planeta Terra e a biosfera

O interior do planeta Terra não é uma esfera homogênea. Há uma diferenciação em camadas quanto à composição, à densidade, à temperatura e à pressão.

Estrutura da Terra



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

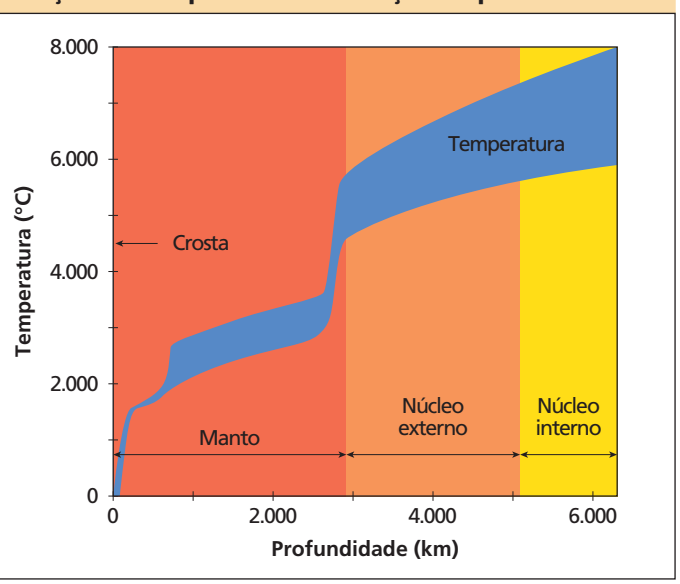
Fonte: TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2007.

Representação esquemática da estrutura interna da Terra. Os limites de cada camada, referidos em quilômetros (km) abaixo do nível do mar, podem variar de acordo com a fonte. A astenosfera e a parte inferior da litosfera costumam ser designadas como manto superior. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A temperatura (veja gráfico a seguir) e a pressão aumentam muito com a profundidade.

Variação da temperatura em função da profundidade



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2007.

Temperatura (em graus Celsius – °C) das diferentes camadas internas do planeta: crosta (mais superficial), manto, núcleo externo e núcleo interno (mais profundo). Na escala do gráfico, a crosta estaria representada bem junto ao eixo vertical.

A temperatura vai variando do centro da Terra no núcleo interno até o nível do mar. A faixa azul representa a incerteza das estimativas de temperatura em cada profundidade. O núcleo interno, apesar de ser de ferro extremamente quente, bem acima do ponto de fusão, apresenta-se sólido em razão da imensa pressão. No núcleo externo, embora a temperatura seja mais baixa que no núcleo interno, a pressão menor permite que o material esteja na fase líquida. Entre o núcleo externo e o manto há grande redução de temperatura, que se mantém em queda até a crosta.

A **litosfera** (rígida) é formada pela camada mais superficial do manto em conjunto com a crosta terrestre, que é onde vivemos. Ela é formada por placas litosféricas que flutuam sobre a astenosfera, a qual, por ter determinada maleabilidade, permite que as placas se movimentem. É por causa dessa movimentação de placas que a geografia do planeta se alterou muito e ainda se altera em tempo geológico, que costuma ser medido em milhões ou bilhões de anos, desde a formação do planeta.

As bacias ou partes baixas da crosta terrestre acomodam os oceanos, que, com os rios, lagos, depósitos subterrâneos de água e gelos polares (às vezes, referidos como criosfera), constituem a **hidrosfera**.

Acima das demais, vem a camada menos densa de todas, formada por gases, que constitui a **atmosfera**.

Na Terra, a vida se distribui pelos ecossistemas presentes na parte superior da litosfera, na maior parte da hidrosfera e na atmosfera até cerca de 7.000 metros de altitude.

A **biosfera** é o conjunto desses ecossistemas. De modo mais simplificado, podemos dizer que a biosfera é a região do planeta onde há seres vivos.

A teoria de Gaia

Em 1916, o geólogo estadunidense Thomas Chrowder Chamberlin (1843-1928) explicou a importância da interação dos seres vivos com o ambiente afirmando que a Terra não é um planeta morto, mas um organismo vivo e ativo.

Posteriormente, em 1979, o cientista britânico James E. Lovelock (1919-2022) publicou o livro *Gaia: a new look at life on Earth* (*Gaia: um novo olhar sobre a vida na Terra*), em que formula a teoria de Gaia, nome escolhido com base na mitologia grega, pois Gaia era a deusa da Terra, mãe de todos os seres vivos. As formulações iniciais, como a de que a Terra seria um organismo vivo, foram ao longo do tempo modificadas pelo próprio Lovelock, a ponto de gradualmente alçar o que foi considerado pseudociência por alguns ao nível atual de teoria. Essa teoria da Ecologia, também denominada teoria biogeoquímica, propõe que os seres vivos e os componentes físicos da Terra (atmosfera, hidrosfera e litosfera) constituem um sistema complexo de interações que fazem as condições climáticas e biogeoquímicas do planeta serem como são. Os ciclos biogeoquímicos que serão abordados mais adiante neste capítulo são exemplos dessa trama de interações.

Muitos estudos mostram que a composição de gases da atmosfera terrestre depende diretamente dos seres vivos, visto que o alto teor de gás oxigênio (O_2) e o baixo teor de gás carbônico (CO_2) só são mantidos pela fotossíntese; portanto, a manutenção da maioria das formas de vida que existem hoje na Terra não seria possível sem a atuação dos organismos fotossintetizantes.

Composição da atmosfera da Terra atual e se não houvesse vida

Componentes	Terra atual	Terra sem vida
CO_2 e outros gases	1% (0,04% CO_2 e 0,96% outros)	98%
N_2	78%	1,9%
O_2	21%	Traços

Fonte: elaborado com base em STEAMY Relationships: How Atmospheric Water Vapor Amplifies Earth's Greenhouse Effect. **NASA**, Washington, DC, 8 fev. 2022. Disponível em: https://science.nasa.gov/earth/climate-change/steamy-relationships-how-atmospheric-water-vapor-amplifies-earths-greenhouse-effect/. Acesso em: 10 out. 2024.

Comparação entre o teor atual de alguns componentes da atmosfera terrestre e a provável composição caso não houvesse vida no planeta.

Segundo a teoria de Gaia, a atmosfera terrestre não desenvolveu a capacidade de sustentar a vida apenas pela interação de forças físicas, surgidas ao acaso, mas para depois a vida evoluir adaptando-se a condições ambientais preexistentes e imutáveis. O que teria ocorrido, de acordo com essa teoria, é que a própria vida interferiu na composição da atmosfera, mantendo-a em equilíbrio compatível com a sobrevivência dos organismos.

Inicialmente, essa teoria causou grande impacto nos meios científicos, tendo recebido severas críticas de alguns e apoio de outros. Apesar das discussões calorosas que geralmente ocorrem nos debates relacionados a essa teoria, ela carrega uma mensagem muito importante: a Terra deve ser vista como um sistema, em que os seres vivos e o ambiente estão inter-relacionados e são inseparáveis. A conservação da vida é também a conservação do planeta físico, e vice-versa.

Ecossistemas: definição e componentes estruturais

Ecossistemas são espaços onde populações de diversas espécies ou comunidades biológicas vivem integradas aos componentes não vivos do ambiente. Esses componentes interagem e propiciam o fluxo da energia e a ciclagem da matéria, dois processos indissociáveis.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os ecossistemas, como tantos outros sistemas – biológicos ou não –, necessitam de entrada de energia para sua manutenção, e seu funcionamento é possibilitado pela transformação dessa energia. Nos ecossistemas, a principal fonte de energia é a solar, que é convertida em energia química estocada na matéria orgânica sintetizada pelos organismos fotossintetizantes ao construírem o próprio corpo. Parte dessa energia é transferida quando um organismo se alimenta dessa biomassa vegetal e o mesmo acontece quando outro organismo, por sua vez, se alimenta desse primeiro. Em um ecossistema, a energia flui em uma direção com as transferências de matéria, sobretudo nas relações alimentares.

Teoricamente, a matéria não precisaria ser reposta, mas a energia invariavelmente tem de entrar no sistema. Trocar energia e não trocar matéria caracterizaria o ecossistema como um sistema fechado; entretanto, como todos os ecossistemas fazem parte da mesma biosfera e sempre há pelo menos alguma troca de matéria com seu entorno, eles podem ser considerados sistemas abertos (trocam energia e matéria). Ecossistemas nunca são sistemas isolados.

Componentes estruturais dos ecossistemas

Os ecossistemas apresentam dois componentes essenciais intimamente inter-relacionados, que já aparecem na própria definição: componentes bióticos e componentes abióticos.

Os **componentes bióticos** constituem a comunidade biológica ou a biota do ecossistema. São todas as espécies de seres vivos que, cada uma com suas particularidades, contribuem para o fluxo de energia e a ciclagem ou reciclagem da matéria.

Há dois tipos básicos de organismo ou componente biótico, diferenciados pela forma como obtêm matérias-primas para produzir energia, ou seja, pelo padrão de nutrição: os organismos autotróficos e os heterotróficos.

Os **organismos autotróficos** (do grego, *auto* = próprio; *trofos* = alimento) sintetizam o próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas, como o gás carbônico e a água, e uma fonte de energia, por exemplo, a energia luminosa; note que a energia não está inicialmente incorporada em algum tipo de matéria orgânica viva ou morta. São autotróficos todos os organismos fotossintetizantes (que usam energia luminosa) ou quimiossintetizantes (que usam energia química liberada por reações inorgânicas).

Os **organismos heterotróficos** (do grego, *hetero* = = outro, diferente; *trofos* = alimento), por sua vez, precisam incorporar matéria orgânica produzida pelos autotróficos para dela extraírem a energia necessária para sua construção e funcionamento; por isso, dependem de outros organismos vivos ou de detritos deixados por eles (matéria orgânica morta). Em linguagem mais simples, os autotróficos fabricam a própria matéria orgânica usando materiais inorgânicos, ao passo que os heterotróficos precisam ingerir matéria orgânica.

Assim, os heterotróficos dependem direta ou indiretamente da matéria orgânica sintetizada pelos autotróficos para seu crescimento, reprodução e reparação de perdas, além da obtenção de energia necessária para a manutenção dos processos vitais.

Entre os heterotróficos, incluem-se todos os seres que se alimentam de outros seres vivos; os animais detritívoros, que se alimentam dos restos de outros organismos mortos; e os seres decompositores, que degradam a matéria orgânica até que esteja totalmente convertida em moléculas não orgânicas.

Os **componentes abióticos** dos ecossistemas são aqueles do ambiente físico, como rochas expostas, solos, fundos e águas dos rios, mares e lagos, gelo e ar atmosférico.

Relacionados com esses componentes, há diversos fatores ou variáveis que podem afetar diretamente os seres vivos. Há **fatores físicos** (como a radiação solar que atravessa a atmosfera, a temperatura, a pressão, a umidade do ar ou do solo, os ventos e as chuvas, associadas à disponibilidade de água), **fatores químicos** (como o pH do meio, a salinidade das águas, a concentração de nutrientes minerais, a disponibilidade de gás oxigênio) ou, ainda, **fatores geológicos** que podem determinar aspectos tanto físicos quanto químicos, como a estrutura do solo ou a natureza das rochas.

Os fatores geológicos podem ser considerados por alguns uma subcategoria de fatores físicos, mas nem sempre esse terceiro tipo de fator abiótico é incluído.

Níveis tróficos, cadeias e teias alimentares

As diferentes espécies do componente biótico dos ecossistemas interagem, principalmente, por meio de relações alimentares. Os autótrofos são o alimento vivo mais primário para os heterótrofos em geral e constituem a categoria dos produtores.



FABIO COLOMBINI

Trecho de Mata Atlântica com destaque para os seres autotróficos ou produtores, principalmente as plantas (Ribeirão Grande, SP, 2024).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os heterótrofos que consomem diretamente os autótrofos são os chamados **herbívoros** ou **consumidores primários**.

TOLTEK/ISTOCK/GETTY IMAGES



Bovino (*Bos taurus*), um herbívoro, pastando, ou seja, alimentando-se de produtores. O animal mede cerca de 2 m de comprimento.

Herbívoros servem de alimento para **carnívoros**, que são os **consumidores secundários**. Carnívoros que se alimentam de consumidores secundários são os **consumidores terciários**, e assim por diante.

Há uma relação hierárquica entre todas essas categorias; por isso, elas são chamadas de **níveis tróficos**.

LEIGHTON LUM/SOLENT NEWS/SHUTTERSTOCK



Onça-pintada (*Panthera onca*) predando um jacaré (*Caiman* sp.) no rio Cuiabá (Mato Grosso, 2021). Esses dois animais são carnívoros. A onça-pintada mede cerca de 1,5 m de comprimento.

Como no Pantanal não há carnívoros que se alimentem de onças, elas são exemplos de carnívoros de topo.

Por se alimentarem de herbívoros e outros carnívoros, os jacarés podem ocupar o segundo nível trófico (consumidores secundários) ou níveis tróficos mais elevados. É muito comum um mesmo organismo consumidor atuar em diversos níveis. Por exemplo, ao comer um prato de arroz, feijão e bife, um ser humano está sendo um consumidor primário ao comer o arroz e o feijão (que são produtores) e secundário ao comer a carne de boi (que é um herbívoro). Os heterotróficos que se alimentam de autotróficos e de heterotróficos são chamados onívoros.

FABIO COLOMBINI



Araçari-banana (*Pteroglossus bailloni*) (Tapiraí, SP, 2021). Essa ave, que chega a 40 cm de comprimento, alimenta-se de frutos diversos, mas também pode comer insetos, ovos e filhotes de outras aves – é uma espécie onívora.

Há ainda outra categoria nutricional extremamente importante, que é a dos **detritívoros**, ou seja, heterotróficos que se alimentam de matéria orgânica morta (detritos), podendo, por sua vez, ser comidos por carnívoros diversos. Os abutres que mostramos na abertura deste capítulo, comendo o corpo de uma zebra morta na savana africana, são detritívoros, assim como os urubus que ocorrem no Brasil.

A matéria orgânica morta também é um alimento de base nos ecossistemas, assim como a biomassa de autótrofos. Os detritívoros, como larvas de muitos insetos, minhocas e urubus, são análogos aos herbívoros, ocupando a posição de consumidores primários. Assim, quando um pássaro come uma minhoca ou uma das larvas que se alimentam de carniça (animal morto em decomposição), ele está agindo como um consumidor secundário.

Os detritívoros são muito importantes por fragmentarem os detritos, tornando-os mais acessíveis aos decompositores, que são algumas bactérias e fungos.

NANI ROSSETTI/ISTOCK/GETTY IMAGES



Fungos da espécie (*Schizophyllum commune*) crescendo em tronco morto, caído no solo (Rio Grande do Norte, 2024).

Os **decompositores** (fungos e bactérias) podem ser considerados um nível trófico diferenciado dos demais. Em primeiro lugar, atuam sobre os detritos e não sobre outros seres vivos; além disso, não ocupam uma posição específica na cadeia de transferência de matéria orgânica viva e energia – o recurso nutritivo dos decompositores provém de todos os demais níveis tróficos simultaneamente. Um dos resultados da ação dos decompositores é a liberação de nutrientes minerais por meio da última degradação química da matéria orgânica morta (processo chamado

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

de remineralização). Esses nutrientes então podem ser absorvidos pelos produtores novamente, fechando o ciclo da matéria.

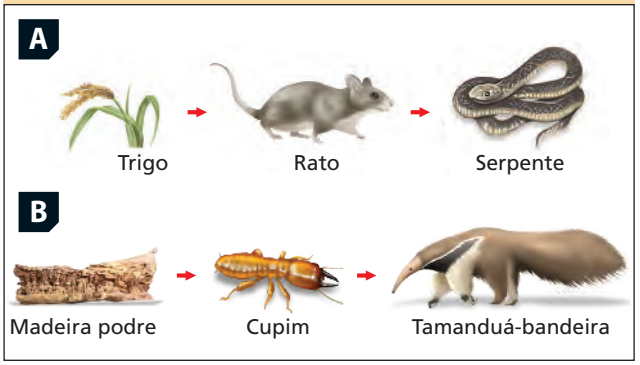
As **cadeias alimentares** são sequências de organismos em que um serve de alimento para o seguinte, cada um representando determinado nível trófico, partindo do nível dos produtores e terminando no nível do consumidor de última ordem. As cadeias alimentares são finitas e curtas, geralmente com poucos níveis tróficos; isso pode ser explicado por meio do fluxo de energia, que veremos mais adiante. Determinadas cadeias alimentares são diferentes porque não se iniciam pelo nível dos produtores da matéria orgânica viva; em vez disso, começam com o consumo de matéria orgânica morta (detritos) por consumidores (detritívoros).

Nos ecossistemas, há, portanto, dois tipos de cadeia alimentar, dependendo da matéria orgânica inicial. **Cadeias de pasteio** ou de pastejo são baseadas na matéria viva dos produtores, ao passo que as chamadas **cadeias de detritos** se iniciam com organismos que consomem matéria orgânica morta.

Cadeias alimentares de pasteio e de detritos ocorrem simultaneamente, podendo apresentar superposições ou interligações. Um conjunto de cadeias alimentares interligadas representando relações alimentares em uma comunidade biológica denomina-se **teia alimentar**.

Os seres detritívoros constroem sua biomassa (matéria viva) a partir de detritos e atuam recolocando matéria orgânica nas cadeias alimentares de pasteio, à medida que sua biomassa é consumida por outros organismos (consumidores carnívoros propriamente ditos). Assim, teias alimentares de pasteio e de detritos são, na prática, indissociáveis.

Cadeias alimentares



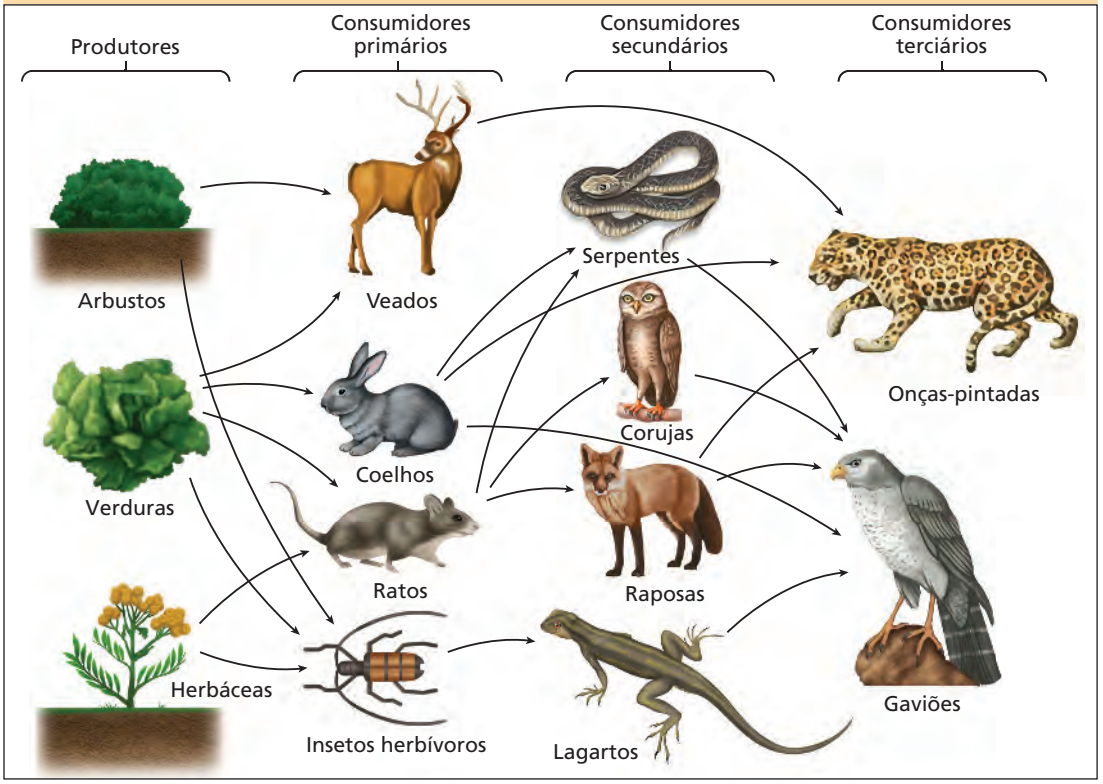
NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAIN, M. L. *et al*. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

Representação esquemática de cadeias alimentares. **(A)** Cadeia de pasteio. Note que se inicia com produtor. **(B)** Cadeia de detritos. A madeira é a matéria orgânica morta, o cupim é o consumidor primário e o tamanduá-bandeira, o secundário. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Um exemplo de cadeia de detritos é quando comemos cogumelos, como o *shiitake*, que cresce em troncos de madeira mortos. Nesse caso, a madeira morta é o alimento-base, o *shiitake* ocupa a posição de consumidor primário e o ser humano é o consumidor secundário.

Teia alimentar



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ODUM, E.; BARRET, G. **Fundamentos da Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

Representação esquemática de uma teia alimentar simplificada, na qual podem ser identificadas diversas cadeias alimentares de pasteio interligadas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fique por dentro

FLUXO de energia entre seres vivos. [*S. l.*: *s. n.*], 2011. 1 vídeo (11 min). Publicado pelo canal Laboratório de Tecnologias Educacionais. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qO3yasOJgNA. Acesso em: 10 out. 2024.

O vídeo trata do fluxo de energia entre os seres vivos, abordando aspectos dos diferentes níveis tróficos das cadeias alimentares, assim como as alterações que podem ocorrer em consequência de interferências humanas.

A esta altura, você provavelmente já está familiarizado com as interações bióticas diretas envolvendo duas espécies, como predação, competição e parasitismo.

Contudo, considerando as complexas interações tróficas entre componentes da teia alimentar, há efeitos adicionais que afetam outras espécies indiretamente. Esse tipo de comportamento é chamado **efeito-cascata**.

A abordagem do efeito-cascata oportuniza a análise de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos, assim como evidencia a importância da conservação da biodiversidade, trabalhando assim as habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**. Ao promover o reconhecimento da importância da conversação dos ecossistemas, o assunto ainda se relaciona ao TCT Meio ambiente e aos ODS 14 e 15.

Um exemplo de efeito-cascata poderia ser identificado entre carnívoros e produtores em uma cadeia de pasteio. A predação de herbívoros por carnívoros pode ter um efeito indireto importante sobre os produtores. Com o crescimento populacional dos predadores, que pode se seguir a um pico populacional de herbívoros, a população de herbívoros decresce e isso favorece a proliferação dos produtores que lhes servem de alimento.

O efeito pode também ocorrer em sentido inverso: o florescimento dos produtores por algum fator específico (fertilização, irrigação etc.) favorece diretamente os herbívoros, mas tem efeito também sobre os carnívoros, que se aproveitam da maior abundância de presas.

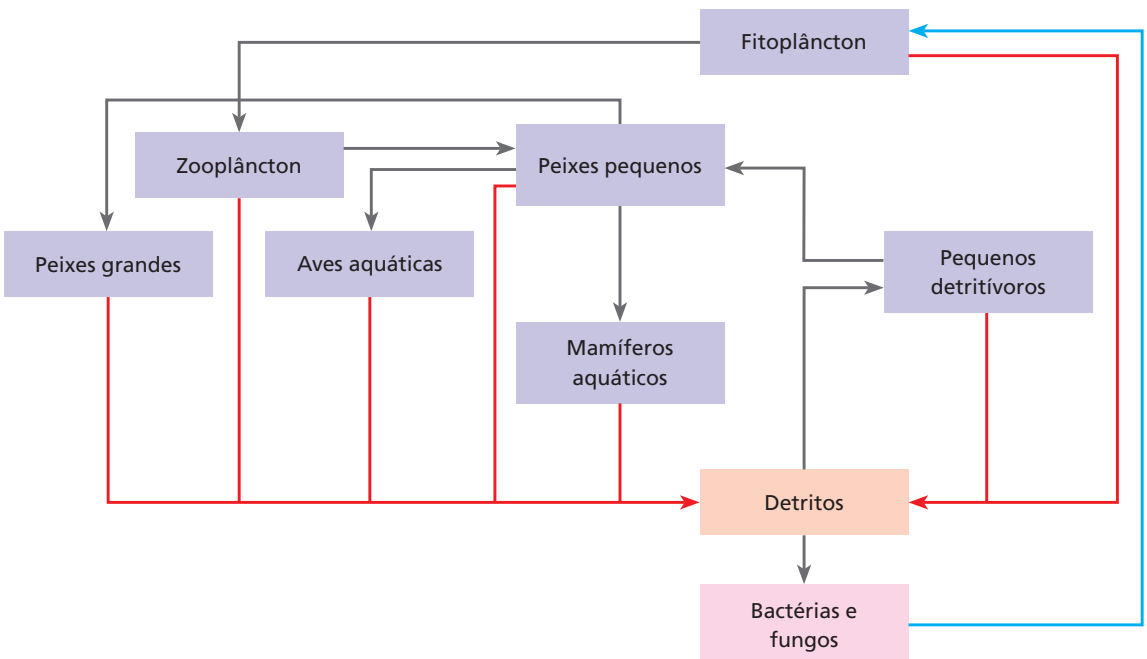
Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Um estudante afirmou que a litosfera e a crosta terrestre são a mesma coisa. Você acha que ele está certo ou errado? Justifique sua opção.

2. Segue-se uma teia alimentar hipotética de uma comunidade de rio, muito simplificada (nem todas as conexões possíveis entre os componentes estão representadas). Analise-a atentamente e responda ao que se pede.



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

a. Reconheça os integrantes de cada nível trófico nesse esquema.

b. A que componente da teia de pasteio equivale o estoque de matéria orgânica morta (detritos)?

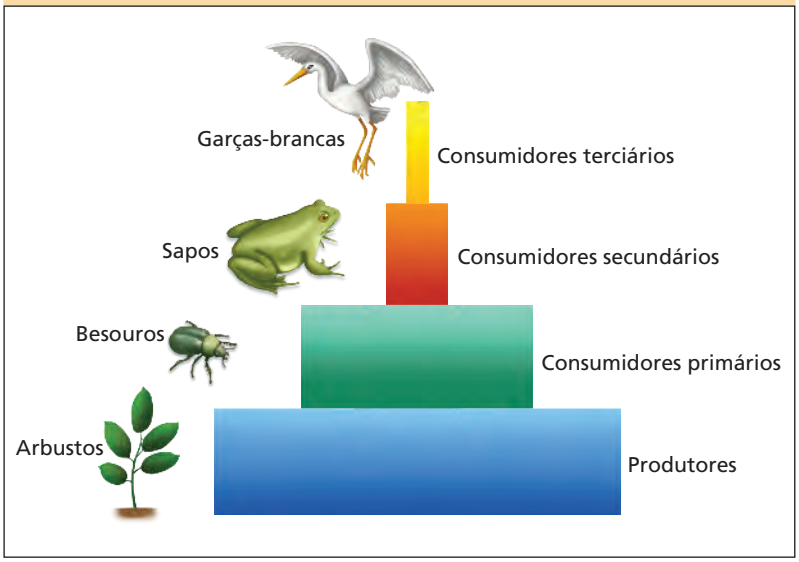
c. Que transferência de matéria está representada pela seta azul?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Pirâmides ecológicas

Uma **pirâmide ecológica** é uma representação gráfica da importância quantitativa de cada nível trófico no conjunto da comunidade. As quantidades representadas podem ser de três naturezas: número de indivíduos, biomassa total ou quantidade de energia que passa por cada nível trófico por unidade de tempo (fluxo). Essas pirâmides são construídas empilhando retângulos (ou paralelepípedos), cuja largura é proporcional ao valor associado ao nível correspondente.

Pirâmide ecológica



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

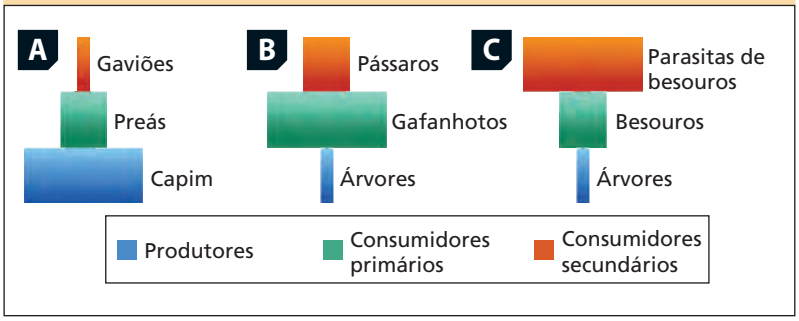
Fonte: SADAVA, D. *et al.* **Vida**: a ciência da biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

Representação esquemática de uma pirâmide ecológica genérica. A largura de cada retângulo da pirâmide representa a importância quantitativa do nível trófico correspondente. O nível dos decompositores não está representado, pois não tem uma posição definida na sequência linear de transferências de matéria e energia de um nível para o outro. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Pirâmide de números

A **pirâmide de números** representa a quantidade de indivíduos em cada nível trófico ou a correspondente densidade populacional (número de indivíduos por unidade de área). A largura dos retângulos nessas pirâmides é proporcional ao número de indivíduos correspondente àquele nível trófico. Em alguns casos particulares, essa pirâmide pode ter forma atípica, sendo parcial ou totalmente invertida.

Pirâmides de número



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SADAVA, D. *et al.* **Vida**: a ciência da biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

Representação esquemática de diferentes formatos possíveis para uma pirâmide de números com três níveis. **(A)** Pirâmide típica, com números decrescentes de produtores, consumidores primários e consumidores secundários, nessa ordem. **(B)** Pirâmide com base estreita, parcialmente invertida. **(C)** Pirâmide totalmente invertida.

As pirâmides de números não são muito informativas, pois não expressam a importância trófica de cada nível. Por exemplo, uma comunidade hipotética com 200 pés de capim, 50 preás e 3 gaviões é muito diferente de outra que apresente 2 coqueiros, 50 gafanhotos e 10 pássaros. Isso se deve à enorme diferença quanto ao tamanho dos indivíduos. Para compensar essa distorção, são mais interessantes as pirâmides de biomassa.

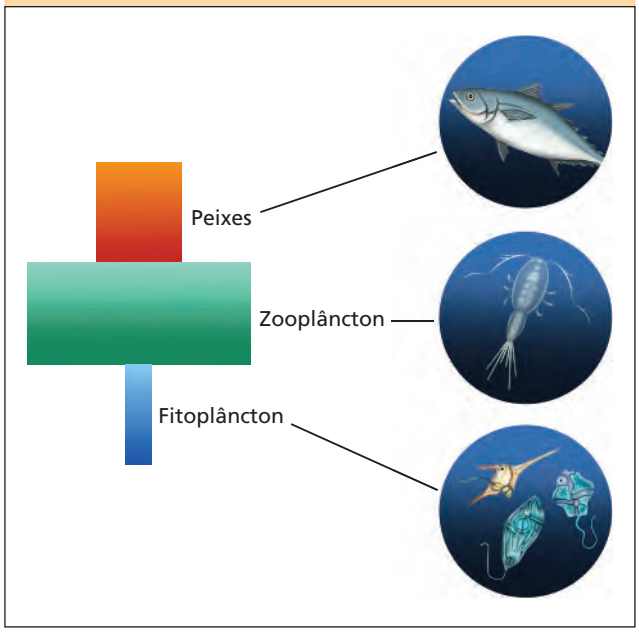
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Pirâmide de biomassa

A **biomassa** (ou massa orgânica) representa a quantidade de matéria orgânica, absoluta ou por área ou por volume, em unidades ecológicas como os ecossistemas, seus níveis tróficos, suas populações ou mesmo seus indivíduos separadamente. Como diversas espécies apresentam diferentes teores de água no corpo, é comum a biomassa ser expressa em termos de massa seca, que representa a quantidade apenas da matéria orgânica. Da mesma forma que a densidade populacional, a biomassa representada pela massa por unidade de área (ou volume) possibilita a comparação de sistemas com diferentes áreas ou tamanhos.

Assim como as pirâmides de números, as **pirâmides de biomassa** também podem apresentar alguma inversão. É o caso de pirâmides nos oceanos e outros sistemas aquáticos que incluem fitoplâncton (constituído por cianobactérias e algas microscópicas) e zooplâncton herbívoro (pequenos animais, principalmente crustáceos, que se alimentam das algas unicelulares). Como a biomassa registrada é aquela de dado momento, o valor medido representa apenas o momento atual. Mas é preciso considerar que muitos novos indivíduos do fitoplâncton vão nascendo ao mesmo tempo que muitos vão sendo ingeridos pelos animais do zooplâncton. Com isso, a biomassa de produtores presente em dado momento é menor que aquela que foi produzida e rapidamente consumida, dando a impressão de que uma pequena quantidade de produtores sustenta uma grande quantidade de consumidores.

Pirâmide de biomassa



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SADAVA, D. *et al*. **Vida**: a ciência da biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

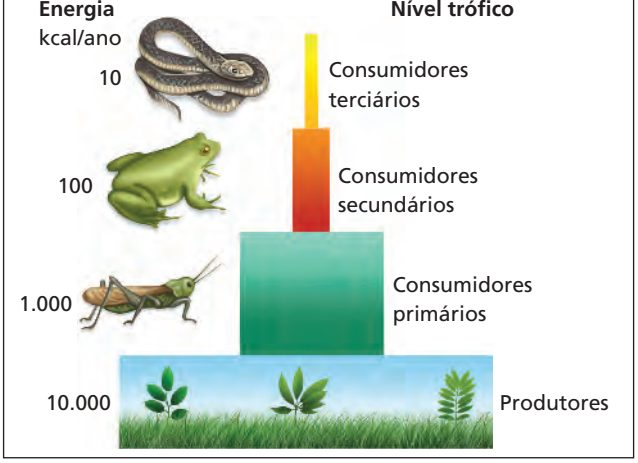
Representação esquemática de pirâmide de biomassa parcialmente invertida. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Pirâmide de energia

A **pirâmide de energia** é bem diferente das pirâmides de números e de biomassa. Enquanto estas últimas representam quantidades registradas em determinado momento, aquela representa a intensidade de um processo, no caso, o fluxo de energia (que estudaremos a seguir). Essa energia pode entrar no primeiro nível trófico na forma de luz (no caso dos produtores fotossintetizantes) ou, nos demais níveis, na forma de energia química presente nos alimentos (caso dos consumidores e decompositores).

O fluxo de energia corresponde à quantidade de energia que passa através dos componentes de cada nível trófico por intervalo de tempo. No caso dos consumidores, ela entra no nível trófico quando seus integrantes se alimentam de indivíduos ou partes de indivíduos do nível anterior e sai do nível trófico quando seus integrantes liberam calor (derivado de seu metabolismo) e detritos ou servem de alimento para os integrantes do nível trófico seguinte. Como parte da energia assimilada por um nível trófico se perde para o meio na forma de calor ou incorporada aos detritos, o fluxo por meio de um nível trófico nunca pode ser maior que o do nível anterior. Assim, as pirâmides de energia nunca podem ser invertidas.

Pirâmide de energia



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SADAVA, D. *et al*. **Vida**: a ciência da biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

Representação esquemática de pirâmide de energia de uma cadeia alimentar de ambiente terrestre. O fluxo em cada nível trófico está indicado na imagem, em quilocaloria por ano (kcal/ano). Note a intensa redução do conteúdo energético total à medida que se consideram níveis tróficos mais elevados. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

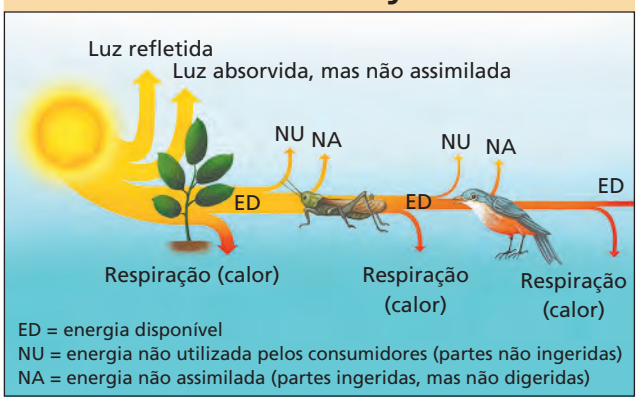
Modelo de fluxo energético

Para entender bem como ocorre o fluxo de energia ao longo de uma cadeia alimentar, como uma cadeia de pasteio em ambiente terrestre, é importante considerar as informações a seguir.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

- Parte da energia (luz) que chega à superfície terrestre vinda do Sol é refletida.
- Parte da luz que incide sobre os produtores é absorvida por eles, mas não assimilada pela clorofila.
- Da energia efetivamente assimilada pelos produtores, uma parte é usada para o trabalho metabólico (respiração celular), resultando em perda na forma de calor.
- Um herbívoro geralmente não ingere a planta por inteiro (lagartas e gafanhotos, por exemplo, consomem só as folhas). Com isso, há uma quantidade de biomassa vegetal contendo energia que não é utilizada (raízes e ramos, nesse exemplo).
- Ao ingerir partes das plantas, há uma quantidade de biomassa que o herbívoro não consegue absorver, a qual é eliminada pelas fezes (detritos). Essa é uma energia não assimilada pelo corpo do consumidor. O que ele assimila é apenas uma parte do que havia disponível em seu alimento, essa parte corresponde à quantidade de energia usada para a construção e o funcionamento do corpo. Igual raciocínio se repete nas transferências para os níveis tróficos seguintes.
- No final, está disponível para o último nível trófico apenas uma pequena parte da energia assimilada inicialmente pelos produtores, e essa quantidade é insuficiente para sustentar um nível trófico adicional. Isso significa que o número de níveis na cadeia alimentar é limitado.

Fluxo de energia



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ODUM, E.; BARRET, G. **Fundamentos da Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

Representação esquemática de fluxo de energia por meio dos níveis tróficos. Uma pequena parte da energia incidente é assimilada pelos produtores. Note como a energia disponível (ED) para o nível trófico seguinte vai se reduzindo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Ciclos biogeoquímicos

Como acabamos de estudar, nos ecossistemas a energia flui unidirecionalmente, sendo dissipada de modo gradativo na forma de calor enquanto os organismos funcionam (quando fazem respiração celular e fermentação, por exemplo).

A matéria, todavia, é continuamente reciclada, alternando entre a forma orgânica (biomassa e detritos) e a inorgânica (gases, água e sais minerais ou nutrientes). Essa é a reciclagem ou ciclagem da matéria ou, ainda, ciclagem dos nutrientes. Os nutrientes minerais (nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e muitos outros) ora estão incorporados à matéria orgânica, ora nas rochas, ora livres no meio físico; essas são matérias-primas essenciais para que os produtores possam sintetizar os mais diversos compostos orgânicos a partir dos glicídios produzidos pela fotossíntese.

O termo *biogeoquímico* se deve ao fato de que as transformações da matéria ocorrem por causa de processos biológicos (por parte de seres vivos), geológicos (envolvendo transformações de rochas e solos, vulcanismo, tectonismo e outros) e químicos (como a transformação de gás oxigênio (O_2) em gás ozônio (O_3) ou de compostos sulfurosos e nitrogenados em ácidos, na atmosfera).

Os ciclos biogeoquímicos podem ser bastante complexos e são exemplos de como a vida se integra com o componente abiótico, determinando as características da biosfera, como já foi discutido na apresentação da teoria de Gaia.

Todos os ciclos biogeoquímicos apresentam dois componentes fundamentais: os **depósitos**, nos quais os elementos ficam estocados – biomassa dos organismos, atmosfera, rochas e sedimentos, massas de água –, e as **vias de transferência** (ou processos de transferência) dos elementos de um depósito para outro. As vias podem ser transportes físicos (como o vento ou as trocas de gases entre água e ar) ou transformações químicas (como a fotossíntese e a respiração celular). Neste capítulo, estudaremos os ciclos do carbono e do oxigênio, ambos integrados e indissociáveis.

Ciclo do carbono

O **ciclo do carbono** é bastante complexo e muito dependente da respiração e da fotossíntese de seres vivos (mais especificamente do metabolismo energético deles) e das atividades humanas.

Os principais depósitos de carbono são os fundos oceânicos (incluindo as massas-d'água profundas e os sedimentos carbonáticos), seguindo-se os depósitos fósseis de petróleo e carvão mineral. Também são importantes depósitos o solo, onde se acumulam detritos orgânicos produzidos por vegetais e animais, além de minerais calcários, e a superfície oceânica, onde ocorre um ciclo rápido em que a fotossíntese realizada pelo fitoplâncton capta gás carbônico (CO_2), e a respiração e a decomposição de detritos superficiais liberam esse gás. A atmosfera, a biomassa dos seres vivos, os esqueletos calcários de inúmeros organismos marinhos, como os corais, as conchas de moluscos e as carapaças de protistas unicelulares marinhos que decantam após a morte das células também são depósitos de carbono, mas comparativamente menores.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

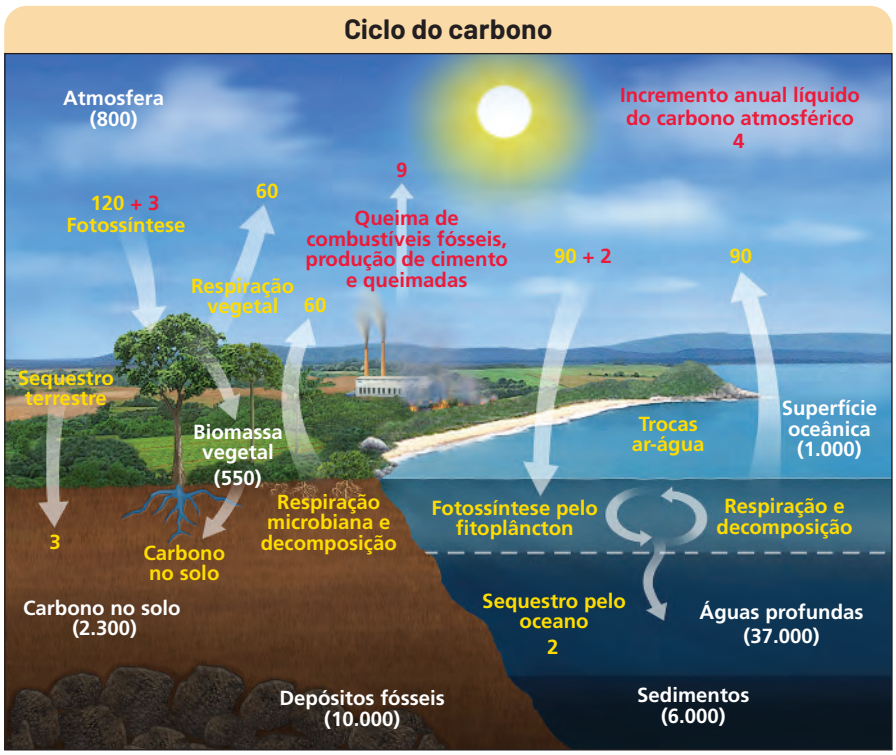
Algumas vias importantes imobilizam carbono em depósitos de maior duração, o que chamamos **sequestro**. No sequestro, há uma retirada de carbono dos depósitos associados a transferências rápidas (como a atmosfera) para integrá-lo em depósitos mais estáveis. Um exemplo, em curto ou médio prazo, é a retirada de carbono da atmosfera na forma de gás carbônico e sua incorporação na biomassa e nos detritos (nesses casos, a devolução para a atmosfera pode ser comparativamente bem rápida, por meio de queimadas, por exemplo).

Em longo prazo, a deposição de matéria orgânica morta em ambientes sem gás oxigênio pode dar início a um processo de transformação ou fossilização, originando, no final, depósitos geológicos de carvão mineral, gás ou petróleo – esses são os combustíveis fósseis; por sua vez, os sedimentos carbonáticos (carbonatos) depositados no fundo dos oceanos podem se converter em rochas sedimentares calcáreas. Pela queima dos combustíveis fósseis, o carbono, antes imobilizado nos depósitos subterrâneos, é liberado para a atmosfera; isso também acontece quando se incinera o calcáreo durante a fabricação de cimento. O tectonismo e o vulcanismo também podem transferir naturalmente carbono das rochas calcáreas de volta para a atmosfera.

As atividades humanas afetam o ciclo do carbono na medida em que mobilizam determinados depósitos, liberando carbono muito mais rapidamente que o sequestro que leva à formação desses depósitos. A fotossíntese nos ambientes terrestres e marinhos absorve parte desse excesso de CO_2, mas não totalmente. Com isso, vai acontecendo um aumento gradual do CO_2 na atmosfera. Há muita discussão sobre se esse incremento é exclusivamente consequência das atividades humanas, mas o fato incontestável é que a concentração do CO_2 atmosférico está aumentando consistentemente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

LUCCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: THE CARBON Cycle. **Earth Observatory**, Washington, DC, [20--]. Disponível em: https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle. Acesso em: 10 out. 2024.

Representação simplificada de parte do ciclo do carbono mostrando os depósitos e as vias rápidas de transferência de carbono entre o ambiente terrestre, a atmosfera, o solo e os oceanos. Em amarelo, os processos naturais de transferência e fluxos (números em gigatoneladas de carbono transferidos por ano); em vermelho, processos e fluxos relacionados com atividades humanas (números em gigatoneladas de carbono transferidos por ano); em branco, os depósitos e estoques (números em gigatoneladas de carbono). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Ciclo do oxigênio

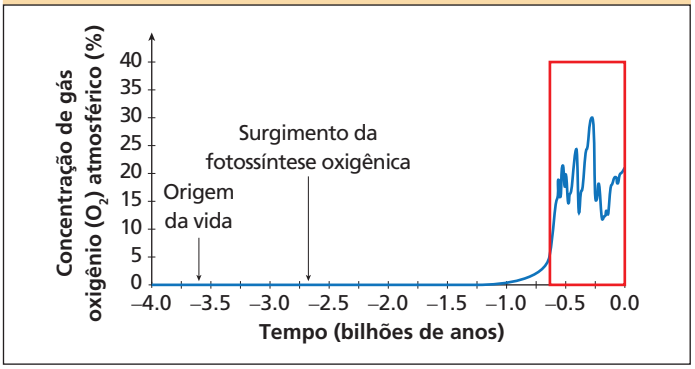
O **ciclo do oxigênio** se caracteriza pela presença da maior parte desse elemento incorporada a óxidos diversos nas rochas. Os depósitos litosféricos correspondem a cerca de 99,5% do oxigênio, ficando a atmosfera com pouco menos que 0,5% (o restante está incorporado à biomassa dos organismos).

A presença de materiais não oxidados em sedimentos antigos revela que a atmosfera da Terra primitiva já foi anóxica (sem gás oxigênio) e redutora. Com o surgimento da fotossíntese oxigênica, que ocorreu há cerca de 2,7 bilhões de anos, o gás oxigênio (O_2) começou a compor a atmosfera. Entre 2,7 bilhões e 1 bilhão de anos, o O_2 liberado pelos organismos fotossintetizantes contribuiu para a oxidação de grandes quantidades de espécies químicas de ferro dissolvidas nos oceanos, o

que gerou os maiores depósitos de ferro conhecidos no mundo, como no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. Foi somente após 1 bilhão de anos que a produção de O_2 começou a superar seu consumo no planeta, permitindo o acúmulo na atmosfera.

Neste ponto, pode ser interessante resgatar da Química o que são reações de oxidação e de redução – ambientes redutores são aqueles que favorecem quimicamente as reações de redução. Um bom exemplo é o de corpos que foram imersos em condições redutoras (como nas turfeiras) e que permaneceram razoavelmente íntegros por séculos pela dificuldade de se decomporem por processos oxidativos quando o ambiente é anóxico redutor.

Concentração do O_2 atmosférico em tempo geológico



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

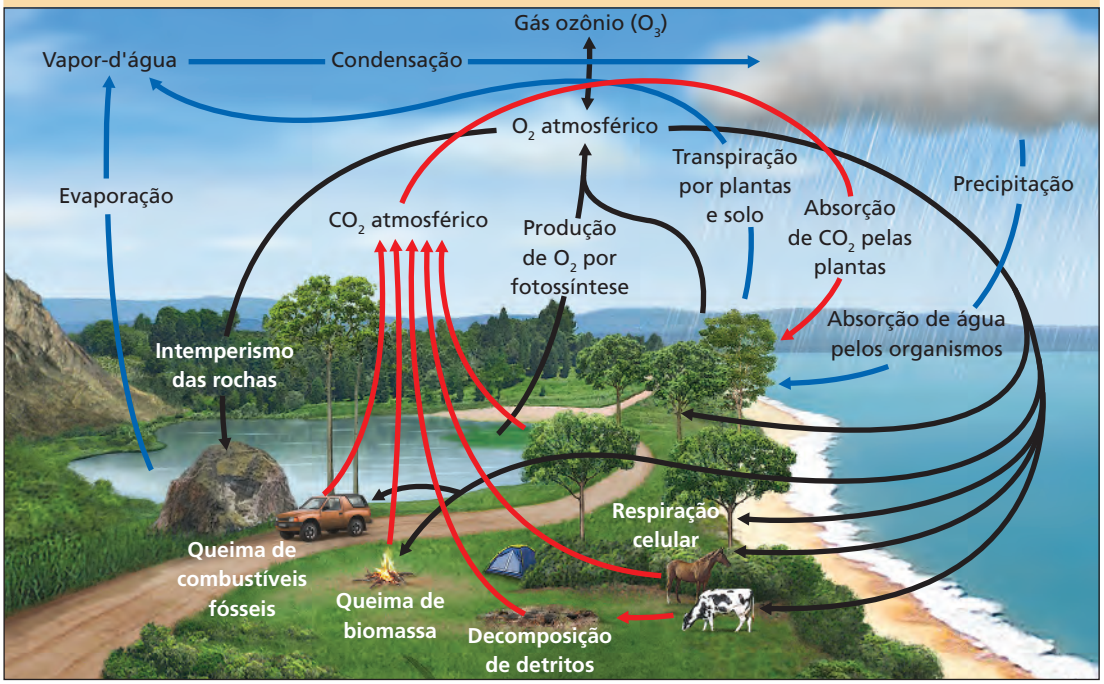
Fonte: COSTA, K. M. *et al.* Evolution and physiology of neural oxygen sensing. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 5, n. 302, ago. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Variations-in-atmospheric-oxygen-concentrations-over-geological-time-Green-arrows-and_fig1_264759228. Acesso em: 22 out. 2024.

Variação da concentração de gás oxigênio atmosférico ao longo do tempo (em bilhões de anos) e indicação da origem da vida e da fotossíntese oxigênica.

Nos últimos 600 milhões de anos (destaque em vermelho no gráfico), quando os animais surgiram e se diversificaram, o depósito atmosférico de O_2 foi profundamente afetado, sucedendo-se variações intensas em decorrência de eventos na biosfera (na maior parte desse tempo, o teor atmosférico do gás oscilou entre pouco menos de 15% e cerca de 30%).

A ciclagem do oxigênio tem uma particularidade especial: as transferências se fazem simultaneamente com aquelas do ciclo da água e do carbono. Desse modo, esses ciclos são indissociáveis.

Ciclos da água, do oxigênio e do carbono



LUCCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em BEGON M.; TOWSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

Representação esquemática de ambiente mostrando a interdependência dos ciclos da água (setas azuis), do oxigênio (setas pretas) e do carbono (setas vermelhas). Note a importância de processos como fotossíntese, respiração e combustão. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Na atmosfera, além de gás oxigênio, é encontrado gás ozônio (O_3). Há um contínuo processo de degradação e recombinação de moléculas de O_2 formando o O_3, como representado pela reação a seguir. O gás ozônio se acumula na alta atmosfera e é fundamental para a filtragem de radiações ultravioleta que podem causar mutações e câncer.

$$O_3(g) \rightleftharpoons O_2(g) + O(g)$$

Registre em seu caderno

EM FOCO Cimento e ciclo do carbono

Leia atentamente o texto que se segue com a entrevista com William Fernandes, engenheiro civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), mestre e doutor pela mesma instituição, em que ele comenta seus estudos relacionados a um cimento mais sustentável.

[...]

Fale um pouco sobre o seu trabalho.

Durante o doutorado pesquisei o efeito que determinadas impurezas podem causar no clínquer, matéria-prima principal do cimento Portland, obtida por meio da queima de uma mistura de minerais calcários e argilosos. Essas impurezas são elementos químicos estranhos que se incorporam em pequena quantidade na fórmula original dos componentes do clínquer. Tais impurezas podem originar-se dos combustíveis alternativos usados nos fornos ou na própria matéria-prima. O objetivo da pesquisa é avançar o entendimento sobre o processamento de resíduos pela indústria de cimento e aumentar a sustentabilidade do processo, com garantia da melhoria do produto e da redução do impacto ambiental.

Como a fabricação do cimento impacta o meio ambiente?

O cimento é produzido a partir da queima de minerais a uma temperatura de, aproximadamente, 1.450 °C. Isso produz uma quantidade de gases de efeito estufa que, somada à produção mundial de cimento, corresponde a, aproximadamente, 5% de todas as emissões globais. Apesar de o uso de combustíveis alternativos na queima ser uma forma bastante viável para reduzir este impacto ambiental, essa mudança pode causar alterações ainda pouco conhecidas na química do cimento.

Como o estudo foi feito?

O estudo analisou como os combustíveis alternativos usados no forno de uma fábrica modificaram a química do cimento. Foram analisadas 190 amostras, com diferentes proporções de coque de petróleo no combustível do forno, produzidas num período de aproximadamente um ano, e seis delas foram analisadas de forma mais aprofundada no Laboratório de Radiação, síncrotron do Reino Unido.

Como se deu seu interesse em trabalhar com o assunto?

Meu interesse em estudar o impacto ambiental da fabricação do cimento surgiu da minha experiência profissional nas áreas de construção civil e de gestão de resíduos sólidos urbanos. Estima-se que a indústria de cimento é responsável por, aproximadamente, 5% de todas as emissões globais de CO_2, um dos principais gases do efeito estufa. Isto fez com que os países do G20 estabelecessem metas para a redução das emissões. Uma das estratégias mais utilizadas mundialmente pela indústria de cimento têm sido o uso de combustíveis alternativos nos fornos, por ser de fácil aplicação.

Quais os resultados concretos?

Os estudos identificaram como as impurezas presentes nos combustíveis alternativos interagem com a fórmula química do cimento. Esse entendimento permitiu a ampliação e um uso mais racional dos combustíveis alternativos pela fábrica, apesar das impurezas contidas nos mesmos. [...]

[...]

Fonte: CIMENTO: produção pode ser menos agressiva ao ambiente. **Capes**, Brasília, DF, 26 ago. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/noticias/cimento-producao-pode-ser-menos-agressiva-ao-ambiente. Acesso em: 10 out. 2024.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. De que modo a fabricação do cimento afeta o ciclo do carbono?
2. Qual é o principal objetivo do estudo de William?
3. Você considera o estudo de William importante para a sociedade? Por quê?
4. Em grupo, produza um áudio com uma notícia breve resumindo os estudos de William relacionados aos impactos ambientais da produção de cimento. Se achar necessário, pesquise informações complementares. Depois, divulguem o material produzido para a comunidade escolar por meio das redes sociais da escola ou outras mídias.

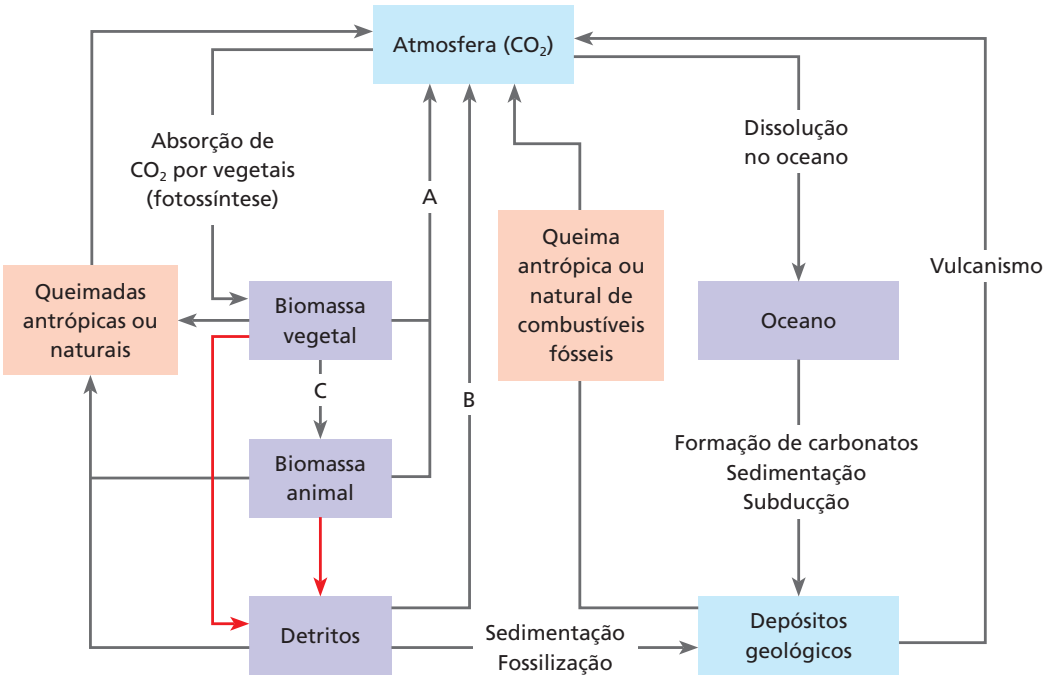
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

3. Analise o esquema a seguir, que representa os principais estoques e vias de transferência de carbono na biosfera, e depois responda ao que se pede.



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

a. Qual é o processo biológico que está representado pela letra A?

b. A letra C representa a transferência de carbono da biomassa vegetal para a animal. Descreva como ocorre esse processo.

c. A letra B representa a transferência de carbono da massa de detritos para a atmosfera na forma de CO_2. Qual é o processo biológico que realiza essa função?

4. A respeito do ciclo do oxigênio, responda:

a. Qual é o papel dos seres vivos na manutenção da taxa de oxigênio na atmosfera?

b. Qual é a relação entre os gases oxigênio e ozônio e a incidência de mutações e câncer nos seres humanos?

5. Retome o esquema de fluxo de energia que representa as perdas de energia antes e depois da assimilação por organismos de três níveis tróficos.

a. A que correspondem a energia não utilizada e a energia não assimilada pelos seres vivos?

b. Explique por que, em um fluxo como esse, não há como sustentar mais do que um ou dois níveis tróficos adicionais.

6. (PUC-SP) Nos ecossistemas, o carbono é incorporado por organismos fotossintetizantes para a síntese de compostos orgânicos, que podem ser utilizados: 6. Alternativa **e**.

a. Apenas por organismos consumidores no processo de respiração celular, sendo o carbono devolvido ao ambiente na forma de CO_2.

b. Apenas por organismos clorofilados no processo de respiração celular, a partir do qual o carbono não é devolvido ao ambiente.

c. Apenas por organismos anaeróbicos no processo de fermentação, sendo o carbono devolvido ao ambiente na forma de CO_2.

d. Por organismos clorofilados e por animais no processo de respiração celular, a partir do qual o carbono não é devolvido ao ambiente.

e. Por organismos clorofilados, por animais e por decompositores, sendo o carbono devolvido ao ambiente na forma de CO_2.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Não integra(m) uma mesma cadeia de detritos

a. detritos, minhoca, pássaro. 1. Alternativa **d**.

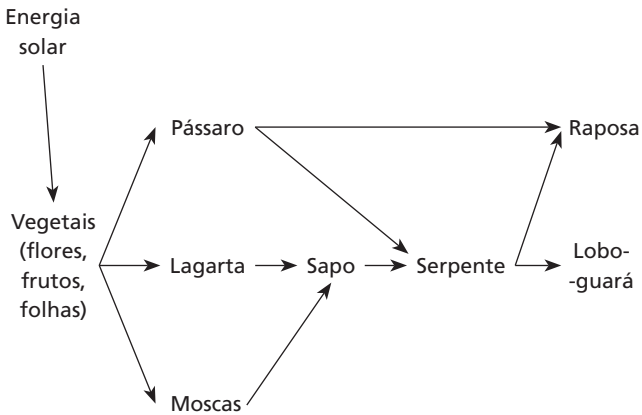
b. detritos, urubu.

c. madeira, cogumelo, ser humano.

d. alface, gafanhoto, pássaro.

e. madeira, cupim, tamanduá.

2. Observe a teia alimentar hipotética representada a seguir (não estão representados detritívoros e decompositores).



Sobre o fluxo energético relativo a essa teia alimentar, é possível afirmar que: 2. Alternativa **b**.

a. a fonte primária de energia na comunidade são os vegetais, que podem ser classificados como produtores.

b. a energia disponível no conjunto das moscas e lagartas deve ser maior que a energia disponível no conjunto dos sapos.

c. uma raposa, por ser uma consumidora secundária e quaternária, deve apresentar menos energia disponível que uma lagarta, que é uma consumidora primária.

d. os decompositores, não representados, são responsáveis pela reciclagem de energia, garantindo a manutenção da comunidade.

e. o fluxo energético é cíclico, sendo a energia reciclada pela respiração e transpiração.

3. (Fuvest-SP) Considere a situação hipotética de lançamento, em um ecossistema, de uma determinada quantidade de gás carbônico, com marcação radioativa no carbono. Com o passar do tempo, esse gás se dispersaria pelo ambiente e seria incorporado por seres vivos.

Considere as seguintes moléculas:

I. Moléculas de glicose sintetizadas pelos produtores.

II. Moléculas de gás carbônico produzidas pelos consumidores a partir da oxidação da glicose sintetizada pelos produtores.

III. Moléculas de amido produzidas como substância de reserva das plantas.

IV. Moléculas orgânicas sintetizadas pelos decompositores.

Carbono radioativo poderia ser encontrado nas moléculas descritas em 3. Alternativa **e**.

a. I, apenas.

b. I e II, apenas.

c. I, II e III, apenas.

d. III e IV, apenas.

e. I, II, III e IV.

4. Leia o fragmento de texto a seguir e retome a imagem do ciclo do carbono.

> A Amazônia é uma região tropical imensa, com alta diversidade biológica e com muita água, onde a floresta interage fortemente com a atmosfera, rios e lagos. A floresta tropical densa de terra firme, que cobre a maior parte da região e que se situa predominantemente sobre solos de baixa fertilidade química natural, [...] [dependeria], então, de uma eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta. A reciclagem da matéria orgânica depende fortemente da atividade biológica que, em condições naturais na floresta, é muito favorecida pela temperatura e umidade apropriadas da região. [...]
>
> LUIZÃO, F. J. Ciclo de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, 2007. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v59n3/a14v59n3.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

Podemos afirmar que a "atividade biológica" mencionada no texto pode ser vista na imagem do ciclo do carbono na fase: 4. Alternativa **b**.

a. de fotossíntese, que garante a fixação do gás carbônico.

b. de decomposição, que libera gás carbônico e garante a devolução de nutrientes inorgânicos ao ciclo da matéria.

c. de respiração vegetal, que lança gás carbônico na atmosfera, podendo ser usado por outros seres vivos.

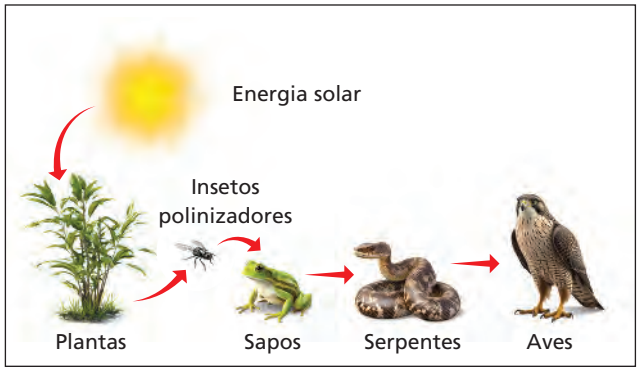
d. de alimentação dos animais, que garante o consumo da matéria orgânica pelos seres vivos.

e. da queima de combustíveis fósseis, que cria altas taxas de gás carbônico para serem lançadas na atmosfera.

5. Em uma fazenda de flores, a filha do proprietário foi picada acidentalmente por uma serpente enquanto caminhava no mato. Seu pai, muito determinado, ordenou que fossem mortas todas as serpentes da região, para que o problema não mais acontecesse. A execução de quase toda a população de serpentes causou um desequilíbrio ambiental, comprometendo a produtividade da fazenda. Para analisar esse desequilíbrio, observe o esquema a seguir, que representa uma possível cadeia alimentar estabelecida naquela região.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

(Imagens sem escala, cores-fantasia.)

Pode-se citar como razão para o desequilíbrio ambiental mencionado: 5. Alternativa **a**.

a. o aumento da população de sapos, o que provocou drástica redução da população de insetos polinizadores.

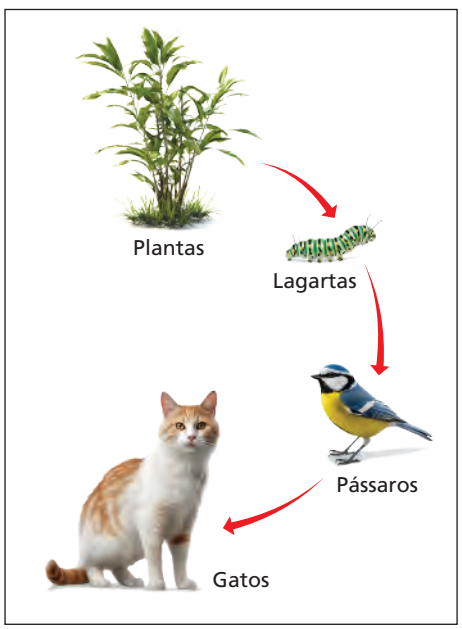
b. o aumento da população de sapos, que se alimentaram das flores, reduzindo a disponibilidade de alimento para os insetos polinizadores.

c. a falta da principal fonte de alimento das aves, que procuraram outras fontes, sobretudo os insetos polinizadores.

d. o aumento da população de insetos polinizadores em um primeiro momento, os quais consumiram muitas flores.

e. nenhuma das anteriores, pois o fato de os insetos se alimentarem do néctar ou pólen das plantas não influencia em sua polinização.

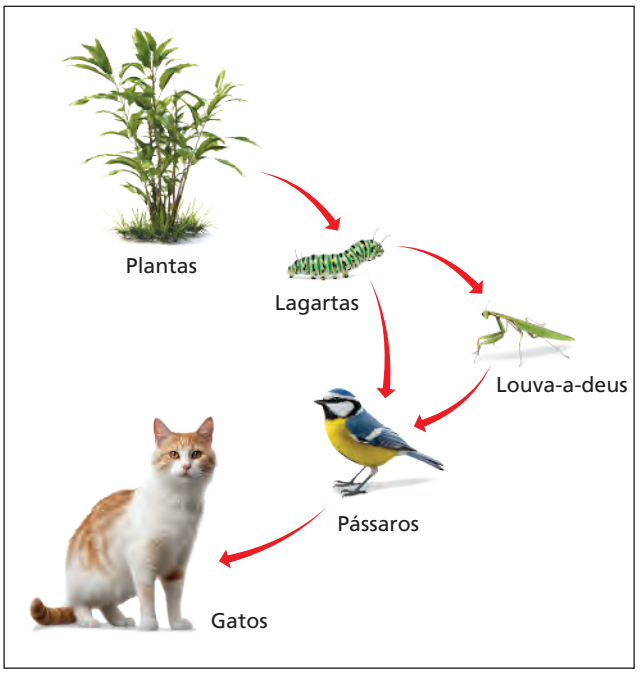
6. Considere a cadeia alimentar



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Embora o gato não se alimente de lagartas, a energia que ele obtém ao se alimentar de pássaros vem delas. Há, portanto, um número específico de lagartas que são necessárias para fornecer a energia que um gato precisa para viver determinado tempo. Suponha que essa cadeia alimentar sofra uma alteração e fique como a representada a seguir.



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Note que, neste caso, os pássaros passaram a se alimentar também de louva-a-deus, cuja população vive à custa de parte das lagartas (a outra parte é consumida diretamente pelos pássaros). Considerando que as únicas relações alimentares dos organismos sejam as representadas na cadeia alimentar em questão, podemos dizer que, com a inclusão dos louva-a-deus, o número de lagartas necessárias para manter os gatos vivos:

a. não se alterará, pois os gatos não consumirão mais pássaros. 6. Alternativa **c**.

b. aumentará, pois os gatos consumirão mais pássaros.

c. diminuirá, pois os louva-a-deus fornecerão parte da energia total que é destinada aos pássaros, embora menos do que as lagartas forneciam, pois há um tanto de energia das lagartas que terá sido usada no metabolismo dos louva-a-deus.

d. aumentará, pois a inclusão dos louva-a-deus diminuirá a quantidade de energia que as lagartas disponibilizarão para os pássaros.

e. não se alterará, pois a quantidade de energia que as lagartas fornecerão para os pássaros permanecerá a mesma.

7. Façamos agora um exercício para identificar nossa posição na teia alimentar de pasteio da qual fazemos parte. Procure lembrar o que comeu nos últimos 7 dias. Feito isso, relacione todos os organismos presentes em sua dieta durante esse período e responda ao que se pede (considere o fato de que cada item pode ser consumido por mais de um consumidor).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

a. Monte uma figura que represente as cadeias alimentares que podem ser reconhecidas tendo o ser humano como último elo.

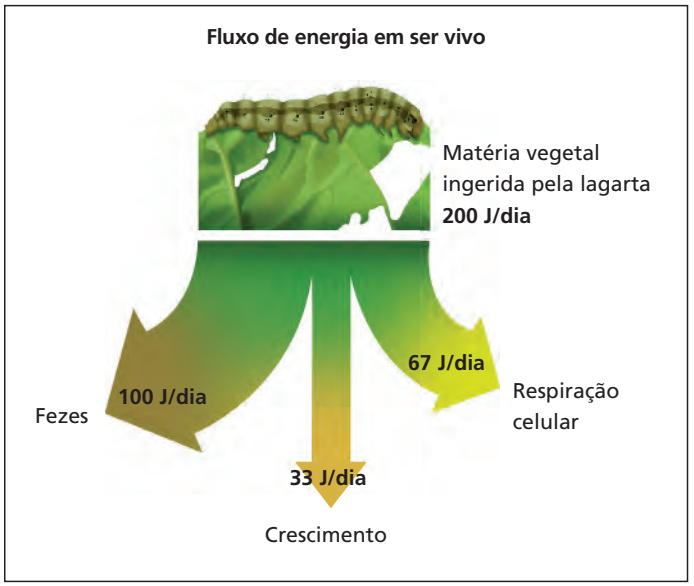
b. Enumere todos os níveis tróficos em que você poderia ser enquadrado durante a semana. Qual é o nível que você ocupa com maior frequência?

8. Analise a imagem e responda às questões.

a. Qual é a quantidade de energia incorporada pela lagarta na forma de alimento por dia? A lagarta consegue usar todo o material que comeu para manter-se viva ou para crescer? Justifique sua resposta. 100 J

b. Qual é a proporção que corresponde ao material efetivamente utilizado pela lagarta em relação ao que ela comeu? 50%

c. Qual é a proporção de energia efetivamente aproveitada como combustível para a lagarta manter-se viva, realizando todas as suas atividades? Qual é a proporção destinada para a construção do corpo e, portanto, para o crescimento? 33,5%, 16,5%



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Fluxo de energia hipotético de uma lagarta que se alimenta de folhas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

9. Considere uma comunidade hipotética estável, cujas espécies, seus respectivos números de indivíduos e massa seca média por indivíduo estão registrados na tabela a seguir.

Informações a respeito de espécies de uma comunidade hipotética

Ser vivo	Nº de indivíduos	Massa seca média por indivíduo (g)
Goiabeira	1	20.000
Gafanhoto	130	6
Morcego frugívoro	8	38
Pássaro insetívoro	9	130
Gavião predador de animais grandes	1	580
Lagarta de uma espécie de borboleta	230	10
Capim	83	173
Pássaro frugívoro	3	45
Morcego insetívoro	12	163

Fonte: dados elaborados para fins didáticos.

Número de indivíduos e massa seca média por indivíduo (em gramas) de diferentes espécies de uma comunidade hipotética.

Com base nos dados da tabela, faça o que se pede.

a. Quais são as espécies que integram os níveis tróficos dos produtores e consumidores primários, secundários e terciários?

b. Calcule o número total de indivíduos e a biomassa total por nível trófico.

c. Construa a pirâmide de números e a pirâmide de biomassa dessa comunidade. As pirâmides são típicas? Justifique sua resposta.

10. ODS 7 Considere a região em que você vive. Em sua opinião, qual é a atividade humana do local que apresenta maior interferência no ciclo do carbono? Sugira medidas públicas que podem ser tomadas para evitar ou diminuir essa interferência e escreva uma carta para a prefeitura, apresentando-as.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 14

Padrões climáticos e balanço térmico da Terra

AGUSTAVOP/ISTOCK/GETTY IMAGES



Mata de Araucárias pertencente ao bioma Mata Atlântica com névoa (Gramado, RS, 2019).

Na imagem, podemos observar um fenômeno comum conhecido por "neblina de evapotranspiração", que resulta da combinação da evaporação da água do solo e de corpos-d'água com a transpiração das plantas, ou seja, a transferência de água na forma de vapor para a atmosfera. Com isso, a vegetação pode afetar o ciclo da água e, consequentemente, a precipitação local, visto que a umidade liberada pode contribuir para a formação de nuvens.

A influência da vegetação sobre o clima e sobre a composição da atmosfera não se limita apenas ao ciclo da água, pois também interfere no ciclo do carbono. Por meio da fotossíntese, as plantas capturam água e gás carbônico e, na presença de luz, os convertem em gás oxigênio e matéria orgânica, parte da qual é incorporada na biomassa vegetal. Como a biomassa das árvores pode armazenar carbono por várias décadas, podemos falar em **sequestro de carbono**, um processo natural que ajuda a reduzir a quantidade atmosférica de um dos gases relacionados às mudanças climáticas.

Neste capítulo, abordaremos fenômenos climáticos em escala global e verificaremos como ações antrópicas (relacionadas a atividades humanas) podem impactar sua ocorrência. Com base nisso, você poderá refletir sobre o papel da humanidade na manutenção do planeta em condições ideais para a sobrevivência dos seres vivos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atmosfera terrestre e efeito estufa

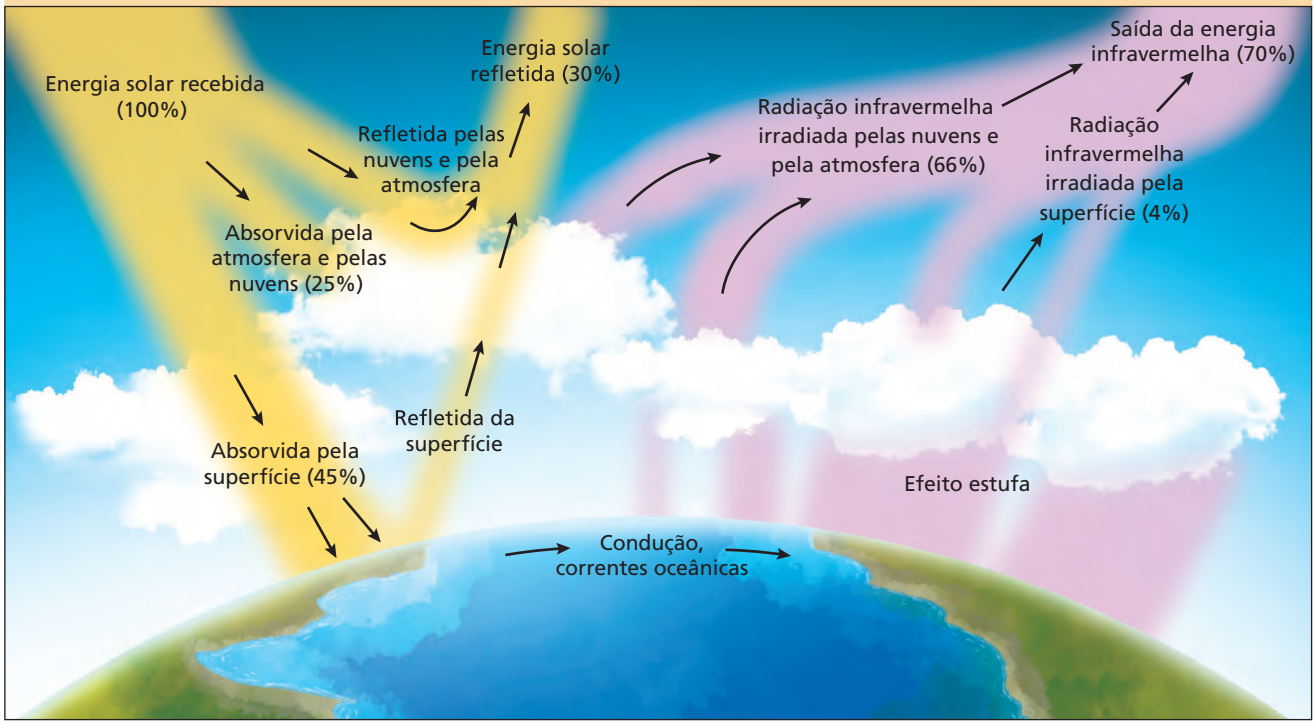
A luz solar é a principal fonte de energia da Terra e a temperatura global é regulada por meio de sua interação com a atmosfera e a superfície do planeta.

Estima-se que, na ausência da atmosfera, a temperatura média do planeta Terra seria próxima de –18 °C, ou seja, cerca de 30 °C mais fria que a média atual, e o planeta seria congelado, pois o calor se dissiparia para o espaço cósmico. O que evita que isso ocorra é o chamado **efeito estufa**, que é a retenção de calor causada por determinados gases, por isso denominados gases de efeito estufa, sobretudo o gás carbônico (CO_2), o metano (CH_4) e o vapor-d'água (H_2O). O efeito estufa é, portanto, um fenômeno natural e uma das condições que permitem a existência da vida na Terra.

A luz solar é composta de um amplo espectro de radiação eletromagnética com diferentes comprimentos de onda, entre eles aqueles que compõem a luz visível e a radiação infravermelha. Quando a radiação solar interage com a matéria, esta se aquece e emite radiação infravermelha. Os gases de efeito estufa da atmosfera têm a propriedade de absorver parte da radiação infravermelha emitida pela superfície do planeta, aquecendo-o. Uma parte substancial da radiação infravermelha irradiada pela superfície é reabsorvida na atmosfera por causa do efeito estufa, não escapando para o espaço. Apenas uma parte da radiação infravermelha irradia para o espaço e, assim, a atmosfera impede que o calor se dissipe completamente, evitando o resfriamento da Terra.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Balanço energético da Terra



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CUNNINGHAM, W. P.; CUNNINGHAM, M. A. **Principles of Environmental Science**: inquiry and applications. New York: McGraw-Hill, 2002.

Representação esquemática do balanço energético da Terra. As vias em amarelo correspondem à energia radiante solar (incluindo todos os comprimentos de onda), e as vias em rosa são especificamente de radiação infravermelha. Os valores entre parênteses correspondem aos percentuais em relação ao total incidente, e a largura das vias representa a quantidade relativa de energia fluindo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O ganho de energia na Terra se dá pela radiação solar que atinge a alta atmosfera (100%). Desse total, 30% são diretamente refletidos pelas nuvens, pela própria atmosfera e pela superfície terrestre, voltando ao espaço; essa parte corresponde ao chamado **albedo**. Os outros 70% são absorvidos ou dispersados por moléculas diversas, gotículas ou partículas sólidas em suspensão no ar (aerossóis), por nuvens ou pela superfície terrestre propriamente dita. Essa energia absorvida aquece a matéria e acaba sendo irradiada na forma de ondas longas de infravermelho, que, direta (66%) ou

indiretamente (4%), saem para o espaço. A evaporação da água na superfície absorve uma quantidade considerável de energia (calor latente), mas isso é compensado por emissão de radiação infravermelha no momento da condensação das nuvens.

Considerando a importância da atmosfera para o equilíbrio térmico da Terra, pode-se supor que a modificação em sua composição deve alterar o clima e afetar a vida no planeta. O aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera, por exemplo, decorrente da queima de combustíveis fósseis (como gasolina e óleo diesel) ou de outras fontes, pode provocar a elevação da temperatura média global, pois esse gás intensifica o efeito estufa. Esse processo é denominado **aquecimento global** e será estudado mais adiante, neste capítulo.

Qualquer fator natural ou antrópico que altere os valores correspondentes às vias descritas anteriormente afetará o balanço térmico planetário, incluindo variações no total de radiação incidente na superfície, na concentração de gases do efeito estufa, no albedo, na concentração de aerossóis, entre outras.

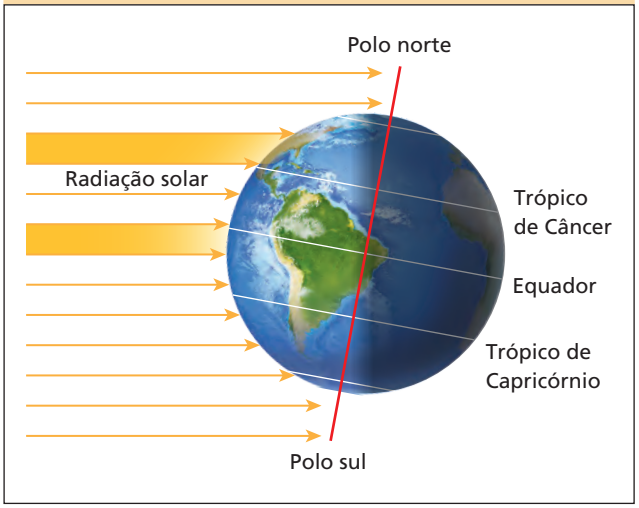
Os grandes padrões climáticos

Os grandes padrões climáticos, que são tipos diferentes de clima que se definem em escala planetária, estão relacionados a dois fatores básicos: a variação da energia solar recebida pela Terra em razão da latitude (que é a distância em graus ao longo dos meridianos, a partir do Equador, variando de 0° a 90°) e os movimentos de rotação e de translação da Terra. Isso produz variações bem definidas no clima, dependendo da região considerada. A diferenciação se origina de variações na intensidade da radiação solar que efetivamente chega à superfície terrestre (relacionada com luz e temperatura). Há zonas mais frias nos polos e mais quentes entre os trópicos. Além disso, há a oscilação natural entre as estações.

A variação latitudinal das condições do ambiente, principalmente da temperatura, reflete-se muito na diversidade das comunidades biológicas que aparecem entre os polos e o Equador, bem como na própria diferenciação entre essas comunidades, contribuindo assim para a biodiversidade global – "ambientes diferentes são colonizados por comunidades diferentes".

A intensidade média da radiação solar que atinge a superfície terrestre por unidade de área varia conforme a latitude. Um dos fatores para isso ocorrer é a esfericidade da Terra. Uma mesma quantidade de radiação, ao atingir o globo na região próxima do Equador, concentra-se em uma área menor do que na região dos polos. Isso ocorre porque no Equador os raios solares incidem na superfície terrestre com ângulos próximos a 90°, ou seja, praticamente perpendiculares, o que não acontece nas regiões próximas aos polos, onde os raios incidem na superfície de forma oblíqua. Dessa forma, há maior concentração de energia solar e maior aquecimento por unidade de área na região do Equador.

Intensidade da radiação a diferentes latitudes



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada com base em: OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

Representação esquemática do globo terrestre mostrando a área iluminada por uma mesma quantidade de radiação solar na região do Equador e em latitudes maiores. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fique por dentro

Balanço de radiação

BALANÇO de radiação. [*S. l.*: *s. n.*], 2011. 1 vídeo (8 min). Publicado pelo canal INPEvideoseduc. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=clgqmbsFnZM. Acesso em: 14 out. 2024.

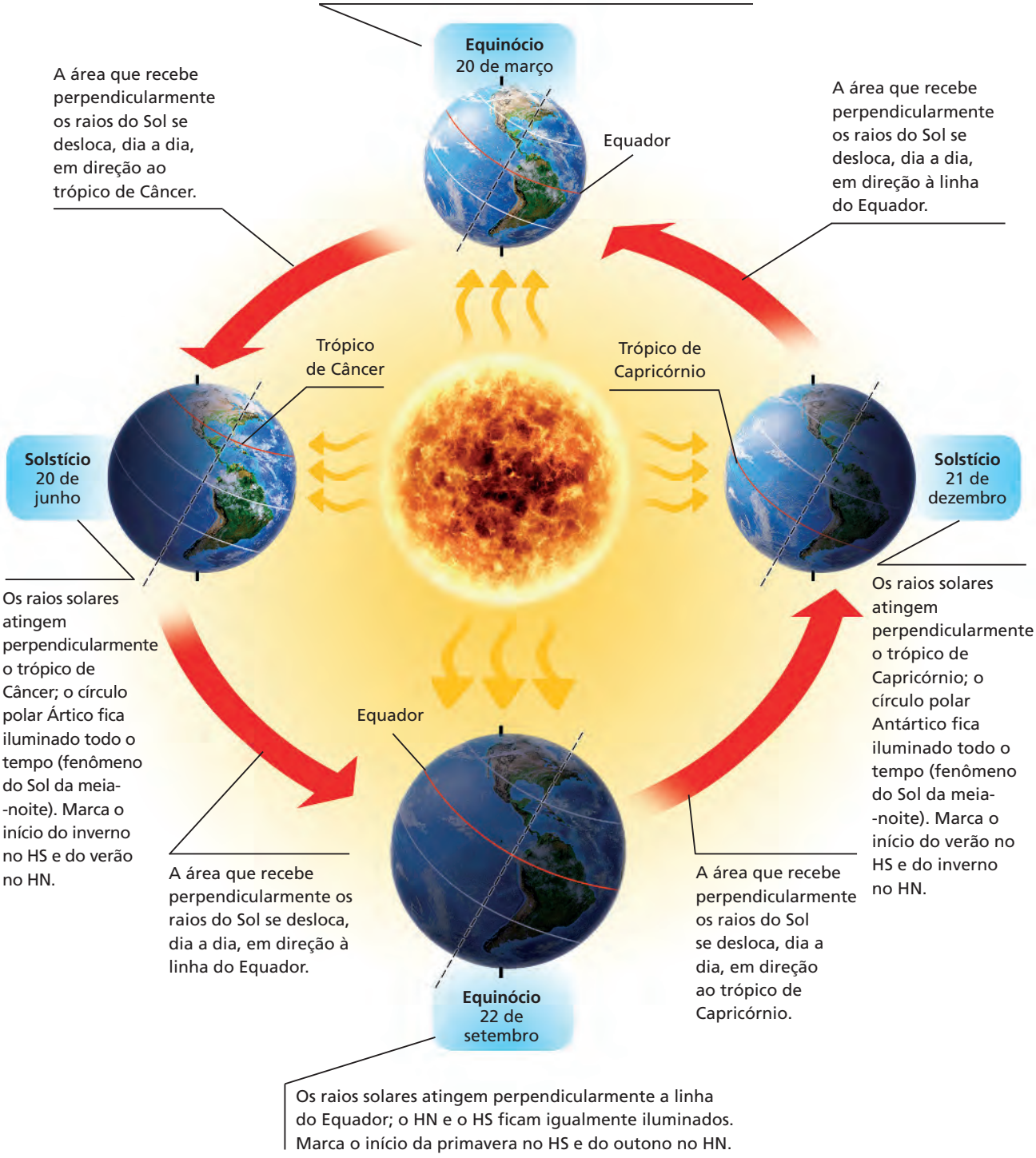
O vídeo trata da radiação solar que atinge a Terra. Ele mostra como essa radiação interage com a atmosfera e a superfície terrestres, bem como sua relação com a temperatura do planeta.

Por meio desse fenômeno, estabelece-se um gradiente térmico em razão da latitude, verificando-se temperaturas mais altas próximo do Equador e mais baixas nos polos.

Há mais uma causa para a variação latitudinal da temperatura: o eixo da Terra é inclinado em relação à órbita; por isso, ao longo do ano, a região da superfície terrestre que recebe perpendicularmente os raios solares se altera. Esse fato, associado aos movimentos de rotação e translação da Terra, possibilita que a quantidade de energia solar que atinge determinado ponto da Terra varie não só ao longo do dia, em razão da rotação, mas também ao longo do ano, por causa da translação, determinando a duração do dia e da noite e as estações do ano.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Equinócios e solstícios



LUIZ IRIA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

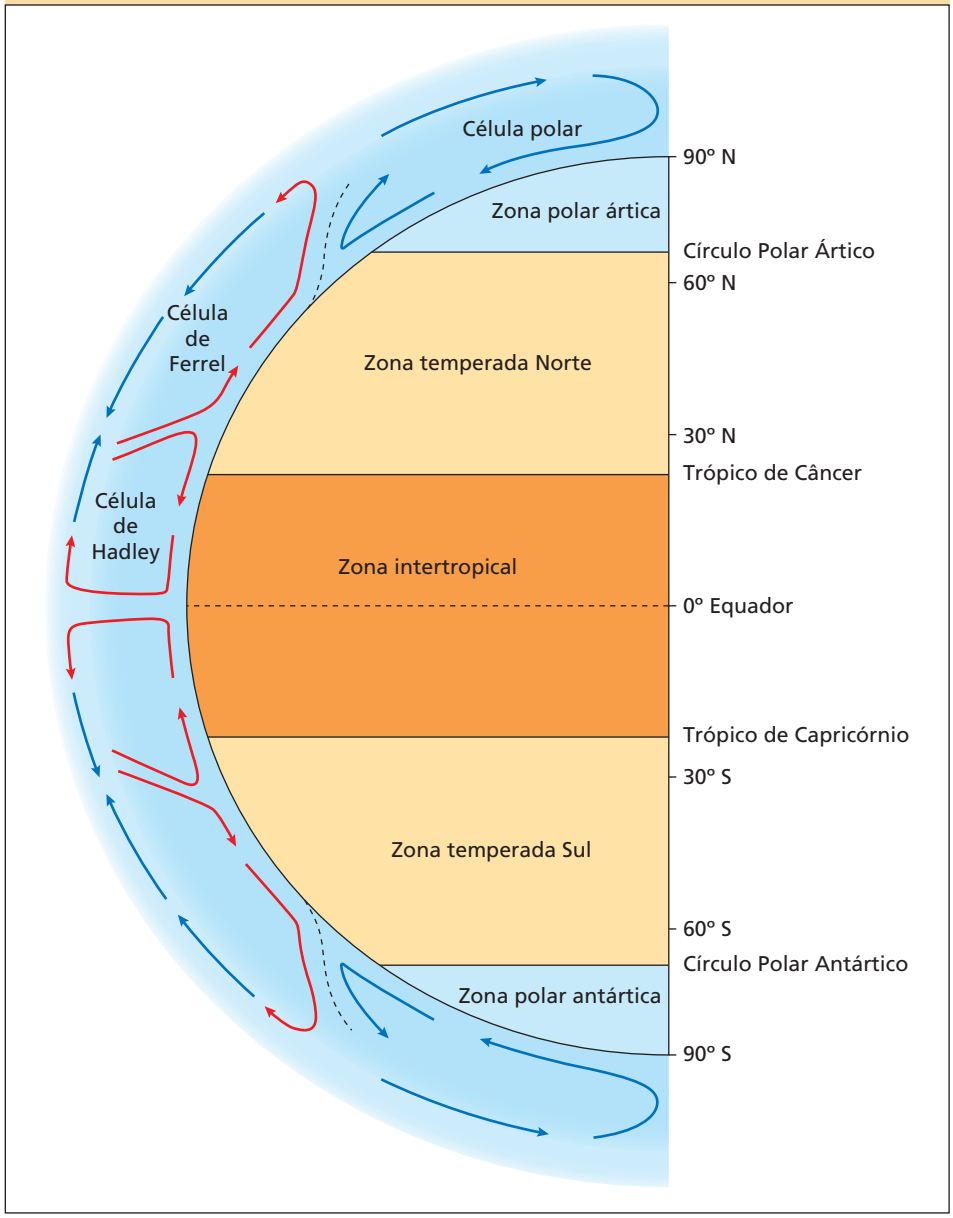
Representação esquemática das diferentes posições da Terra nos equinócios (palavra que significa "noites iguais") e nos solstícios (palavra que significa "Sol parado") em sua órbita ao redor do Sol. As datas indicadas marcam as mudanças das estações do ano em 2024, e as siglas HN e HS significam, respectivamente, hemisfério norte e hemisfério sul. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

As datas indicadas na imagem para os equinócios e os solstícios são referentes ao ano de 2024. Dependendo do ano, elas podem variar em um dia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O aquecimento diferencial da Terra em razão da latitude, associado ao movimento de rotação e de translação do planeta, determina a localização das principais **zonas climáticas**: polar, temperada e tropical ou intertropical. Essa forma de aquecimento origina os grandes padrões de circulação do ar que ocorrem em escala global.

Zonas climáticas



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada com base em CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

Representação esquemática de parte do planeta Terra, mostrando as zonas climáticas e as células de circulação atmosférica globais que as determinam. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

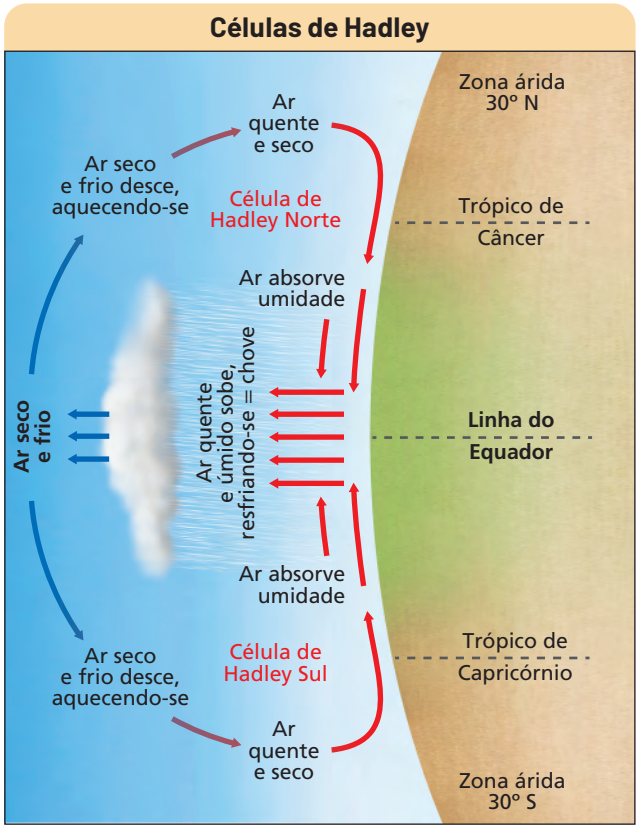
Em 1735, o meteorologista inglês George Hadley (1685-1768) propôs o modelo celular de circulação atmosférica na **troposfera**, modificado pelo meteorologista estadunidense William Ferrel (1817-1891) no século XIX. Segundo esse modelo, a circulação atmosférica ocorreria por meio de três tipos de célula em cada hemisfério, que seriam simétricas em relação ao Equador. Posteriormente, verificou-se que essa simetria ocorre apenas no outono e na primavera.

Troposfera: camada inferior da atmosfera terrestre que fica em contato com a superfície e se estende a uma altitude média de 12 quilômetros.

Entre o Equador e as latitudes de 30° Norte (N) e 30° Sul (S) formam-se duas células de circulação, chamadas **células de Hadley**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: LUTGENS, F. K.; TARBUCK, E.; HERMAN, R. **The atmosphere**: an introduction to meteorology. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2001.

Representação esquemática mostrando a circulação do ar entre o Equador e as latitudes 30° N e 30° S, com as duas células de Hadley. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Nos trópicos, o ar que chega à superfície é quente e seco, relacionando-se com a ocorrência de zonas áridas ou desérticas, e o ar próximo ao Equador é quente e úmido por causa das chuvas abundantes. Os ventos que chegam à superfície da Terra, a julgar pelas células de Hadley, deveriam convergir perpendicularmente para o Equador; contudo, por causa da rotação da Terra ocorrem obliquamente, soprando do sudeste, no hemisfério sul, e do nordeste, no hemisfério norte: esses são chamados alísios. Na maior parte da costa brasileira, os alísios sopram do mar para o continente, por isso são úmidos. A quantidade de vapor-d'água no ar estabelece a umidade do ar, geralmente apresentada em porcentagem em relação à concentração máxima de umidade em determinada temperatura e pressão, ou seja, **umidade relativa do ar**.

De modo similar às células de Hadley, entre as latitudes de 30° e 60°, ao Norte e ao Sul, formam-se outras duas células de circulação chamadas **células de Ferrel**, onde o ar aquecido sobe ao redor dos 60° de latitude. Em geral, nas regiões de ar descendente há poucas chuvas e nas de ar ascendente ocorre o inverso, havendo mais chuvas. Finalmente, entre as latitudes de 60° e 90°, também ao Norte e ao Sul, formam-se as **células polares**.

Fique por dentro

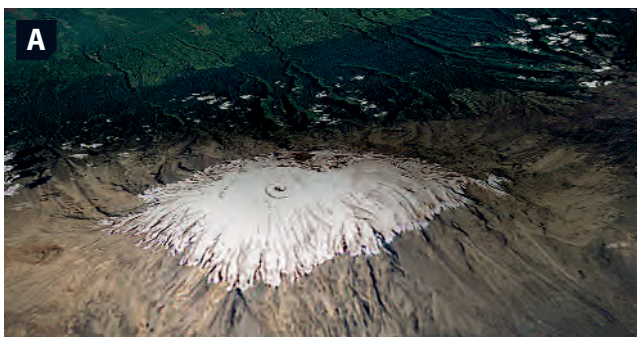
Mapa global de parâmetros climáticos e oceânicos

BECCARIO, C. Earth: um mapa global do vento, tempo e condições do oceano. Null School, [*s. l.*], *c.* 2024. Disponível em: https://earth.nullschool.net/pt/. Acesso em: 14 out. 2024.

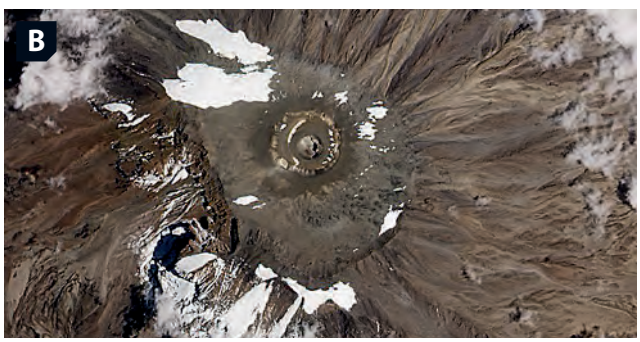
Site com animações da Terra mostrando diversos parâmetros climáticos e oceânicos, como ventos, correntes oceânicas, temperatura, poluentes, aerossóis e muitos outros. É possível personalizar a aparição de cada parâmetro individualmente, permitindo selecionar o que se deseja observar. Procure comparar diferentes latitudes e épocas do ano.

Efeito da altitude no clima

Além da redução da temperatura atmosférica à medida que nos aproximamos dos polos, ela diminui quando subimos para lugares mais altos, pois a camada de atmosfera sobre a região é menos densa, permitindo que maior quantidade de calor seja perdida para o espaço. A cada 200 m de altitude, a temperatura cai aproximadamente 1 °C. Assim, no alto das montanhas, mesmo em locais próximos do Equador, as temperaturas são mais baixas do que no entorno, com menor altitude. O monte Kilimanjaro, localizado na África, por exemplo, está praticamente na mesma latitude do Equador, mas, pelo fato de ser muito alto (mais de 4.500 m acima da planície savânica, chegando a 5.895 m acima do nível do mar), seu cume é coberto por neve e ali a temperatura se aproxima de –10 °C durante o dia.



NASA EARTH OBSERVATORY



NASA EARTH OBSERVATORY

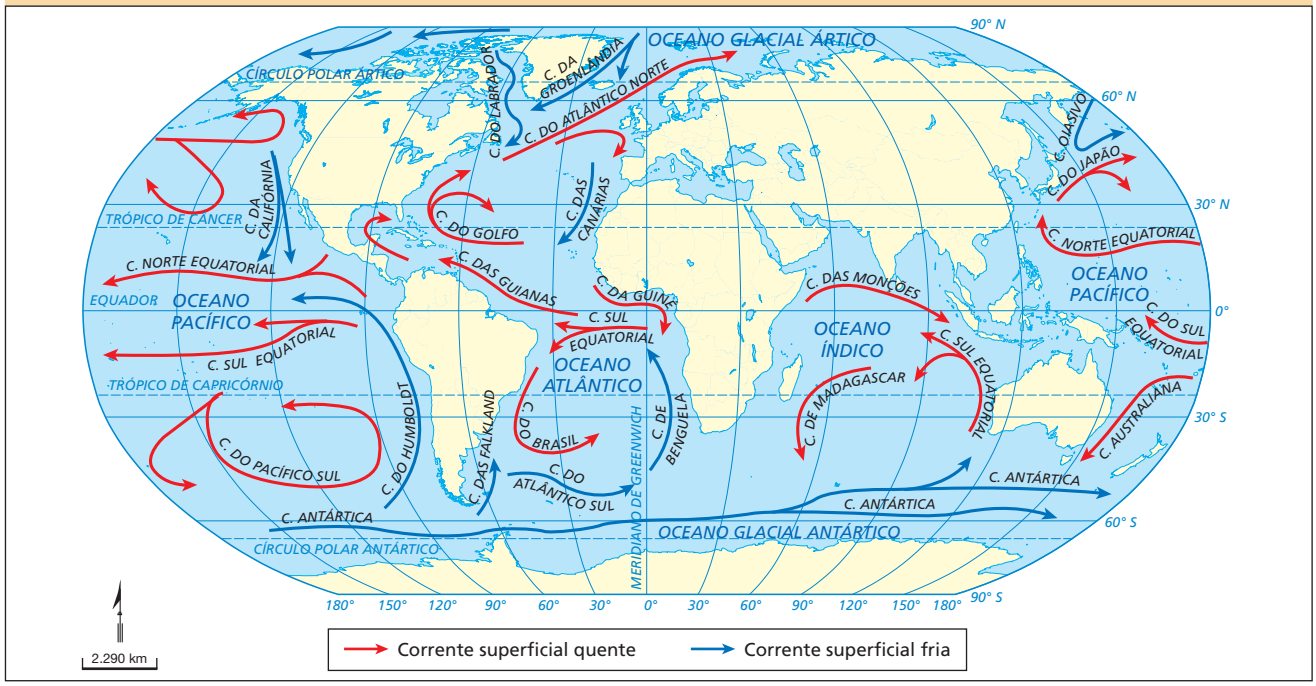
As geleiras, fontes de água insubstituíveis, podem desaparecer de várias cadeias de montanhas durante o século XXI. Nas fotos, podemos ver o monte Kilimanjaro, localizado no norte da Tanzânia, em 1993 **(A)** e em 2012 **(B)**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Efeito dos oceanos no clima

A energia solar que incide sobre os oceanos é parcialmente transformada em calor, que é emanado para a atmosfera ou transmitido, principalmente por meio da turbulência gerada pelas ondas, para as camadas de água subjacentes (até cerca de 100 m de profundidade). Além da distribuição vertical do calor na massa de água oceânica, as correntes superficiais conduzem horizontalmente o calor absorvido e o transferem para a atmosfera, determinando alterações climáticas locais ou regionais.

Principais correntes oceânicas superficiais



Fonte: FERREIRA, G. M. L. **Atlas geográfico**: espaço mundial. 5. ed. São Paulo: Moderna, 2019.

Mapa das principais correntes oceânicas do planeta. (Cores-fantasia.)

Como mostra a imagem anterior, as correntes frias dirigem-se para o Equador, e as correntes costeiras quentes, para os polos. Isso tem profunda relação com os climas das regiões costeiras: em mesma latitude (Trópico de Capricórnio), o clima é mais frio na costa sudoeste da América do Sul (Chile) do que na costa sudeste do mesmo continente (Brasil). O mesmo ocorre na África, ao sul do Equador.

Note como a corrente quente do Atlântico Norte, relacionada com a corrente do golfo do México, chega até o norte da Europa. Por isso, essa região tem clima mais ameno do que no Canadá, na mesma latitude.

Nos oceanos, a variação diária da temperatura é geralmente inferior à que ocorre no continente, pois a água demora mais que a superfície continental para esfriar e também para aquecer. Isso faz com que os oceanos contribuam para a moderação do clima, uma vez que a reserva de calor nas águas, adquirida nos períodos mais quentes, é, em parte, dissipada para a atmosfera nos períodos mais frios. Isso ocorre em consequência da alta capacidade térmica da água, propriedade que corresponde à quantidade de calor que um corpo necessita receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade.

El Niño e *La Niña*

Segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), *El Niño* e *La Niña* são parte de um mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que ocorre no oceano Pacífico Equatorial e na atmosfera sobrejacente, denominado *El Niño* Oscilação Sul (Enos). O Enos refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente (*El Niño*) ou mais frio (*La Niña*) do que a média normal histórica.

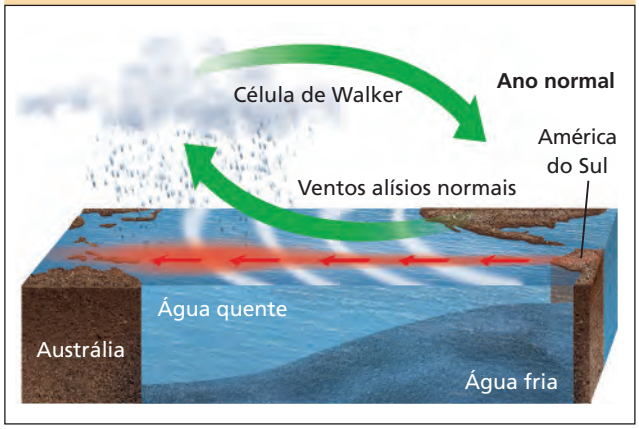
O evento está relacionado a uma variação na intensidade dos ventos alísios. No Pacífico Equatorial, em condições normais, esses ventos movem as águas quentes superficiais da costa do Peru na direção da Austrália, fazendo a água fria mais profunda da costa peruana se aproximar da superfície. Ao mesmo tempo, forma-se a chamada **célula de Walker**, que ocorre sobre o Equador entre as regiões a leste e a oeste (análoga às células de Hadley, que ocorrem na direção Equador-polos). Em anos normais, esses eventos causam a elevação de massas úmidas de ar sobre o Pacífico próximo à Austrália, levando à formação de chuvas abundantes nessa região. Já na costa oeste da América do Sul, a massa de água fria se aproxima da superfície, e o clima fica mais seco.

FERNANDO JOSÉ FERREIRA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Oceano e circulação atmosférica em anos normais



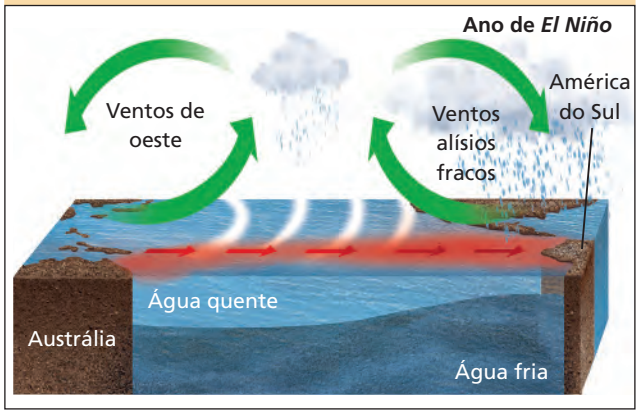
LÍGIA DUQUE/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215/16909. Acesso em: 14 out. 2024.

Representação esquemática, em corte, do oceano e da circulação atmosférica ao longo do Equador em anos normais. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Em anos de *El Niño*, os ventos alísios (de leste para oeste) ficam muito enfraquecidos e os ventos opostos (vindos do oeste) conseguem arrastar a água quente superficial na direção da América do Sul, onde as temperaturas de superfície se elevam. O efeito é um estreitamento da célula de Walker. Como as massas úmidas agora sobem nas proximidades da costa peruana, registram-se mais chuvas nessas regiões. Ao mesmo tempo, chove menos na região do Pacífico perto da Austrália.

Oceano e circulação atmosférica em anos de *El Niño*



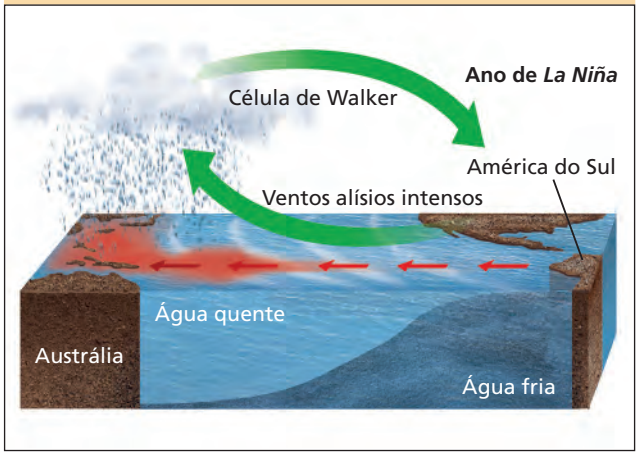
LÍGIA DUQUE/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em NATIONAL Ocean Service. What are El Niño and La Niña? **National Oceanic and Atmospheric Administration** (NOAA). Disponível em: https://oceanservice.noaa.gov/facts/ninonina.html. Acesso em: 28 out. 2024.

Representação esquemática, em corte, do oceano e da circulação atmosférica ao longo do Equador em anos de *El Niño*. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No caso de *La Niña*, os alísios ficam mais fortes que o normal, ativando mais a célula de Walker. Com isso, a movimentação da água quente de superfície na direção da costa da Austrália se intensifica, causando fortes precipitações nessa região. Além disso, essa movimentação resulta no afloramento de águas bastante frias na costa do Peru, onde o clima fica ainda mais seco e frio.

Oceano e circulação atmosférica em anos de *La Niña*



LÍGIA DUQUE/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em NATIONAL Ocean Service. What are El Niño and La Niña? **National Oceanic and Atmospheric Administration** (NOAA). Disponível em: https://oceanservice.noaa.gov/facts/ninonina.html. Acesso em: 28 out. 2024.

Representação esquemática, em corte, do oceano e da circulação atmosférica ao longo do Equador em anos de *La Niña*. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A mudança na temperatura do oceano Pacífico Equatorial acarreta efeitos globais na temperatura e na precipitação. No Brasil, em anos de *El Niño*, ocorre a redução das chuvas nas regiões Norte e Nordeste, causando secas mais intensas no Nordeste e aumentando a probabilidade de incêndios florestais na Amazônia. Na região Sul, esse fenômeno causa aumento de temperatura média e altos índices de precipitação. Na região Sudeste, observa-se um aumento moderado da temperatura média. Já em anos de *La Niña*, são vistas situações tão intensas quanto em anos de *El Niño*, mas ao contrário em cada região. Há aumento na intensidade da estação chuvosa na região Norte, ocasionando cheias expressivas de alguns rios; chuvas intensas e aumento da chegada de frentes frias no Nordeste; na região Sul, há diminuição da temperatura e estiagem, principalmente no verão e na primavera; na região Sudeste, por fim, há diminuição discreta da temperatura média. Esses são efeitos comuns, mas há variações. Pudemos verificar vários desses aspectos em 2023, ano de intenso *El Niño*.

As alterações associadas a eventos de *El Niño* e *La Niña* têm impacto direto nas populações das regiões afetadas, sejam elas populações humanas ou não.

Fique por dentro

El Niño no Brasil

EL NIÑO: saiba como foi a atuação do fenômeno no Brasil. **Instituto Nacional de Meteorologia**, Brasília, DF, 25 abr. 2024. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-saiba-como-foi-a-atua%C3%A7%C3%A3o-do-fen%C3%B4meno-no-brasil. Acesso em: 14 out. 2024.

Texto que traz, em detalhes, as alterações climáticas que ocorreram em 2023, em virtude do forte *El Niño* registrado nesse período.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor. Registre em seu caderno

1. Observe as ilustrações "Intensidade da radiação a diferentes latitudes" e "Equinócios e solstícios" apresentadas. Depois, analise as afirmações a seguir, classificando-as como verdadeiras ou falsas, e justifique sua resposta.
   - **a.** No dia do solstício de verão no hemisfério sul, um morador do município de Macapá (AP), na altura do Equador, verá o caminho que o Sol percorre no céu durante o dia do mesmo jeito que um morador no município de Sorocaba (SP), na altura do Trópico de Capricórnio.
   - **b.** Todos os anos, no mês de julho, quem mora na América do Norte recebe a energia solar de forma mais direta e concentrada do que quem mora no Brasil.

   Para cada teste a seguir, após indicar a alternativa correta, redija uma justificativa para sua resposta.
2. O efeito estufa 2. Alternativa **b**.
   - **a.** resulta da incidência direta da radiação infravermelha do Sol.
   - **b.** acontece em razão da absorção, por determinados gases componentes da atmosfera, do calor irradiado da superfície terrestre.
   - **c.** está principalmente relacionado ao gás oxigênio, daí o aumento da temperatura atmosférica por meio do surgimento dos organismos autotróficos.
   - **d.** é intensificado pela absorção do gás carbônico atmosférico pelos oceanos, que então se aquecem.
   - **e.** não sofre influência da concentração de vapor-d'água atmosférico.
3. A variação climática em razão da latitude deve-se principalmente: 3. Alternativa **a**.
   - **a.** à variação do ângulo de incidência dos raios solares ao atingirem a superfície terrestre.
   - **b.** à influência das correntes marítimas frias que se dirigem dos polos para o Equador.
   - **c.** à maior distância dos polos até o Sol, em relação à distância do Equador até o Sol, por conta da curvatura da superfície terrestre.
   - **d.** à influência dos ventos alísios, que convergem para o Equador, aquecendo essa região.
   - **e.** ao efeito das células de Hadley e Ferrel no Equador e nos trópicos, respectivamente.
4. Neste capítulo, você estudou que as variações climáticas na Terra dependem de diversos fatores, entre eles a latitude e a inclinação do eixo de rotação associadas à translação em torno do Sol. Em relação a isso, responda às questões a seguir.
   - **a.** Em que paralelo(s), entre os que delimitam as zonas climáticas, o Sol fica a pino ao meio-dia durante o solstício? Justifique sua resposta.
   - **b.** Por que, quando é inverno no hemisfério norte, é verão no hemisfério sul, e vice-versa?

Fatores naturais e antrópicos que afetam o balanço térmico da Terra

Há diversos fatores que afetam o balanço térmico da Terra, podendo causar aumento ou diminuição da temperatura atmosférica. Entre eles, destacam-se a intensidade da própria radiação solar, que varia ao longo do tempo, a concentração dos gases de efeito estufa e dos aerossóis e o albedo.

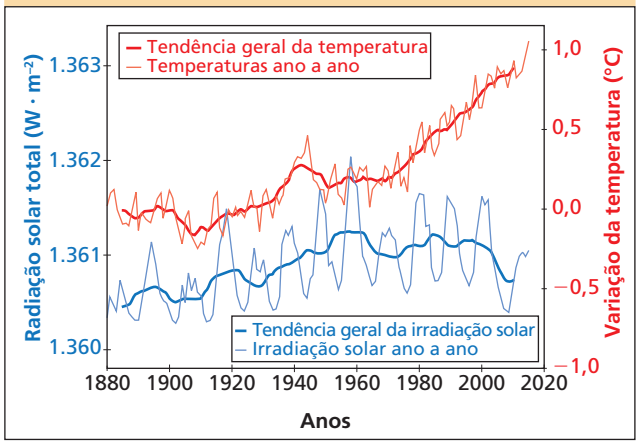
Radiação solar

Esse fator é muito influenciado por fenômenos cósmicos que envolvem a atividade solar, evidenciada por manchas solares. Além desses, também há fenômenos de longa duração (milhares de anos), os quais não discutiremos neste momento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O gráfico a seguir compara a variação da temperatura atmosférica na superfície da Terra com a variação da irradiação solar e suas tendências no período 1880-2019. Note como a radiação solar varia ciclicamente, em períodos de 11 anos – esses são os ciclos de manchas solares que evidenciam aumentos e reduções da irradiação. As correspondentes linhas mais grossas mostram as tendências após atenuarem-se graficamente as oscilações naturais de curto prazo. Desde os anos 1960, não há tendência de aumento da irradiação solar que possa explicar o aumento da temperatura na superfície terrestre (aquecimento global) verificado no período.

Variação da temperatura na superfície da Terra e da energia solar recebida pelo planeta



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: NASA. What Is the Sun's Role in Climate Change? **NASA**, Washington, DC, 6 set. 2019. Disponível em: https://science.nasa.gov/earth/climate-change/what-is-the-suns-role-in-climate-change/. Acesso em: 14 out. 2024.

Variação da temperatura da superfície terrestre e variação da radiação solar total no período entre 1880 e 2020. Note os picos de radiação correspondendo aos aumentos periódicos da atividade solar (curva da atividade ano a ano).

Gases de efeito estufa

ODS 13

Como já abordado, o aumento da concentração dos gases de efeito estufa é um fator que contribui para o maior aquecimento da Terra. Muitos gases são produzidos naturalmente, mas também podem decorrer das atividades humanas – é o caso do vapor-d'água, do gás carbônico e do metano, além do óxido nitroso (N_2O). Outros gases são principal ou exclusivamente **antropogênicos**, ou seja, têm origem em atividades antrópicas. É o caso dos clorofluorocarbonetos (CFCs), proibidos em 1987 pelo Protocolo de Montreal, hexafluoreto de enxofre (SF_6), que é 23,9 mil vezes mais potente como gás de efeito estufa do que o CO_2, mas que felizmente aparece com teores relativamente bem baixos.

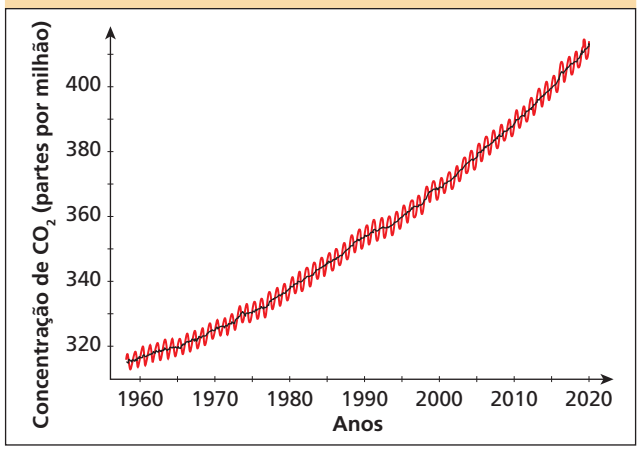
As principais fontes antropogênicas dos gases de efeito estufa são as atividades industriais, a produção e a utilização de energia, principalmente relacionada à queima de combustíveis fósseis, e o desflorestamento associado às queimadas, à expansão e à manutenção das atividades agropecuárias. O vapor-d'água é o mais abundante gás de efeito estufa e o que tem maior parcela de contribuição para o efeito estufa natural.

Com temperatura mais alta, mais água evapora da superfície para a atmosfera; além disso, aumenta a proporção máxima possível de vapor-d'água no ar. Com esse aumento, intensifica-se o efeito estufa e a temperatura sobe, favorecendo a evaporação de mais água para a atmosfera. Em contrapartida, com o aumento da umidade, também se expande a área coberta por nuvens; com isso, eleva-se a reflexão da energia – o albedo –, compensando em alguma medida a contribuição para o aquecimento atmosférico.

Excluído o vapor-d'água, o gás carbônico é considerado o principal gás responsável pelo efeito estufa, em razão de sua maior concentração na atmosfera em comparação com outros gases. Ele é absorvido principalmente pelos organismos fotossintetizantes e liberado por uma imensa parcela dos seres vivos presentes na biosfera, por exemplo, por meio da respiração. Esse gás também é liberado de forma natural em erupções vulcânicas. As atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e as queimadas, também liberam grandes quantidades de CO_2 na atmosfera, aumentando sua concentração.

O gás carbônico foi o primeiro gás de efeito estufa cujo aumento de concentração foi efetivamente registrado desde a metade do século XX até a atualidade. O químico estadunidense Charles David Keeling (1928-2005), em 1957, ajudou a implantar em vários lugares do mundo um programa de medidas diárias da concentração de CO_2 na atmosfera. O programa gera esses dados ininterruptamente desde 1959. O gráfico a seguir mostra que a tendência geral (linha preta) é fortemente ascendente, ou seja, está ocorrendo um indiscutível aumento da concentração de CO_2 na atmosfera.

Concentração de CO_2 na atmosfera de 1959 a 2020



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TRENDS in Atmospheric Carbon Dioxide (CO_2). **Global Monitoring Laboratory**, Hawaii, 2024. Disponível em: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/. Acesso em: 14 out. 2024.

Concentração do gás carbônico na atmosfera, de 1959 a 2020. A linha vermelha dos dados propriamente ditos mostra oscilações regulares, representando variações sazonais ano a ano.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A elevação da concentração de gás carbônico na atmosfera tem outra consequência ambiental, além da intensificação do efeito estufa. Trata-se da acidificação da água dos oceanos. Apesar de a absorção de CO_2 pelos oceanos auxiliar na tomada desse gás da atmosfera, diminuindo sua concentração como gás de efeito estufa, a acidificação dos oceanos impacta profundamente a diversidade marinha. Isso porque o gás carbônico (CO_2) e a água (H_2O) reagem formando o ácido carbônico (H_2CO_3) e diminuindo o pH da água. Além disso, os íons hidrogênio (H^+), liberados pelo ácido carbônico, ligam-se aos íons carbonato (CO_3^{2-}, praticamente insolúvel), formando íons bicarbonato (HCO_3^-, solúvel). Esse processo, que também é estudado na Química (equilíbrios químicos, por exemplo), causa a dissolução dos esqueletos de corais e de outros organismos (formados por carbonatos).

Outro gás de efeito estufa de destaque é o metano (CH_4). Ele absorve a radiação infravermelha muito mais intensamente que o CO_2 (cerca de 20 vezes mais), mas sua contribuição para o efeito estufa é relativamente menor em razão de sua concentração na atmosfera ser mais baixa. Esse gás pode ser gerado naturalmente pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica, muito comum em ambientes estagnados como pântanos. Sua produção é intensificada por meio de atividades humanas, como o cultivo de arroz em áreas alagadas e anóxicas, a inundação de áreas vegetadas para a construção de represas e a pecuária. Os processos digestivos dos ruminantes produzem cerca de 35% a 40% de todo o metano antropogênico. Atualmente, a concentração de CH_4 na atmosfera é a mais alta dos últimos 650 mil anos, tendo aumentado bastante ao longo do século XX, a ponto de quase dobrar a concentração pré-industrial.

Fique por dentro

Simulando o efeito estufa

EFEITO ESTUFA. **PhET Interactive Simulations**, Colorado, [20--] Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_pt_BR.html. Acesso em: 14 out. 2024.

A página permite simular o efeito estufa e verificar suas consequências na temperatura da superfície, variando até mesmo a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

Aerossóis naturais e antropogênicos

Ao estudarmos o balanço energético da Terra (retome a ilustração "Balanço energético da Terra"), foi abordado que, tanto nas nuvens quanto na atmosfera, parte da radiação solar é absorvida e parte é refletida ou dispersada. Nas nuvens, há gotículas de água; e na atmosfera, ocorrem diversos tipos de partícula sólida ou líquida de origem natural ou antrópica, que são os **aerossóis**.

Atualmente é consensual no mundo científico a influência dos aerossóis no balanço térmico do planeta. O modo como se dá essa influência, entretanto, varia muito de acordo com o tipo de aerossol e o cenário. Há aerossóis que atuam absorvendo energia e aumentando o aquecimento, como as partículas de carbono ou fuligem, e outros que refletem energia, diminuindo o aquecimento, como os aerossóis de sulfato. Os aerossóis de sulfato são formados pela reação de compostos sulfurosos (como o SO_2) emitidos por processos biológicos, por vulcões e por atividades antropogênicas, com a água.

A atividade vulcânica produz grande quantidade de aerossóis de vários tipos. Cinzas finas podem permanecer por longo tempo em suspensão na atmosfera e afetar fortemente o clima global. Foi o caso da erupção do vulcão Pinatubo, nas Filipinas, em junho de 1991. O impacto desse evento se estendeu por mais de 2 anos, por causa da longa permanência dos aerossóis na estratosfera, e chegou a reduzir a temperatura atmosférica global em 0,4 °C.

Várias atividades humanas liberam aerossóis na atmosfera. A queima incompleta de combustíveis fósseis e a derrubada e queima de vegetação, além de emitirem gases de efeito estufa, produzem grande quantidade de aerossóis incorporados à fumaça, sobretudo fuligem ou carbono negro. Esse tipo de material na atmosfera absorve intensamente a radiação solar, mas o efeito sobre a temperatura atmosférica pode variar, dependendo de outros fatores. Se a fuligem se deposita sobre superfícies claras, o albedo reduz, e a tendência é o aquecimento, mas, quando ela sobe muito na atmosfera, há um bloqueio de parte da energia incidente que chegaria à superfície, e então a tendência é de resfriamento.

Albedo

A proporção de energia radiante refletida pela superfície terrestre e por materiais presentes na atmosfera em relação à energia incidente é chamada albedo: trata-se de um valor entre 0 e 1 ou entre 0% e 100%. Materiais claros refletem mais luz visível do que os escuros. Assim, nuvens, desertos de areia e regiões cobertas pela neve ou pelo gelo contribuem positivamente para o aumento do albedo.

Qualquer fenômeno que resulte em escurecimento da superfície, como a retração de superfícies geladas tanto nos mares polares quanto nas áreas continentais, contribui para a diminuição do albedo e o aumento da temperatura atmosférica, realimentando o degelo e amplificando o aquecimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM FOCO Mudanças climáticas e os indígenas

Neste momento, vamos abordar uma realidade que costuma passar despercebida quando se discutem as mudanças climáticas: a dos povos indígenas. Quais são as mudanças que mais os impactam? Como será que esses povos sentem o impacto dessas mudanças? O que pode ser feito a respeito?

ODS 13

Para aprimorar sua compreensão sobre o assunto, selecionamos trechos de um texto publicado em 2021 pelo Conselho Indigenista Missionário, que divulgou pontos de vista de alguns indígenas entrevistados. Leia-o com atenção e, ao final, realize as atividades propostas.

[...]

Há alguns anos, falar sobre mudanças climáticas parecia algo distante e até soava aos ouvidos de muitas pessoas como "papo de ambientalista". Mas, infelizmente, elas já fazem parte da nossa realidade: ondas de calor, queimadas, elevação do nível do mar, longos períodos de seca e disseminação de doenças são só alguns dos fenômenos que retratam as alterações no clima global.

[...]

Mas você já parou para refletir sobre como esses eventos climáticos atingem a vida dos povos indígenas? Para a presidenta do Comitê Global e Regional para Parceria com Povos Indígenas e Populações Tradicionais, Francisca Arara, mesmo preservando e mantendo a floresta em pé, os povos já sofrem os impactos das mudanças do clima, direta ou indiretamente.

"A segurança alimentar é um dos principais problemas que enfrentamos. Estamos perdendo alimentos em razão de alagamentos inesperados e do calor excessivo. Além disso, as chuvas estão ocorrendo fora de época e não temos mais um calendário tradicional como antes. Tudo mudou", lamentou.

[...]



LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Queimada na terra indígena Meruri – etnia Bororo (General Carneiro, MT, 2018).

Francisca também fez um alerta sobre os cuidados a longo prazo. "É muito importante que os povos indígenas comecem a montar estratégias para guardar as sementes tradicionais, pensando já no futuro. Mas é preciso também assegurar políticas que resguardem os nossos direitos, porque, logo mais, podemos sofrer com a perda da alimentação, dos peixes, da caça, dos legumes e das frutas. Precisamos nos preparar para as mudanças que virão".

[...]

"Os reservatórios das hidrelétricas são grandes responsáveis pela liberação do metano, um dos gases que intensificam o efeito estufa. Mais uma vez falando sobre o Mato Grosso, onde existe a previsão de construir centenas de hidrelétricas 'a toque de caixa', as usinas começam as operações sem antes avaliarem os componentes indígenas da área. Isso acaba, inclusive, com os peixes, que fazem parte dos alimentos deles", lamentou.

"Rio secou"

Mas não são só as queimadas que retratam os sintomas das mudanças climáticas no planeta. Na Aldeia Japuíra (MT), do povo Myky, um córrego secou pela primeira vez, de acordo com Typyu Myky. "Aqui está ocorrendo muito desmatamento, a monocultura está avançando em nosso território, estão fazendo pastagem em torno das nascentes. O córrego que nunca secava, em 2021 secou. Não tinha uma gota d'água", disse Typyu [...].

Segundo Typyu, o córrego era usado pelas pessoas da comunidade para tomar banho, lavar roupa e para o lazer das crianças. Typyu contou que, em uma conversa que teve com seu sobrinho, de apenas seis anos de idade, foi questionado do porquê de o córrego não existir mais no local.

"Meu sobrinho é muito esperto e ele me abordou: 'tio, quando eu era mais novo, banhei aqui no córrego com meus amiguinhos. Ele era fundo, até eu tinha medo de mergulhar. Mas, agora, estou vendo o córrego secar, as pedras já estão do lado de fora e os peixinhos estão morrendo. Por que isso está acontecendo, tio?'", narrou.

[...] Typyu também falou sobre os impactos socioambientais na realidade do povo Myky. "A água era bem transparente e não suja como está hoje. Agora, para tomarmos banho, temos que nos deslocar até o Rio Papagaio, que fica a 8 quilômetros de distância da aldeia, é muito longe. O córrego ficava muito perto de nós, apenas 400 metros da aldeia", lamentou.

[...]

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

"Os povos indígenas precisam ter mais participação [nas] tomadas de decisão. A gente sabe que a demarcação das terras indígenas é uma barreira para combater as mudanças climáticas, porque temos um grande estoque de carbono. Os nossos conhecimentos tradicionais têm muito a contribuir para combater o aquecimento global, cuidamos dos nossos territórios pensando em todo o planeta. Então é muito importante que as políticas públicas não sejam mais 'inventando roda', mas sim dialogando com os povos indígenas", finaliza Arara.

Em coro com Francisca Arara, Natália reforça a importância de haver uma presença mais forte dos povos indígenas nas tomadas de decisão do país. "Precisamos de políticas que favoreçam a recuperação de áreas degradadas, que resguardem as terras indígenas e arredores para que não sofram impactos no entorno dos territórios, que respeitem as áreas de reservas legais e de proteção ambiental. Além disso, é necessário que esses grandes empreendimentos levem em consideração os componentes indígenas e façam audiências de consulta em um nível de comunicação justo".

[...]

Fonte: OLIVEIRA, M. Mudanças climáticas: um grande desafio para os povos indígenas. **Conselho Indigenista Missionário**, Brasília, DF, 16 nov. 2021. Disponível em: https://cimi.org.br/2021/11/mudancas-climaticas-um-grande-desafio-para-os-povos-indigenas/. Acesso em: 14 out. 2024.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Quais consequências das mudanças climáticas que afetam o seu cotidiano os indígenas entrevistados comentam no texto?
2. O texto mostra a preocupação dos indígenas com a perda da diversidade da qual dependem, principalmente, para a alimentação. Qual é a proposta dos indígenas para mitigar esse efeito?
3. À luz do que foi apresentado no texto e de seus conhecimentos, discuta com os colegas como vocês avaliam a importância da demarcação de terras indígenas, algo que depende de autoridades públicas. Quais vocês consideram que seriam os principais obstáculos a novas demarcações? E para o sucesso, em termos de efetiva conservação ambiental, das demarcações já feitas?
4. Discutam como a participação de maior proporção de indígenas no parlamento brasileiro pode contribuir para evitar os problemas destacados no texto.

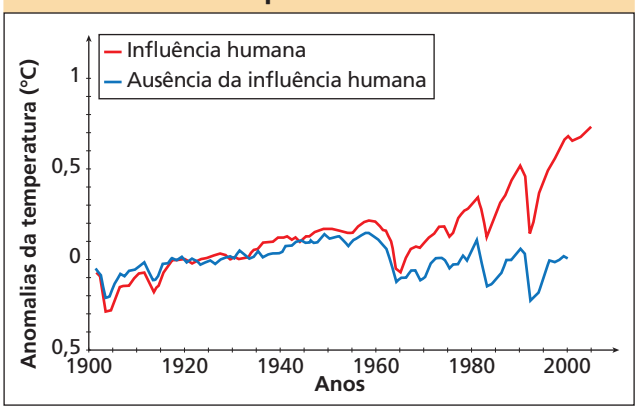
OBJETO DIGITAL
Infográfico clicável: Evidências do aquecimento global no Brasil

Qual é a contribuição antrópica para o aquecimento global?

ODS 13

A realidade do aquecimento global é cientificamente comprovada por fartas evidências, inclusive por medidas diretas. No entanto, há muita discussão sobre até que ponto ele é um processo natural inevitável ou resultado das atividades humanas. Os dados disponíveis sobre diversos fatores que podem afetar a temperatura atmosférica na superfície do planeta apontam para a segunda possibilidade.

Anomalias da temperatura entre 1900 e 2000



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: NASA EARTH OBSERVATORY. If Earth has warmed and cooled throughout history, what makes scientists think that humans are causing global warming now? Disponível em: https://earthobservatory.nasa.gov/blogs/climateqa/if-earth-has-warmed-and-cooled-throughout-history-what-makes-scientists-think-that-humans-are-causing-global-warming-now/. Acesso em: 14 out. 2024.

Mudança na temperatura média anual da superfície terrestre apenas com causas naturais (curva em azul) e com causas humanas e naturais (curva em vermelho).

As principais evidências que apontam para causas antrópicas do aquecimento global são:

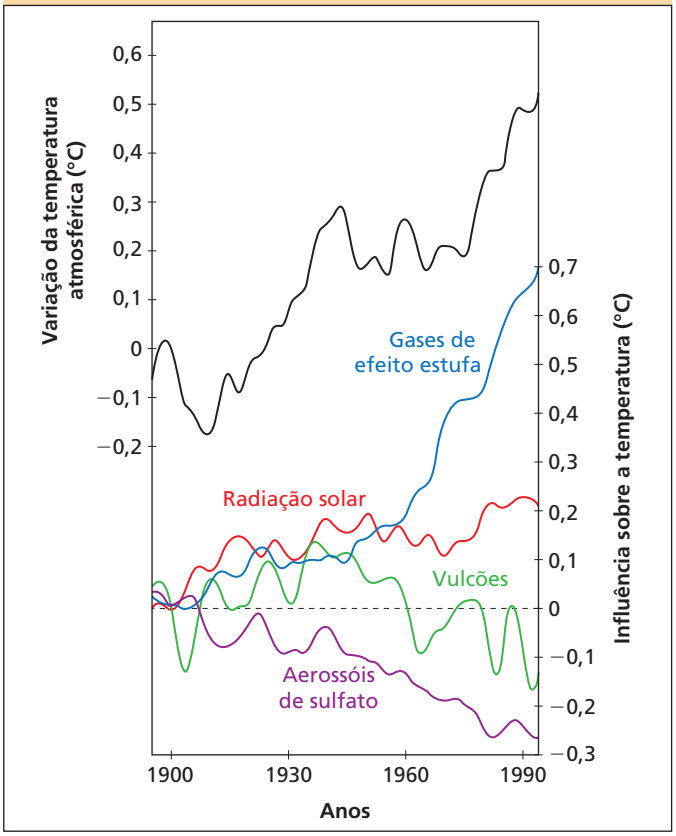
- após os períodos glaciais, ocorreram aquecimentos globais em que a temperatura levou cerca de 5 mil anos para se elevar entre 4 °C e 7 °C. Em contrapartida, só no século passado a temperatura média subiu 0,7 ºC, ou seja, aproximadamente oito vezes mais rápido que a média das pós-glaciações. Portanto, a velocidade do aquecimento recente é muito maior.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

- as observações mostram que as potenciais causas naturais (radiação solar e vulcanismo) não explicam a rápida e acentuada variação térmica evidenciada pelos dados.
- mesmo considerando com cautela a forte correlação entre o aumento da concentração do gás carbônico na atmosfera e o aumento da temperatura do planeta, não é razoável negar a intensificação do efeito estufa com a acentuada elevação da concentração de CO_2. Afinal, trata-se de um fenômeno físico. O que pode ocorrer é algum tipo de compensação do efeito estufa por eventuais fatores a favor do resfriamento.

Ao longo do capítulo, você estudou que diversos fatores foram apontados como possivelmente relacionados ao aquecimento global, como atividade solar, concentração de aerossóis e gases de efeito estufa na atmosfera. Alguns desses fatores são positivos e outros são negativos, contribuindo para o aquecimento e para o resfriamento, respectivamente. Contudo, ao juntá-los em um só gráfico, observa-se que o padrão de elevação da temperatura nas últimas décadas segue principalmente o padrão de aumento das concentrações de gases de efeito estufa.

Variação da temperatura atmosférica por fatores diversos



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: MEEHL, G. A. *et al*. Combinations of Natural and Anthropogenic Forcings in Twentieth-Century Climate. **Journal of Climate**, Boston, v. 17, n. 19, p. 3721-3727, 2004. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/17/19/1520-0442_2004_017_3721_conaaf_2.0.co_2.xml. Acesso em: 14 out. 2024.

Variações de temperatura global em relação à referência considerada normal (0) e influência de fatores diversos ao longo do século XX.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor. Registre em seu caderno

5. Analise o gráfico "Variação da temperatura na superfície da Terra e da energia solar recebida pelo planeta", apresentado anteriormente, e responda.

a. O gráfico mostra duas curvas de dados observados e suas respectivas curvas com oscilações matematicamente atenuadas para observação de tendências. A partir de quando, aproximadamente, a temperatura da superfície da Terra passou a mostrar uma elevação acentuada e constante?

b. Considerando a janela de tempo abrangida pelo gráfico, qual é a tendência da intensidade da radiação solar total a partir da década que você respondeu no item anterior?

c. Como você interpreta o aumento do distanciamento entre as duas curvas na segunda metade do eixo das abcissas?

6. Discuta com os colegas que evidências vocês apresentariam em uma defesa da hipótese de que o aquecimento global não resulta apenas de causas naturais. Considerem o que aprenderam no capítulo e, se puderem, aprofundem com pesquisa adicional.

7. Dê um exemplo de fator com impacto negativo sobre o aquecimento da atmosfera, ou seja, que favorece o resfriamento.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Sobre os fatores que afetam o balanço térmico da Terra, indique a alternativa correta. 1. Alternativa **c**.

a. O albedo é uma medida de quanta radiação é absorvida pela superfície terrestre em relação à radiação incidente.

b. Aerossóis são todas as partículas sólidas em suspensão na atmosfera.

c. Aerossóis de sulfato são partículas que podem ser formadas pela combinação de óxidos de enxofre com a água.

d. A desertificação é um fator que reduz o albedo.

e. As nuvens podem atuar aumentando a temperatura ao refletirem radiação solar.

2. A inclinação do eixo de rotação da Terra e a manutenção de sua orientação ao longo de toda a órbita em torno do Sol resultam em: 2. Alternativa **d**.

a. dias mais longos e noites mais curtas durante o inverno nos dois hemisférios.

b. dias mais longos simultaneamente nos dois hemisférios.

c. verão simultaneamente nos dois hemisférios alternando-se com inverno.

d. diferentes estações do ano quando se compara o hemisfério norte com o hemisfério sul em dado momento.

e. diferenciação térmica simétrica entre o Equador e os dois polos ao longo de todo o ano.

3. Faz parte da influência dos oceanos sobre o clima: 3. Alternativa **d**.

a. induzir noites mais quentes nas regiões litorâneas.

b. aumentar a amplitude das variações térmicas globais.

c. intensificar o aquecimento atmosférico global.

d. produzir aquecimento local em razão de correntes quentes.

4. (Enem)

Os fundamentos da meteorologia tropical, como mostrou Richard Grove, foram estabelecidos durante o grande El Niño de 1790-91, que, além de levar a seca e a fome a Madras e Bengala, desmantelou a agricultura em várias colônias caribenhas da Inglaterra. Pela primeira vez, medições meteorológicas simultâneas, milhares de milhas distantes entre si, sugeriram que aquelas condições de tempo extremo talvez estivessem associadas em todos os trópicos — uma ideia que só seria completamente desenvolvida durante a seca global de 1876-78.

DAVIS, M. Holocaustos coloniais: clima, fome e imperialismo na formação do Terceiro Mundo. Rio de Janeiro; São Paulo: Record, 2002.

O fenômeno climático citado ocorre periodicamente e tem como causa o aumento da 4. Alternativa **d**.

a. atuação da Massa Equatorial Continental.

b. velocidade dos ventos no Hemisfério Sul.

c. atividade vulcânica no Círculo do Fogo.

d. temperatura das águas do Pacífico.

e. liquefação das geleiras no Ártico.

5. (UPM-SP)

O papel dos oceanos no clima do globo é muito importante. A massa líquida recobre 71% da superfície do planeta, sendo que no hemisfério Sul essa porcentagem sobe para 81%, caindo para 51% ao norte do Equador.

A temperatura das águas do mar é responsável pela estabilidade ou instabilidade da atmosfera em toda a sua área de influência, assim como pela variação do volume da evaporação, que é duas vezes mais intensa sobre os oceanos do que sobre os continentes. Esse excedente é, em parte, transportado pelas correntes aéreas em direção a áreas continentais, onde provoca nebulosidade e precipitação.

CONTI, José B. e FURLAN, Sueli A. *In*: ROSS, Jurandyr L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 2011. p. 97.

A partir do texto anterior, avalie estas afirmativas.

I. O sentido da circulação oceânica transfere grandes massas de água para latitudes muito diferentes de sua origem. Assim, águas frias são deslocadas para regiões tropicais; águas quentes, para as altas latitudes, processo que, embora concorra para o equilíbrio térmico do globo, produz os contrastes na distribuição das chuvas.

II. Os oceanos constituem áreas que oferecem boas condições para a formação de massas de ar. Do dinamismo dessas massas depende as características climáticas de quase todo o globo.

III. O *El niño*, que ocorre a intervalos irregulares e afeta o comportamento climático de grande parte do planeta, diferente da *La niña*, não é considerado um fenômeno oceânico.

Está correto o que se afirma em 5. Alternativa **d**.

a. I, apenas.

b. II, apenas.

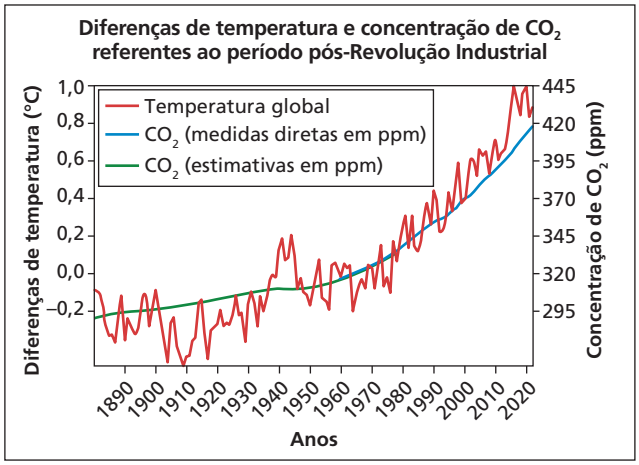
c. III, apenas.

d. I e II, apenas.

e. II e III, apenas.

6. Atualmente, fala-se muito sobre o fenômeno de aquecimento global cujas causas vêm sendo amplamente discutidas. Analise o gráfico a seguir, que representa a variação da temperatura atmosférica global no período pós-Revolução Industrial, além da concentração de gás carbônico (CO_2) na atmosfera.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em CO_2.EARTH, British Columbia, *c.* 2024. Disponível em: https://www.co2.earth/. Acesso em: 14 out. 2024.

Os valores de temperatura indicados no gráfico são diferenças em relação à média de um período arbitrário.

Agora, com base no gráfico e em seus conhecimentos, indique a alternativa correta. 6. Alternativa **b**.

a. Na Revolução Industrial, intensificou-se a queima de combustíveis fósseis, principal fator responsável pelo aumento da concentração de CO_2 na atmosfera associado a um forte aquecimento da atmosfera, que perdurou até cerca de 1930.

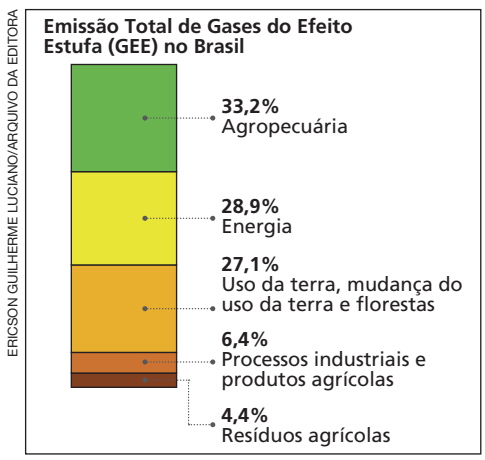
b. A aceleração do aquecimento global a partir de 1950 pode estar relacionada com o forte incremento na concentração de CO_2 na atmosfera.

c. Não é possível relacionar a variação da temperatura com a variação da concentração de CO_2.

d. A Revolução Industrial contribuiu beneficamente com o efeito estufa, pois muitas fábricas substituíram os campos de gado, principais responsáveis pelo lançamento de gás metano na atmosfera.

e. A Revolução Industrial contribuiu beneficamente com o efeito estufa, pois o lançamento de cada vez mais gás carbônico na atmosfera ajuda a manutenção da temperatura adequada para a vida na Terra.

7. (Fuvest-SP)



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Revista Fapesp, 2022. Adaptado.

Segundo os dados apresentados e seus conhecimentos, é possível afirmar que, no Brasil, 7. Alternativa **a**.

a. a agropecuária é a atividade econômica com maior emissão na forma de gás metano, resultante do processo fermentativo da digestão celulósica nos ruminantes.

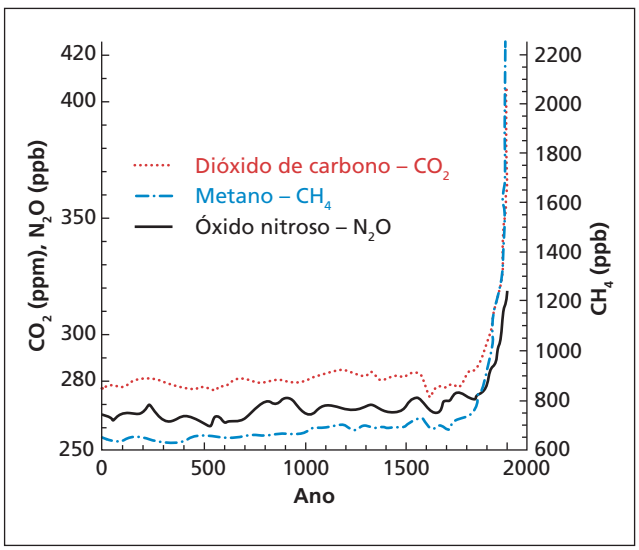
b. os resíduos agrícolas têm pouca contribuição no total emitido à atmosfera na forma de cloretos e sulfetos originados de seu intemperismo, com baixos teores de carbono.

c. os processos industriais contribuem com emissões significativas de GEE na forma de gás metano, resultante da atividade microbiana sobre os compostos nitrogenados.

d. as mudanças no uso da terra, em que há a substituição de florestas por áreas cultivadas, respondem por cerca de metade da emissão de GEE a partir de bactérias e fungos.

e. o setor de energia é um grande emissor de GEE na forma de óxido nítrico, metano e dióxido de carbono, resultantes de todos os processos de geração de energia.

8. (Fuvest-SP)



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

IPCC 4th Report Main Findings. Disponível em: https://www.inforse.org/. Adaptado.

O gráfico apresentado mostra as concentrações atmosféricas dos principais gases de efeito estufa até o ano 2000, sendo eles: CO_2, quantificado em partes por milhão (ppm), N_2O e CH_4, ambos quantificados em partes por bilhão (ppb). Em junho de 2022, a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) reportou que, naquela data, os níveis de CO_2 na atmosfera encontravam-se em torno de 420 ppm. Esse valor é muito superior à concentração média de aproximadamente 280 ppm, existente antes da Revolução Industrial. Com base nessas informações e em seus conhecimentos, é correto afirmar:

a. Apesar do grande aumento nas quantidades dos três principais gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, seus níveis passaram a estabilizar por volta do ano 2000. 8. Alternativa **e**.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

b. A mecanização resultante da Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, causou grandes mudanças nos meios de produção, com a utilização de energias renováveis.

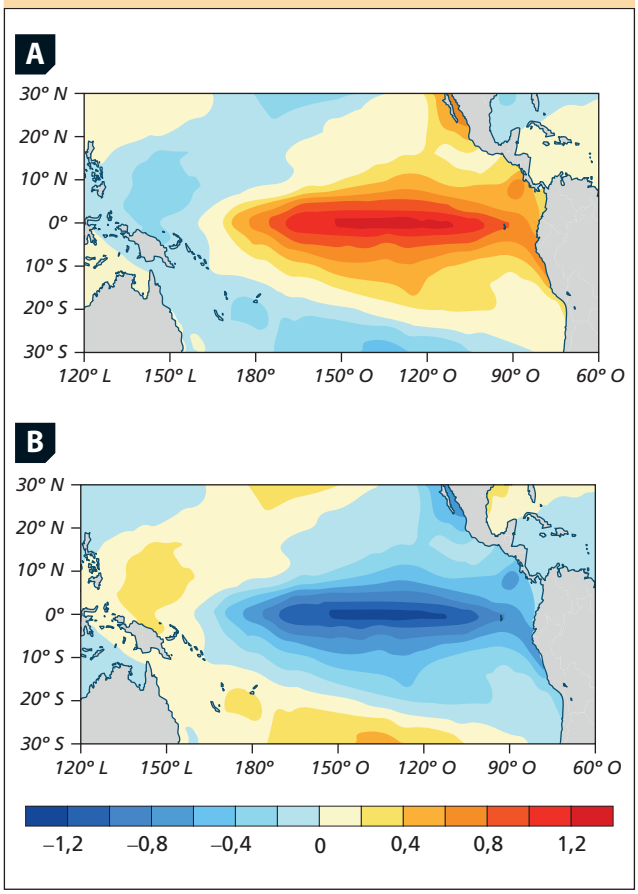
c. O plantio de árvores em grande escala acentua o aquecimento global, devido à liberação de gases do efeito estufa na atmosfera.

d. O aquecimento global é um fenômeno recente, já que a Terra teve um clima com temperaturas constantes durante sua existência.

e. O efeito estufa é um fenômeno intensificado a partir da Revolução Industrial, devido às atividades humanas emissoras de CO_2, que contribuem para o aquecimento global.

9. Analise os mapas a seguir que mostram temperaturas médias das águas superficiais do Pacífico Equatorial durante eventos de *El Niño* e *La Niña* entre 1949 e 2015. Note que não está indicado a que evento se relaciona cada mapa.

Padrões térmicos do *El Niño* e *La Niña*



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: LI, B. *et al*. Asymmetric Response of Predictability of East Asian Summer Monsoon to ENSO. **SOLA**, Kyoto, v. 14, p. 52-26, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Composite-anomalies-of-SST-over-tropical-Pacific-Ocean-in-DJF-for-selected-a-El-Nino_fig2_324766234. Acesso em: 14 out. 2024.

Padrões térmicos das águas superficiais do Pacífico Equatorial na média dos eventos *El Niño* e *La Niña*, de 1949 a 2015.

Nos mapas, os números da escala de cores indicam a diferença (anomalia de temperatura) entre a temperatura média durante os eventos e a temperatura média geral do período. Nas ordenadas, estão indicados os valores de latitude.

Agora, responda à seguinte questão: Considerando as temperaturas da água superficial do mar, associe os mapas **A** e **B** a *El Niño* ou *La Niña*. Justifique sua resposta.

10. ODS 13 Uma das principais recomendações globais para tentar mitigar os efeitos do aquecimento global é reduzir drasticamente o uso de veículos movidos à queima de combustíveis fósseis. Junte-se a mais dois colegas e discutam a relevância dessa recomendação. Depois, debatam medidas públicas que podem ser adotadas no município em que vivem para chegar a essa meta. Reflitam sobre os diversos aspectos envolvidos e sobre a possibilidade de implantação. Para isso, escrevam uma carta para a prefeitura com a sugestão de vocês, justificando sua importância.

11. O Potencial de Aquecimento Global (GWP, sigla em inglês, *Global Warming Power*) é uma grandeza que quantifica o impacto de um gás de efeito estufa (GEE) em relação ao gás dióxido de carbono (CO_2) ao longo de um período de tempo, geralmente 100 anos. Por exemplo, se um gás tem um GWP de 25, isso significa que ele tem 25 vezes mais impacto no aquecimento global do que o CO_2.

Analise os dados do quadro a seguir, que traz os valores de GWP de alguns GEE.

Fórmula química	Nome	GWP (100 anos)
CO_2	Dióxido de carbono	1
CH_4	Metano	21
N_2O	Monóxido de dinitrogênio	310
$CH_3C\ell$	Clorometano	45
$CH_2C\ell_2$	Diclorometano	31
$CHC\ell_3$	Triclorometano (clorofórmio)	4
$CC\ell_4$	Tetraclorometano (tetracloreto de carbono)	1.400
CH_3F	Fluorometano	150
CH_2F_2	Difluorometano	650
CHF_3	Trifluorometano	11.700
CF_4	Tetrafluorometano	6.500

Fonte: elaborado com base em FORSTER, P. (coord.). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Climate Change 2007: the physical science basis. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. p. 213.

Agora, responda às seguintes questões:

a. Quais padrões existem nos dados apresentados na tabela?

b. Ao calcular o impacto no aquecimento global de um gás, com base no valor de GWP, quais informações são relevantes? Explique.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 15

Tecidos e saúde humana



HISPANOLISTIC/GETTY IMAGES

Conhecer os tecidos do corpo humano e suas funções permite estruturar atividades físicas orientadas para a necessidade de cada pessoa. Além disso, é importante para prevenir e tratar lesões, um dos focos da Fisioterapia.

ODS 3

A Histologia (do grego, *histos* = tecido; *logos* = estudo) é a área da Biologia que estuda os tecidos. As principais técnicas de preparo de material histológico para análise foram apresentadas no capítulo 5. Focaremos agora nos tecidos do corpo humano.

Por meio da Histologia, é possível distinguir não apenas condições saudáveis, mas também patológicas dos tecidos, permitindo identificar vários problemas de saúde. Esse conhecimento fundamenta a realização de biópsias, nas quais pequenos fragmentos de tecidos e/ou órgãos são retirados para estudo, visando investigar alterações que podem ser sugestivas de doenças, como o câncer. O estudo dos tecidos do corpo humano tem, assim, profundo impacto na Medicina, abrangendo diversos aspectos dessa área, mas não se limitando a ela. Na Medicina Regenerativa, por exemplo, cientistas têm pesquisado como células-tronco podem ser usadas para regenerar tecidos danificados.

Nos esportes, compreender os tecidos ajuda a otimizar o treinamento e a identificar fatores de risco, causas e mecanismos fisiológicos por trás das lesões, a fim de evitá-las. Na Fisioterapia, esse conhecimento é importante para desenvolver tratamentos em prol da reabilitação de lesões, por exemplo.

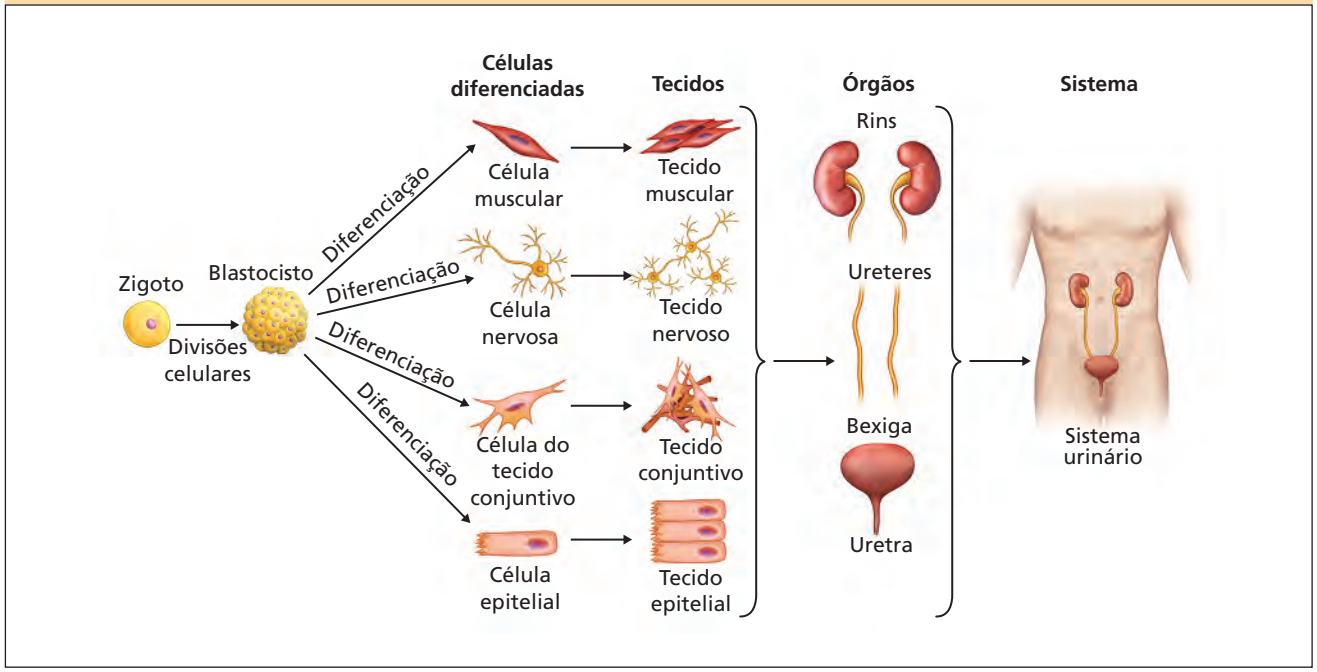
Neste capítulo, vamos analisar os tecidos **epiteliais** (ou **epitélios**), **conjuntivos**, **musculares** e **nervoso**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Células-tronco e tecidos do corpo

Toda a diversidade de células do corpo humano deriva do zigoto formado no momento da fecundação. Embora cada célula do corpo tenha a mesma informação genética, ao longo do desenvolvimento embrionário ocorre o processo de diferenciação celular, com ativação e inativação diferencial de genes, o que leva ao surgimento de células com formas e funções distintas.

Níveis de organização desde célula até sistema



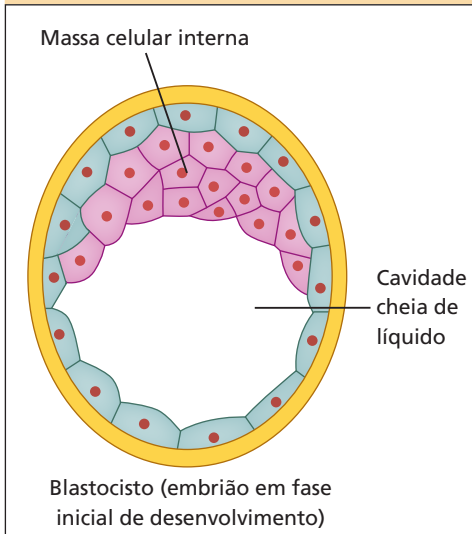
LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: WIDMAIER, E. P.; RAFF, H.; STRANG, K. T. **Vander, Sherman & Luciano – Fisiologia Humana:** os mecanismos das funções corporais. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

Representação dos níveis de organização mostrando que, a partir do zigoto, formam-se células que passam por diferenciação, dando origem a vários tipos celulares que se organizam em tecidos. Estes então se organizam em órgãos, que, por sua vez, formam os sistemas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Desde a etapa de zigoto até a formação de tecidos diferenciados, há células indiferenciadas que podem se dividir muitas vezes, permanecendo indiferenciadas; trata-se das **células-tronco**, que podem ser classificadas em três categorias: totipotentes, pluripotentes e multipotentes.

Blastocisto



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

As **células-tronco totipotentes** têm o potencial de originar um organismo completo, incluindo os tecidos extraembrionários que formam o âmnio, o córion, a vesícula vitelina e a alantoide, além de participar da formação da placenta. Todas essas estruturas são importantes na vida intrauterina.

Depois de 4 a 5 dias da fecundação, as células totipotentes do embrião começam a se especializar e perdem parte de seu potencial, tornando-se **pluripotentes**. São essas as células comumente chamadas de **células-tronco embrionárias (CTE)**. Elas formam a massa interna do embrião na fase de **blastocisto** e originam os tipos celulares distintos do corpo, no entanto não têm a capacidade de dar origem aos tecidos extraembrionários.

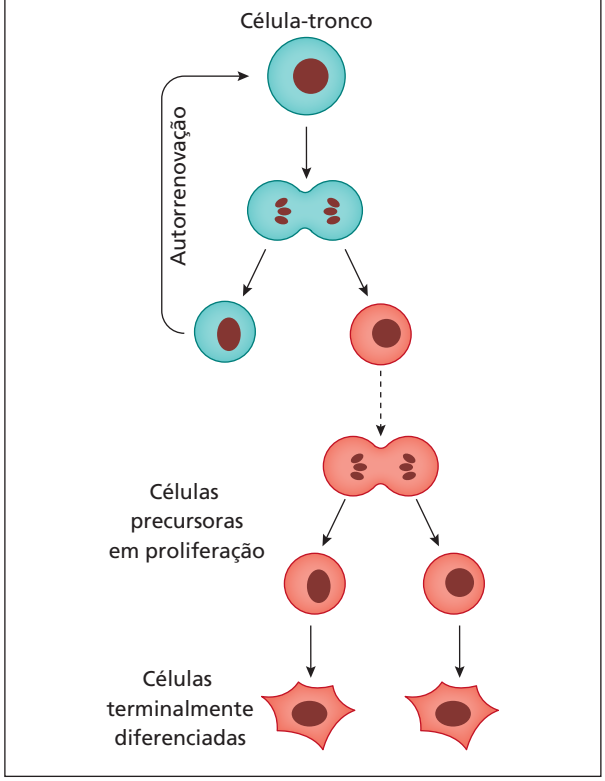
Fonte: ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de um blastocisto em corte. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Célula-tronco multipotente



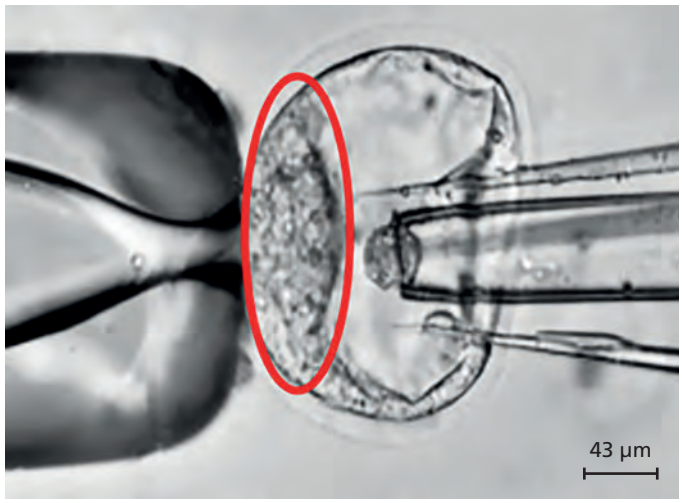
ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação dos processos que podem ocorrer com uma célula-tronco multipotente. Ela se divide em duas células-filhas, que podem permanecer como células-tronco ou originar células precursoras que, após a divisão, vão sofrer diferenciação. (Imagem sem escala; cores fantasia.)

Em cada tecido diferenciado do corpo, há células-tronco capazes de dar origem aos tipos celulares que o compõem: são as **células-tronco multipotentes** ou **adultas (CTA)**. Elas têm a capacidade de gerar novas CTA e células que passam pelo processo de diferenciação, permitindo a renovação tecidual e a reparação de tecidos danificados.

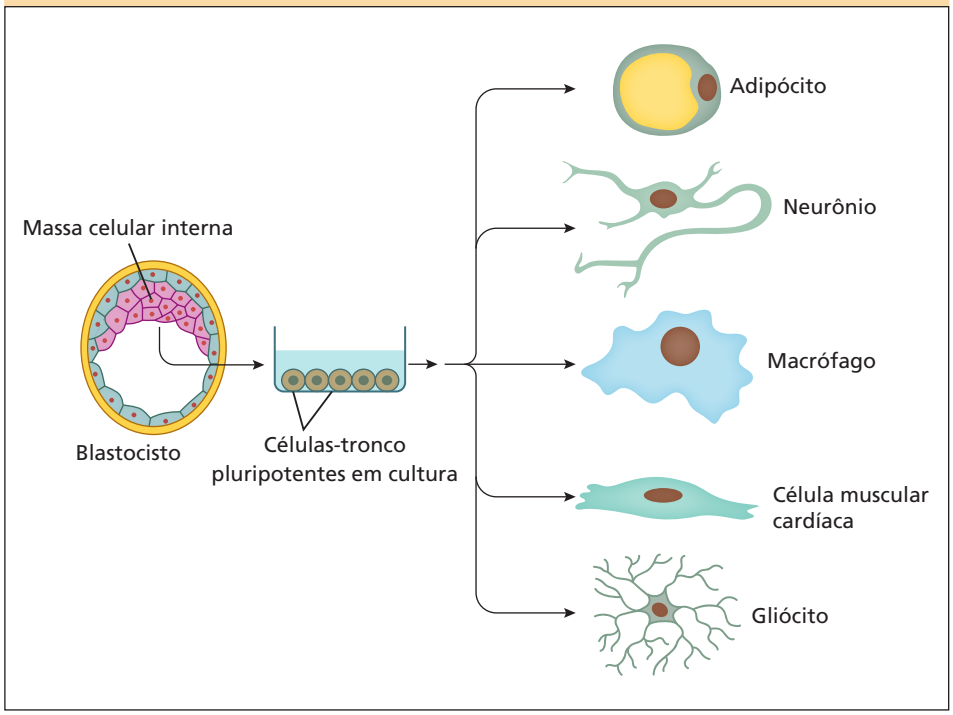
Na Medicina, as células-tronco vêm adquirindo importância crescente tanto em relação à compreensão quanto ao tratamento de doenças. Células-tronco pluripotentes, por exemplo, podem ser extraídas de blastocistos e mantidas em meios de cultura sob condições controladas, de modo que possam proliferar e ser induzidas a se diferenciar em vários tipos celulares.



INSTITUTO DE PESQUISA COM CÉLULAS-TRONCO

Extração de células da massa celular interna (contornada em vermelho), o que permite obter células-tronco pluripotentes. Imagem obtida com microscópio de luz e ampliada cerca de 235 vezes.

Células-tronco embrionárias e diferenciação celular



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de células-tronco pluripotentes extraídas do blastocisto e mantidas em meio de cultura. Dependendo do estímulo recebido, elas podem se diferenciar em variadas células adultas específicas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Esse processo envolve a inserção de quatro genes no DNA das células multipotentes (provenientes sobretudo de tecidos da pele), por meio de vetores virais. Esses genes alteram a expressão genética das células, fazendo com que elas funcionem como células-tronco pluripotentes, capazes de se diferenciar em qualquer tipo de célula e produzir outros tipos de tecido.

Fique por dentro

Rede Nacional de Terapia Celular (RNTC)

A RNTC. **RNTC – Rede Nacional de Terapia Celular**, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: http://www.rntc.org.br/. Acesso em: 11 out. 2024.

Essa rede é formada por laboratórios de pesquisa brasileiros, integrando pesquisadores de células-tronco. Várias informações são disponibilizadas, como quem são esses pesquisadores, quais trabalhos estão em andamento, textos e vídeos de divulgação.

Em razão das dificuldades técnicas e do debate de questões éticas sobre o uso de blastocistos, outra linha de pesquisa tem investigado o uso de células-tronco multipotentes submetidas a um procedimento especial. Ele consiste em reprogramar essas células a fim de se transformarem em pluripotentes. Por isso, tais células são chamadas **células-tronco de pluripotência induzida** ou **iPS**.

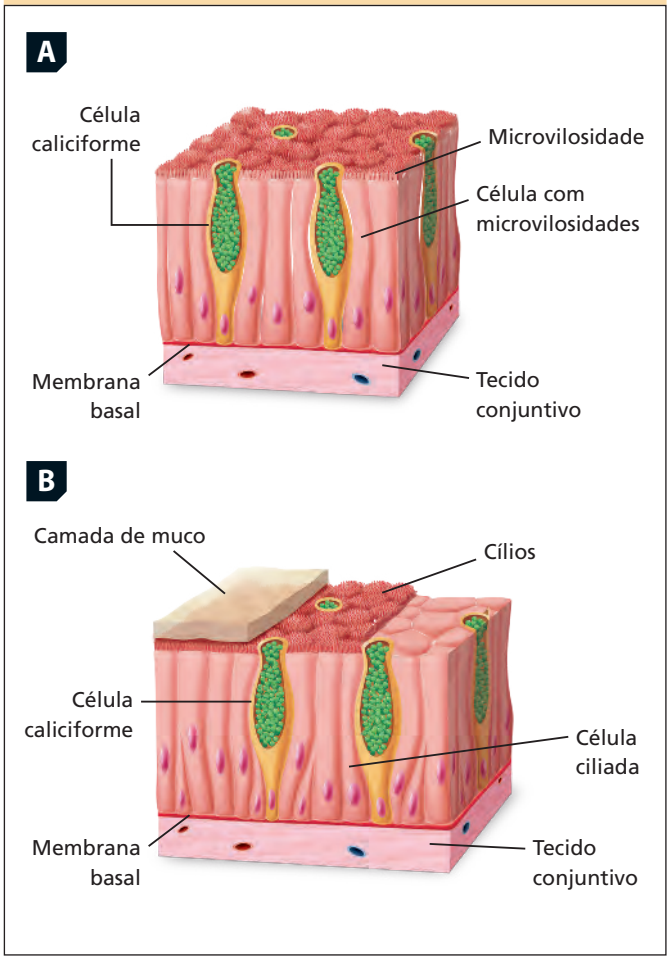
Diversas pesquisas com células-tronco estão em andamento, buscando a possibilidade de tratar doenças diversas, como câncer, cardiopatias, diabetes, lesões na medula espinal, esclerose múltipla, doença de Parkinson, doença de Alzheimer, entre outras. Não obstante, até o momento poucos desses tratamentos cumpriram todas as etapas de testes para então serem submetidos à avaliação de agências reguladoras. O tratamento mais antigo que tem sido adotado com bastante sucesso é o transplante de medula óssea vermelha ou de sangue do cordão umbilical para tratar leucemia.

Tecidos epiteliais

Os **tecidos epiteliais**, também denominados **epitélios**, são formados por células justapostas, com pouco material entre elas (matriz extracelular). Nesses tecidos não há vasos sanguíneos, então as trocas de substâncias importantes para que suas células se mantenham vivas são feitas com os vasos presentes no tecido conjuntivo a eles associado. Entre o epitélio e o tecido conjuntivo há uma estrutura acelular denominada **membrana basal**, formada principalmente por fibras do tecido conjuntivo e pela proteína colágeno. Essa membrana funciona como suporte do epitélio e, com ele, forma uma barreira à entrada de microrganismos.

Os vários tipos de epitélio podem ser classificados em duas grandes categorias, considerando a função que realizam: **epitélios de revestimento** e **epitélios de secreção** ou **glandulares**.

Epitélios simples e pseudoestratificado



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Epitélios de revestimento

Os **epitélios de revestimento** delimitam estruturas, fornecem proteção e propiciam trocas controladas entre o exterior e o interior do corpo ou entre as cavidades corporais. Além disso, há os que têm função sensorial, como aqueles presentes nos órgãos da visão, do olfato e da gustação.

Esses epitélios podem ser formados por uma só camada de células (**simples**), por várias camadas (**estratificados**) ou por uma camada cujos núcleos se situam em alturas distintas, dando a falsa impressão de estratificação (**pseudoestratificados**).

A superfície livre das células epiteliais pode apresentar **microvilos** (ou microvilosidades) ou **cílios**. Os microvilos são projeções microscópicas da membrana plasmática, em forma de dedos de luva, o que aumenta sua área superficial. Ocorrem em células de epitélios com função de absorção, como o que reveste a cavidade intestinal. Já os cílios estão presentes em células de epitélios como o da traqueia, onde seu batimento impede que microrganismos e partículas de poeira prossigam no sistema respiratório, alcançando os pulmões. Ocorrem também nas células do epitélio das tubas uterinas, atuando no transporte do ovócito ou do embrião em início de desenvolvimento até o útero.

Fonte: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Corpo humano**: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação do epitélio simples do intestino **(A)**, mostrando células com microvilosidades e células caliciformes, e do epitélio pseudoestratificado da traqueia **(B)**, mostrando células ciliadas, células caliciformes e espessa camada de muco. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em vários epitélios, como o do intestino e o da traqueia, há células glandulares chamadas **caliciformes**, que produzem e liberam muco, importante na lubrificação e proteção das células epiteliais.

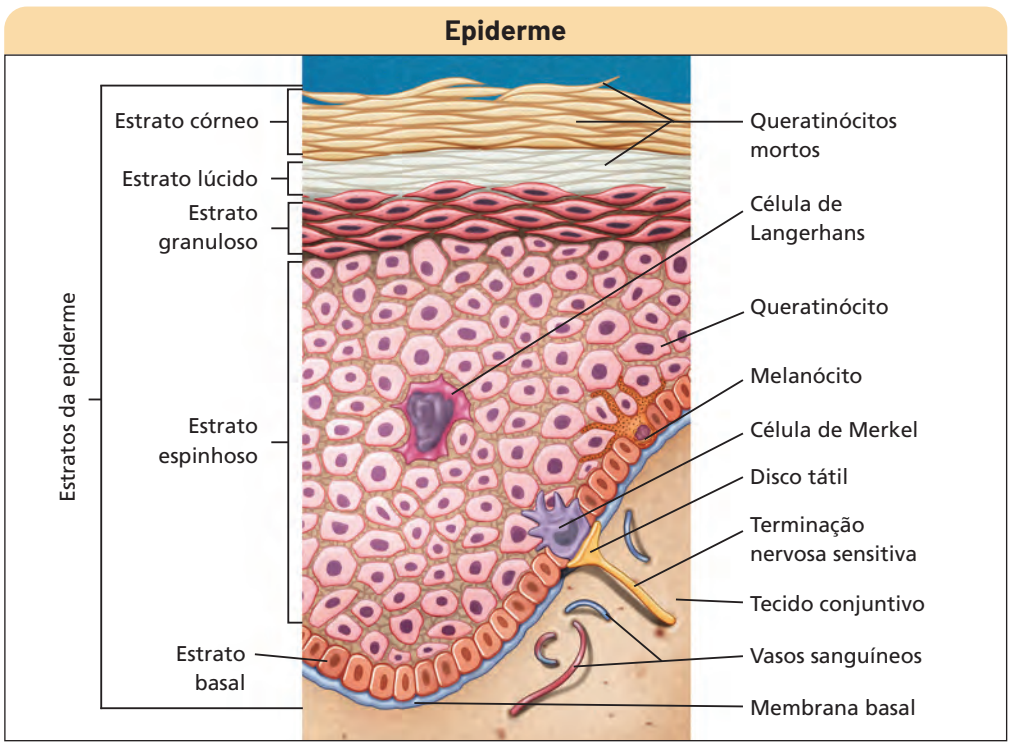
A pele é o maior órgão do corpo e é formada pela **epiderme** e por uma camada mais espessa, composta principalmente de tecido conjuntivo, a **derme**. A epiderme é um epitélio de revestimento estratificado, com várias camadas de células chamadas **queratinócitos**. Elas produzem queratina, uma proteína insolúvel em água, o que é importante para a impermeabilização do corpo, evitando o excesso de perda de água. No estrato basal, há células-tronco, portanto indiferenciadas, que se dividem continuamente e, à medida que novas células vão sendo formadas, elas são empurradas em direção à superfície e se modificam em queratinócitos, acumulando cada vez mais queratina em seu interior até que acabam morrendo. No último estrato da pele, o estrato córneo, as células das camadas mais externas descamam continuamente, mas são repostas pelas células formadas no estrato basal.

Outros tipos de célula da epiderme são: as **células de Merkel**, que, em contato com uma terminação nervosa sensitiva, formam uma estrutura importante no sentido do tato; as **células de Langerhans**, que participam da defesa do corpo contra a entrada de microrganismos; e os **melanócitos**, que correspondem a aproximadamente 8% das células da epiderme e produzem melanina, pigmento responsável pela cor da pele e com função protetora contra os raios ultravioleta. A cor da pele também depende de outro pigmento, o caroteno, que é alaranjado e fica acumulado no estrato córneo e na tela subcutânea. Esta é formada por tecido adiposo e localizada sob a derme.

A pele pode ter sua cor alterada com a exposição ao Sol, ficando bronzeada, processo natural de defesa contra os danos causados pela radiação UV. Esses raios ativam os melanócitos, que passam a produzir mais melanina, que é então distribuída para os queratinócitos, escurecendo a cor da pele. Como a epiderme se renova constantemente, ocorre perda do bronzeado com o passar do tempo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Corpo humano**: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação da epiderme, em corte transversal, mostrando seus estratos e suas células características. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Segundo o Instituto Nacional do Câncer (Inca), o tumor maligno mais incidente no Brasil é o de pele não melanoma (31,3% do total de casos). O melanoma tem origem nos melanócitos, que se dividem formando pintas com aspectos bem característicos, e se trata do tipo mais grave de câncer de pele, mas sua porcentagem é bem menor.

Especialistas apontam que a exposição a raios ultravioleta (UV) do Sol pode estar associada ao desenvolvimento de câncer de pele. Por isso, entre as medidas de prevenção contra esse tipo de câncer está a necessidade do uso de protetor solar para praticar atividades ao ar livre durante o dia, e dar preferência a horários em que os raios UV são menos intensos, como nas primeiras horas da manhã ou ao entardecer.

Embora o banho de sol sem os devidos cuidados possa prejudicar a saúde, sua falta também pode ser danosa. Isso acontece porque o estímulo dos raios UV do Sol promove, na pele, a síntese de cerca de 90% da vitamina D de que o corpo precisa; os 10% restantes provêm da alimentação. Essa vitamina é fundamental, por exemplo, para a absorção intestinal de cálcio. Por isso, a falta dela e de cálcio na infância pode causar o raquitismo, doença em que os ossos crescem pouco e não suportam pressões exercidas por ação do peso e da musculatura associada, deformando-se. Já em adultos, sobretudo em idosos, a carência de vitamina D pode levar à osteoporose, que se caracteriza pelo enfraquecimento dos ossos.

Epitélios glandulares

Os **epitélios glandulares** têm função secretora e formam glândulas, que podem ser unicelulares como as células caliciformes, ou multicelulares, compostas de várias células. Estas podem ser classificadas em **exócrinas**, **endócrinas** ou **mistas**.

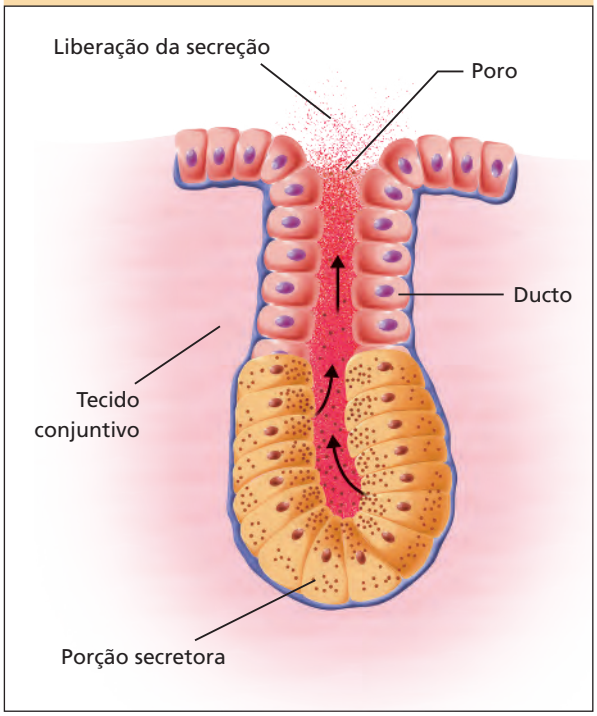
Nas **glândulas exócrinas**, a porção secretora está associada a ductos que se abrem para o interior de cavidades do corpo, como as glândulas salivares, ou para fora do corpo, como as glândulas sudoríparas.

As glândulas sudoríparas participam do processo de regulação térmica do corpo. Isso acontece porque a liberação de suor na pele durante a transpiração e sua consequente evaporação promovem o resfriamento do corpo. Esse processo de resfriamento é importante principalmente durante a atividade física, quando a produção de calor pelo corpo aumenta. Ao nos exercitarmos, as glândulas sudoríparas são estimuladas a produzir mais suor, cuja evaporação promove um resfriamento eficaz, ajudando a regular a temperatura corporal.

As **glândulas endócrinas** formam o sistema endócrino, importante no controle das funções do corpo, juntamente com o sistema nervoso. Elas não estão associadas a ductos, e a secreção é eliminada nos vasos sanguíneos do tecido conjuntivo de seu entorno. As secreções dessas glândulas são denominadas **hormônios**, mensageiros químicos que atuam especificamente em determinados órgãos. São exemplos de glândulas endócrinas as gônadas, a glândula tireoide e as glândulas suprarrenais (ou adrenais).

As **glândulas mistas** apresentam regiões endócrinas e exócrinas. É o caso do pâncreas, cuja parte endócrina secreta os hormônios insulina e glucagon, que controlam o teor de açúcar no sangue, e a parte exócrina secreta enzimas digestivas que atuam no duodeno.

Glândula exócrina

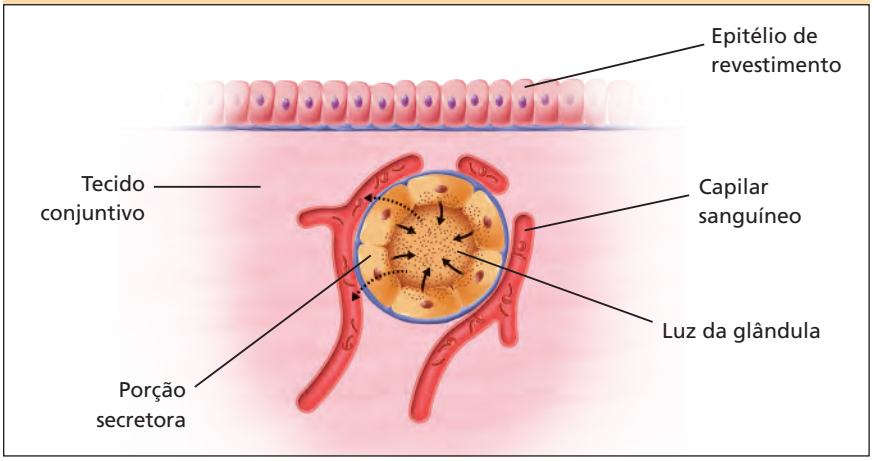


ERKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação de uma glândula exócrina em corte. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Glândula endócrina



ERKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação de uma glândula endócrina em corte. As setas inteiras indicam a secreção do hormônio para a luz da glândula, e as setas pontilhadas indicam a passagem do hormônio armazenado na luz da glândula para o sangue. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tecidos conjuntivos

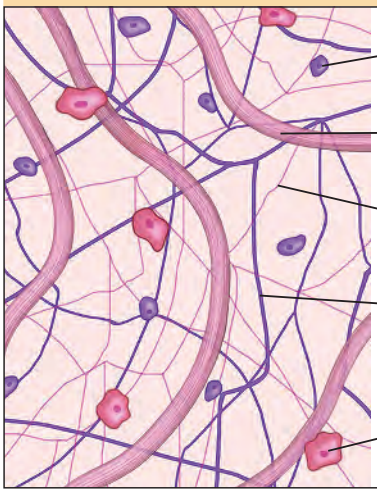
Os **tecidos conjuntivos** são amplamente distribuídos pelo corpo e há vários tipos deles, cada um com funções específicas, como preenchimento, sustentação, transporte, reserva de energia e defesa. Tais tecidos são ricos em vasos sanguíneos e suas células ficam imersas em grande quantidade de matriz extracelular.

As células desse tipo de tecido são diversas, como os **fibroblastos** (do grego, *fibro* = fibra), que produzem a matriz extracelular, e os **macrófagos** (do grego *makro* = grande; *phagein* = comer), que têm função de defesa, com capacidade de fagocitose.

A matriz extracelular é constituída de: uma parte não estruturada, chamada **substância fundamental amorfa** (SFA) ou simplesmente substância fundamental, composta basicamente de água, glicídios, proteínas e sais minerais; e uma parte fibrosa, de natureza proteica, correspondente às **fibras do tecido conjuntivo**, que são as **fibras colágenas**, as **reticulares** e as **elásticas**.

Células e fibras do tecido conjuntivo

LUCA NAVARRO/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação de tecido conjuntivo genérico em corte transversal para evidenciar os três tipos de fibra, os fibroblastos e os macrófagos, todos imersos na substância fundamental amorfa. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os tecidos conjuntivos podem ser classificados de acordo com a proporção relativa entre os elementos da matriz extracelular e a composição dessa matriz e das células. Alguns de seus tipos são: os **tecidos conjuntivos propriamente ditos**, o **tecido conjuntivo cartilaginoso**, o **tecido conjuntivo ósseo**, o **tecido conjuntivo hematopoiético** e o **tecido adiposo**.

Tecidos conjuntivos propriamente ditos

Existem dois tipos de tecido conjuntivo propriamente dito: o frouxo e o denso. O **tecido conjuntivo frouxo** é o de maior distribuição no organismo. Ele preenche espaços não ocupados por outros tecidos, apoia e nutre células epiteliais, faz parte da estrutura de muitos órgãos e desempenha importante papel no isolamento de infecções localizadas e nos processos de cicatrização. Apresenta os três tipos de fibra e vários tipos de célula, com predomínio de fibroblastos e macrófagos.

O **tecido conjuntivo denso**, em relação ao frouxo, é menos flexível, mais resistente e tem menor número de células, com predomínio de fibras colágenas. Está presente, por exemplo: nos tendões; nos ligamentos; na derme; em cápsulas que envolvem alguns órgãos, como os rins e o fígado; e no periósteo, que envolve os ossos.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre — Registre em seu caderno

1. Considerando as características dos tecidos presentes na pele, justifique por que, quando se faz uma tatuagem, os pigmentos são introduzidos na derme, e não na epiderme.
2. Uma estrutura que apresenta células ciliadas justapostas pode ser classificada como qual tipo de tecido? Qual deve ser sua função? Dê exemplos de órgãos que apresentam esse tecido.
3. Em uma biópsia da parede estomacal, um médico gastroenterologista detectou a presença de grande número de macrófagos ao redor de uma glândula que secreta o hormônio gastrina. Qual poderia ser a causa do aumento da quantidade desse tipo de célula e em qual tecido ela ocorre? Qual tipo de tecido forma a glândula que produz o hormônio?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tecido conjuntivo cartilaginoso

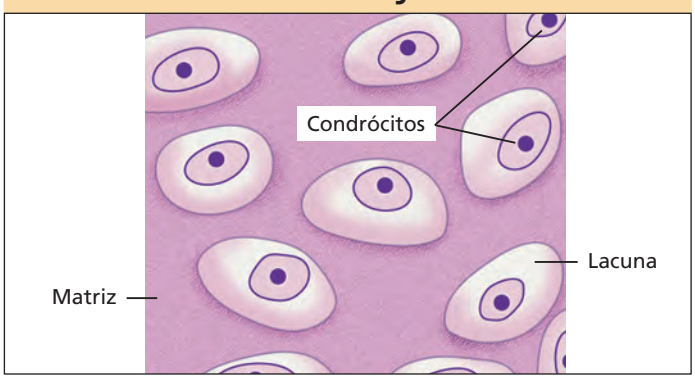
O **tecido conjuntivo cartilaginoso** ou cartilagem apresenta consistência firme, funcionando como tecido de sustentação de estruturas do corpo, estando presente, por exemplo, no nariz, nos anéis da traqueia e dos brônquios e na orelha externa. Além disso, há as cartilagens articulares, que revestem as extremidades dos ossos nas articulações, facilitando os movimentos e amortecendo choques mecânicos. As cartilagens são abundantes nos fetos, formando inicialmente o esqueleto, mas depois são, em parte, substituídas por tecido conjuntivo ósseo.

Nos processos de ossificação, algumas regiões de cartilagem permanecem no interior dos ossos longos, formando os **discos epifisários**. Esses discos mantêm a capacidade de crescimento longitudinal dos ossos até por volta dos 20 anos de idade.

Alguns hormônios atuam sobre o tecido ósseo. Um exemplo é o hormônio do crescimento produzido pela hipófise, o qual estimula o crescimento do corpo em geral, mas tem efeito acentuado sobre os discos epifisários. Quando um indivíduo está em fase de crescimento e há falta desse hormônio, ocorre o **nanismo hipofisário**, caracterizado pela falta de crescimento dos ossos e consequente baixa estatura. Já quando a produção desse hormônio é excessiva, ocorre o **gigantismo**, em que há crescimento excessivo dos ossos longos, resultando em indivíduos com grande estatura. Em adultos, cujos ossos não crescem mais em comprimento, se houver intensa produção de hormônio do crescimento, os ossos crescem em espessura, determinando uma doença chamada **acromegalia**.

Sobre a cartilagem epifisária agem também os hormônios sexuais (produzidos pelas gônadas), estimulando a formação de tecido ósseo. Quando as gônadas não se desenvolvem adequadamente, esses hormônios são produzidos em pouca quantidade. Com isso, as cartilagens epifisárias permanecem por mais tempo, fazendo com que o indivíduo possa atingir estatura superior à que teria se suas gônadas funcionassem normalmente.

Tecido cartilaginoso



SELMA CAPARROZ/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação de tecido conjuntivo cartilaginoso em corte transversal. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

As cartilagens apresentam células especializadas, os **condrócitos**, que ficam em lacunas da matriz. Esta é composta de vários tipos de moléculas orgânicas e fibras.

Não existem vasos sanguíneos nem nervos nesse tecido, e ele é nutrido pelo pericôndrio, tecido conjuntivo denso que o envolve. Sua atividade metabólica é baixa.

Tecido conjuntivo ósseo

O **tecido conjuntivo ósseo** ocorre nos ossos, nos quais é o tecido mais abundante, exercendo importante função de sustentação e de reserva de íons. A matriz do tecido ósseo é rica em substâncias inorgânicas (cerca de 65% de sua composição), principalmente fosfato de cálcio, e em substâncias orgânicas, sobretudo fibras colágenas. As substâncias inorgânicas conferem rigidez aos ossos, ao passo que as fibras colágenas lhe dão certa flexibilidade.

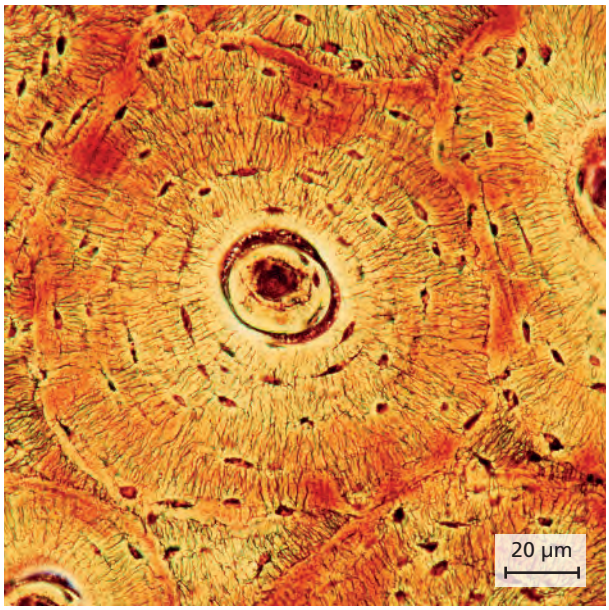
Histologicamente, existem dois tipos de tecido ósseo: o primário e o secundário. O **tecido ósseo primário** apresenta fibras colágenas dispostas de forma desorganizada e é pouco frequente no adulto, permanecendo apenas próximo às suturas dos ossos do crânio, nos alvéolos dos dentes e em alguns pontos de inserção dos tendões.

Se considerar pertinente, explique aos estudantes que tecido primário é o que aparece primeiro, tanto no desenvolvimento embrionário como na reparação das fraturas, sendo temporário e substituído por tecido secundário.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No **tecido ósseo secundário**, as fibras colágenas dispõem-se em lamelas paralelas entre si ou em conjuntos de lamelas concêntricas em torno de um **canal central** ou **interno** (**canal de Havers**); cada conjunto de lamelas ósseas concêntricas ao redor desse canal é chamado **osteônio** (**sistema de Havers**). Os canais centrais comunicam-se entre si e com a superfície externa do osso por meio de canais transversais ou oblíquos, chamados **canais perfurantes** (**canais de Volkmann**). Por todos esses canais, passam nervos e vasos.

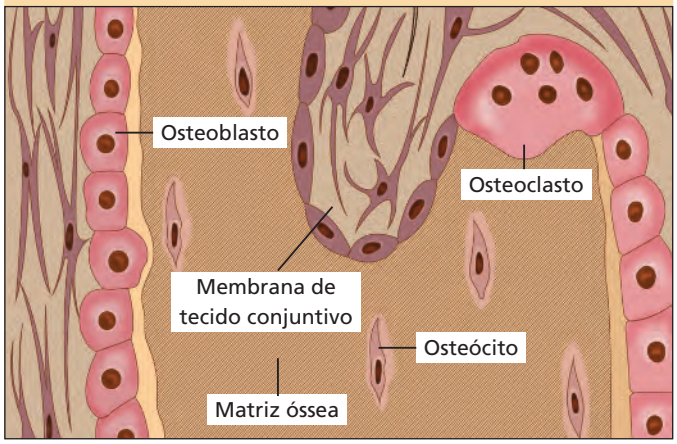
Há três tipos de célula no tecido ósseo: **osteoblastos**, **osteócitos** e **osteoclastos**.



STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Corte histológico transversal de um osso, tratado com corantes, evidenciando osteônios. Os pontos escuros são células do tecido ósseo radialmente dispostas ao redor de um canal central. Imagem obtida por microscópio de luz e ampliada cerca de 500 vezes.

Células do tecido ósseo



SELMA CAPARROZ/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de uma região do tecido ósseo, em corte transversal, em que se pode notar seus três tipos de célula. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Os **osteoblastos** são células jovens com intensa atividade metabólica e responsáveis principalmente pela produção da parte orgânica da matriz e pela incorporação de minerais. Já os **osteócitos** são células adultas com baixa atividade metabólica que ficam alojadas em lacunas presentes na matriz inorgânica, agindo na manutenção dos constituintes químicos dela. Originados dos monócitos do sangue (um tipo de glóbulo branco), os **osteoclastos** são células grandes e multinucleadas, relacionadas com a reabsorção da matriz e com os processos de remodelagem do tecido conjuntivo ósseo, em resposta às modificações nas forças a que um osso é submetido.

O uso de aparelhos ortodônticos, por exemplo, envolve técnicas de remodelação dos ossos da arcada dentária. Os aparelhos exercem, sobre os dentes, forças diferentes daquelas a que eles estão naturalmente submetidos. Nos pontos em que é feita a pressão, ocorre reabsorção óssea, ao passo que, no lado oposto, ocorre deposição de matriz. Assim, os dentes se movem pelos ossos da arcada dentária e passam a ocupar as posições desejadas.



POLLYANA VENTURA/GETTY IMAGES

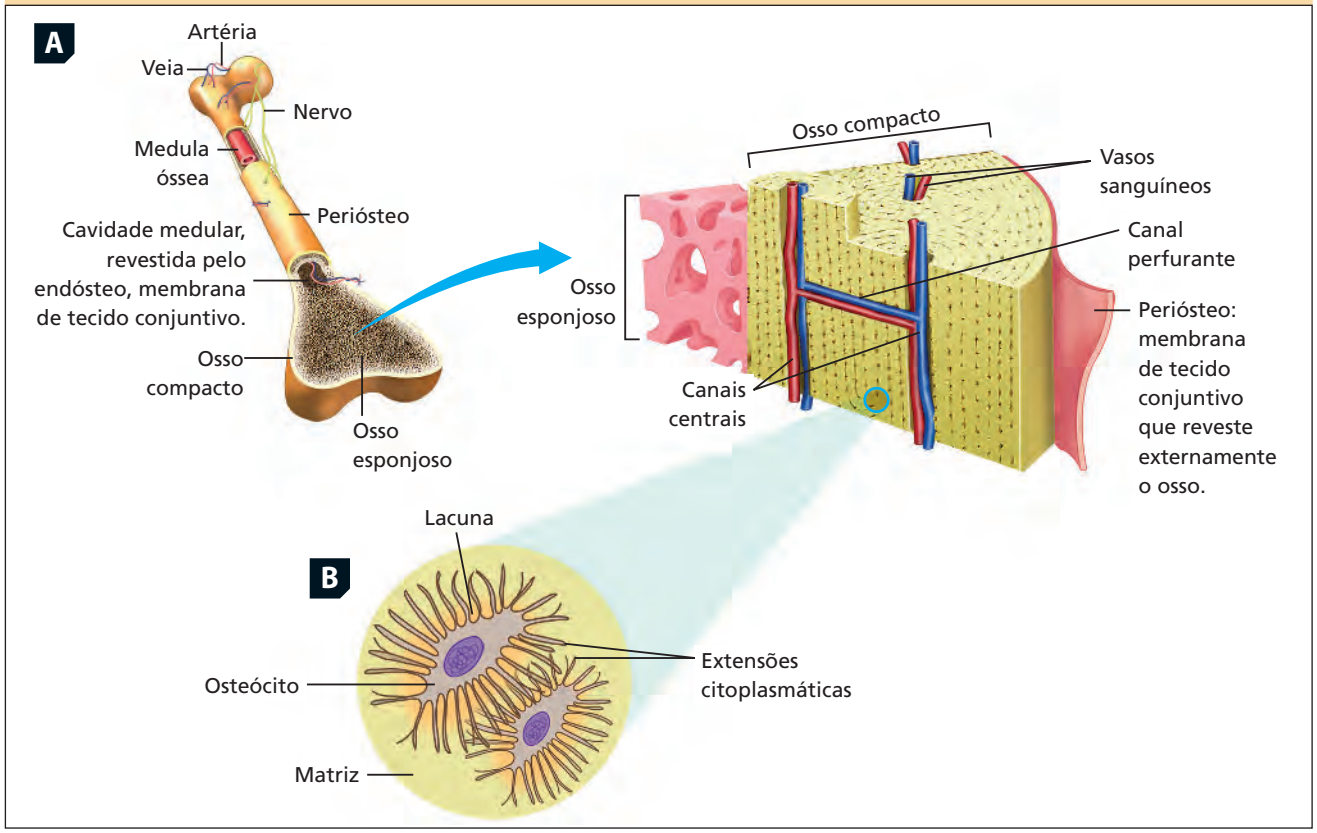
O uso de aparelhos ortodônticos corrige a posição dos dentes.

Estrutura interna dos ossos

A estrutura macroscópica interna do osso apresenta duas regiões: uma sem cavidades, chamada **osso compacto**, e outra com muitas cavidades que se comunicam, chamada **osso esponjoso**. Essas regiões apresentam os mesmos tipos de célula e substância intercelular, diferindo entre si apenas quanto à disposição de seus elementos e à quantidade de espaços presentes.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Estrutura interna de um osso longo



SELMA CAPARROZ/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SOLOMON, E. *et al*. **Biology**. 11. ed. Boston: Cengage Learning, 2019.

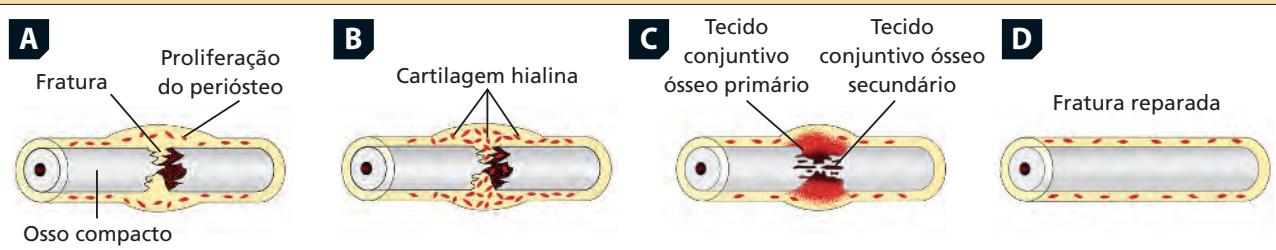
Representação de osso longo, com parte removida para mostrar sua estrutura interna **(A)**, e detalhe mostrando osteócitos se comunicando por meio de extensões citoplasmáticas **(B)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reparação de fraturas

Quando ocorre uma fratura, vasos sanguíneos se rompem, a matriz óssea é destruída e há morte de células no local. Os macrófagos entram em ação e removem os restos de células e da matriz danificada. Em seguida, ocorre intensa proliferação de células do **periósteo** e do **endósteo**, membranas conjuntivas que revestem, respectivamente, as regiões externa e interna dos ossos; como essas membranas são vascularizadas, elas são importantes para a nutrição das células do tecido ósseo.

Ao redor da fratura, ocorre a formação de uma espécie de anel composto de cartilagem hialina que preenche o espaço entre as extremidades quebradas do osso. Esse quadro então evolui para a formação de tecido conjuntivo ósseo primário, com a ação dos osteoblastos, formando um calo ósseo. Com o retorno às atividades normais, as pressões e trações cotidianas acabam remodelando o calo ósseo, e a fratura é reparada. Nesse processo, os osteoblastos e os osteoclastos trabalham juntos para remodelar o osso, e os osteócitos ajudam a manter a estrutura óssea.

Reparação de fratura



SELMA CAPARROZ/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação simplificada do processo de reparação de uma fratura. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

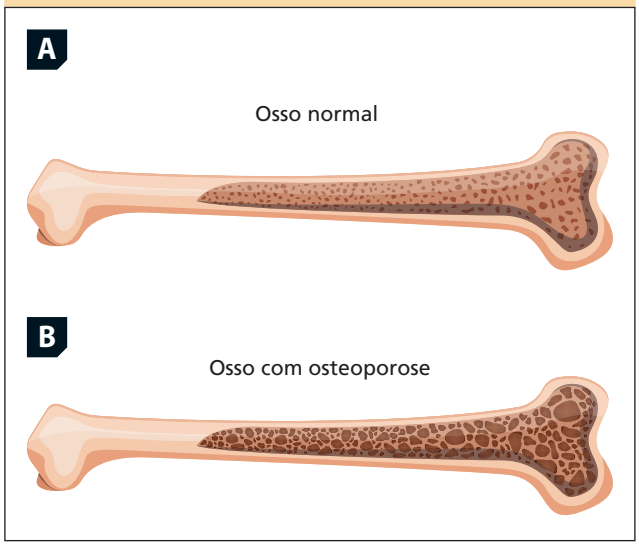
Tecido ósseo e osteoporose

O tecido ósseo funciona como um reservatório de cálcio, que é essencial para a contração muscular e a transmissão de impulsos nervosos. O teor de cálcio no sangue é mantido constante por meio de trocas contínuas com os ossos. Quando a dieta é rica em cálcio, ele é absorvido pelo sangue e incorporado aos ossos. Em caso de deficiência alimentar, o cálcio é retirado dos ossos para o sangue, o que pode provocar fragilidade óssea, com mais chances de fraturas e desenvolvimento de osteoporose.

O intercâmbio de cálcio entre os ossos e o sangue é, em grande parte, decorrente da ação de hormônios que atuam de forma antagônica no processo de homeostase. O **paratormônio**, produzido pelas glândulas paratireoides, estimula a reabsorção da matriz óssea e a liberação de cálcio no sangue, ao passo que a **calcitonina**, produzida pela glândula tireoide, inibe a reabsorção óssea, propiciando a remoção de cálcio do sangue e sua deposição nos ossos.

A **osteoporose** é mais comum em pessoas acima de 50 anos, sobretudo em mulheres pós-menopausa, por causa da diminuição do estrogênio, hormônio sexual feminino que auxilia na formação óssea. Homens também podem ser afetados em razão da redução do hormônio sexual masculino, a testosterona, embora seja menos frequente.

Osso normal e osso com osteoporose



THEARTIST/GETTY IMAGES

Representação de um osso normal **(A)** e de um osso com osteoporose **(B)**, enfermidade que corresponde à perda da densidade óssea decorrente de descalcificação, resultando em aumento da probabilidade de fraturas, mesmo sob baixo impacto mecânico. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Para evitar ou minimizar os efeitos da osteoporose, é importante manter alimentação saudável, tomar sol em horários adequados em razão da síntese de vitamina D, praticar atividade física orientada e ter acompanhamento médico regular. Exercícios como caminhada e musculação estimulam a formação óssea, ajudando a prevenir a perda óssea relacionada à idade.



FG TRADE LATIN/GETTY IMAGES

Alimentação e atividade física adequadas são fatores que auxiliam no combate à osteoporose.

Tecido hematopoiético

Esse tecido tem como função a **hematopoiese**, que é a produção dos elementos figurados do sangue: hemácias (células responsáveis pelo transporte de gases respiratórios), leucócitos (células que atuam na defesa) e plaquetas (fragmentos celulares relacionados com a coagulação do sangue). Esse tecido ocorre na medula óssea vermelha e em órgãos como os linfonodos e o baço.

A medula óssea vermelha é rica em células-tronco pluripotentes, que são utilizadas em transplantes de medula óssea para tratar diversas doenças do sangue, como a leucemia. Nesses casos, as células-tronco hematopoiéticas são colhidas da medula óssea de um doador compatível ou do próprio paciente. Elas são então infundidas na corrente sanguínea do receptor, de onde migram para a medula óssea e começam a se multiplicar e produzir células sanguíneas normais.

No recém-nascido, toda medula óssea é vermelha; já no adulto, a medula vermelha fica restrita ao esterno, às vértebras, às costelas, aos ossos do crânio e às epífises do fêmur e do úmero. O restante da medula transforma-se em amarela, que é constituída de tecido adiposo e não produz células do sangue. Em alguns casos, a medula amarela pode se transformar novamente em vermelha.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre — Registre em seu caderno

4. Durante o aquecimento em uma aula de Educação Física, um estudante sentiu certa dificuldade nas atividades de agachamento por causa do joelho esquerdo. Seu professor então apontou que isso poderia estar relacionado com a articulação dessa região da perna. Qual é o tipo de tecido presente na articulação em questão? Como esse tecido se relaciona com a função desempenhada pela articulação?
5. Ao andar de bicicleta, Clara se acidentou e quebrou o braço, que foi imobilizado pelo médico. Ela ficou impressionada com a capacidade de o osso se regenerar e deseja saber como ocorre esse processo. Elabore uma explicação para dar a ela.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tecido adiposo

Esse tecido tem predomínio de células adiposas (ou **adipócitos**), que são ricas em gordura, e sua substância intercelular é reduzida. Exerce funções de reserva energética, proteção contra choques mecânicos e isolamento térmico. Além disso, os adipócitos secretam hormônios, como a **leptina** (do grego, *leptos* = magro), que atua no controle do apetite.

O tecido adiposo apresenta ampla distribuição subcutânea (isto é, sob a pele) e é encontrado ao redor de alguns órgãos, como os rins e o coração. A parte subcutânea tem espessura variável e participa do contorno do corpo; excesso desse tecido, porém, pode levar ao sobrepeso ou à obesidade.

O número de células de gordura aumenta durante a infância e a adolescência e se estabiliza na vida adulta, quando uma pequena porcentagem delas morre naturalmente e é substituída por novas. O ganho de massa corporal está mais relacionado ao aumento do teor de gordura dentro dos adipócitos do que ao aumento do número dessas células. Portanto, quando ocorre perda de massa corporal, há redução desse teor de gordura, e não do número de adipócitos. Pessoas obesas, entretanto, tendem a formar mais células de gordura, que não desaparecem ao emagrecer, apenas diminuem de volume.

Em uma primeira análise, uma forma simples e objetiva de diagnosticar o sobrepeso ou a obesidade é por meio do cálculo do índice de massa corporal (IMC), que é obtido pela divisão da massa corporal, medida em quilogramas, pela altura ao quadrado, medida em metros (kg/m^2).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o excesso de massa corporal é diagnosticado quando o IMC alcança valor igual ou superior a 25 kg/m^2, ao passo que a obesidade é diagnosticada com valor de IMC igual ou superior a 30 kg/m^2. As condições de sobrepeso e obesidade podem aumentar o risco de desenvolvimento de diversas doenças.

Quando a alimentação é muito calórica para o nível de atividade física da pessoa, o excesso de caloria ingerida pode se acumular na forma de gordura no tecido adiposo, o que aumenta o IMC. Por isso, uma alimentação equilibrada e a realização orientada de atividade física contribuem para o controle da massa corporal.

O cálculo do IMC, no entanto, não distingue a quantidade de massa gorda (tecido adiposo) e de massa magra (tecido muscular) do corpo. Como o tecido muscular tem densidade maior que o tecido adiposo, atletas como jogadores e halterofilistas ou pessoas que praticam muita atividade física, sobretudo musculação, podem ter IMC elevado e não apresentar sobrepeso ou obesidade. Portanto, é importante considerar outros fatores ao avaliar a saúde de uma pessoa. Há métodos adicionais, como a bioimpedância e a medição da circunferência da cintura, cujos valores de referência são de 94 centímetros para homens e 80 centímetros para mulheres, de acordo com a OMS.

Os dados referenciais que apresentamos são mais eficazes para adultos; mesmo assim, somente um profissional da saúde habilitado tem condições de analisar as particularidades de cada pessoa. Além disso, a aplicação desses métodos em crianças e adolescentes é controversa em razão das variações no processo de crescimento e dos diferentes estágios de maturação sexual. Portanto, é essencial interpretar esses índices com muita cautela ao avaliar a saúde das pessoas, sobretudo no caso de crianças e adolescentes.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

EM FOCO Os desafios da obesidade

O Dia Mundial da Obesidade é organizado pela World Obesity Federation [Federação Mundial da Obesidade] em colaboração com seus membros globais.

[...]

Pessoas que vivem com obesidade carecem de apoio e enfrentam estigma no trabalho, em casa e no sistema de saúde. Para tornar a mudança uma realidade, é necessário haver ação nos níveis local, nacional e global.

[...]

A obesidade é uma doença crônica, progressiva, **recidivante** e uma epidemia global de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). Mais de um bilhão de adultos, em todo o mundo, está acima do peso – destes, 500 milhões são considerados obesos. São mais de 40 milhões de crianças, com idade até cinco anos, que estão acima do peso.

ODS 3

[...]

Recidivante: recorrência ou reincidência de uma condição.

As raízes da obesidade são profundas

Dr. Mario Kehdi Carra, endocrinologista da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia Regional [de] São Paulo (SBEM-SP), explica que "é importante que todos saibam que ninguém tem obesidade porque quer ou escolhe ser obeso, pois não é uma questão de força de vontade, determinação ou caráter. A genética contribui com 70% para o desenvolvimento da obesidade, somando-se a outros fatores determinantes, como alimentação e sedentarismo."

Continua

O aumento no consumo de alimentos industrializados e o estresse são algumas das causas associadas e as pesquisas mostram que a obesidade vai além do comer muito e gastar pouca caloria:

- fatores biológicos: o corpo humano tem mecanismos que o protegem da inanição e isso pode dificultar a manutenção da perda de peso;
- alguns sintomas de transtornos mentais requerem o uso de medicamentos que podem provocar aumento de peso;
- falta de acesso aos cuidados e serviços de saúde;
- eventos da vida, como início da idade adulta, gravidez precoce, doenças e uso de determinados medicamentos;
- perturbações do sono causadas por distúrbios hormonais.

Estudos já apontam a poluição e bactérias presentes no intestino como fatores que contribuem para o surgimento da doença.

Complicações

A obesidade apresenta inúmeras complicações e, de acordo com a tendência individual, pode desencadear diabetes tipo 2, hipertensão arterial, apneia do sono e alguns tipos de câncer, sem citar problemas psicológicos por causa do estigma. A obesidade leva as pessoas a viverem menos e com pior qualidade de vida.

Tratamento

O tratamento inclui alimentação saudável, com diminuição da ingestão de calorias e aumento da atividade física, podendo-se associar ao uso de medicamentos. Em casos mais graves, pode ser indicado o tratamento cirúrgico.

[...]

Fonte: "TODOS precisam agir": 04/03 – Dia Mundial da Obesidade. **Biblioteca Virtual da Saúde**, Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/todos-precisam-agir-04-3-dia-mundial-da-obesidade/. Acesso em: 11 out. 2024.

1. Com base na explicação do endocrinologista, quais são os fatores que contribuem para o desenvolvimento da obesidade? Como isso desafia a visão comum de que a obesidade "é uma questão de força de vontade, determinação e caráter"?

2. De acordo com o texto, que desafios sociais pessoas com obesidade costumam enfrentar? Como esses desafios podem afetar a eficácia das intervenções para perda de massa corporal? Relacione sua resposta com o papel dos adipócitos na recidiva da obesidade.

3. Com o objetivo de prevenir a obesidade nas populações humanas, a Organização Pan-Americana de Saúde (Opas) aponta que:

[...] Medidas eficazes incluem restringir o *marketing* para crianças de alimentos e bebidas ricos em gorduras, açúcar e sal; taxar bebidas açucaradas; e melhorar o acesso a alimentos saudáveis. As cidades também precisam oferecer espaços para caminhadas, ciclismo e recreação seguras e as escolas precisam ajudar as famílias a ensinar hábitos saudáveis às crianças desde cedo. [...]

Fonte: DIA Mundial da Obesidade 2022: acelerar ação para acabar com a obesidade. **Organização Pan-Americana da Saúde**, [*s. l.*], 4 mar. 2022. Disponível em: https://www.paho.org/pt/noticias/4-3-2022-dia-mundial-da-obesidade-2022-acelerar-acao-para-acabar-com-obesidade. Acesso em: 11 out.2024.



LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Espaços públicos de recreação, como este localizado em Cáceres (MT, ago. 2018), contribuem para a saúde física e mental das pessoas.

a. No município onde você mora, as recomendações sobre espaços públicos para atividade física são seguidas? Relate-as. Caso não haja ou as existentes sejam insuficientes ou precárias, comente como as recomendações podem ser aplicadas com êxito.

b. Reflita sobre sua experiência na relação com a publicidade de alimentos e bebidas não saudáveis. Em seguida, redija um texto sobre isso, argumentando como os governos e as escolas podem colaborar para a mudança de hábitos alimentares na sociedade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

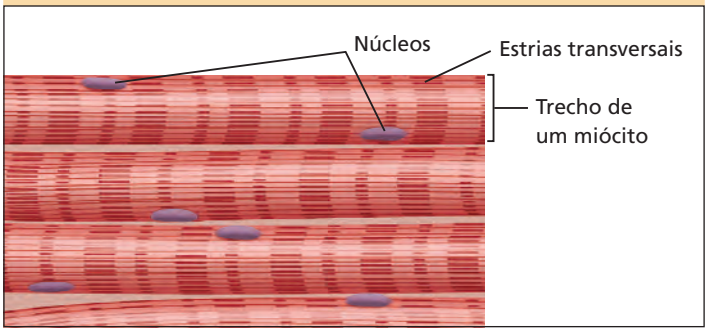
Tecido muscular

O **tecido muscular** está relacionado com a movimentação do corpo. Suas células, chamadas **miócitos** ou **fibras musculares**, são alongadas e ricas em proteínas, a actina e a miosina. Essas proteínas formam os **miofilamentos**, que são responsáveis pela grande capacidade de contração e distensão das células musculares.

Há três tipos de tecido muscular: o **estriado esquelético**, o **estriado cardíaco** e o **liso** ou **não estriado**.

O tecido **estriado esquelético** é formado por miócitos longos (cerca de 30 cm de comprimento) e multinucleados, com os núcleos situados na periferia do citoplasma. Os miofilamentos se organizam em estrias transversais, caracterizando os miócitos estriados. Esse tecido é encontrado nos músculos que formam o sistema muscular esquelético, os quais realizam contração forte e voluntária, ou seja, dependente da vontade do indivíduo, como os músculos dos braços e das pernas.

Miócitos do tecido muscular estriado esquelético



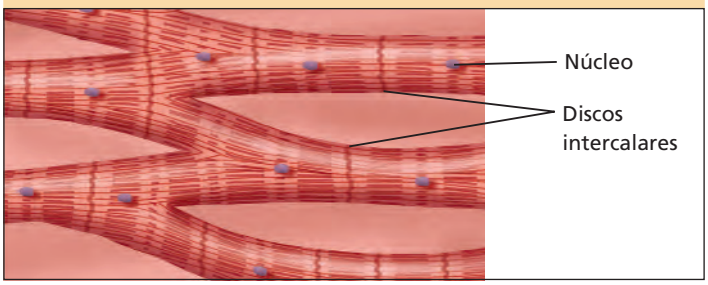
PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação de miócitos do tecido muscular estriado esquelético. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No tecido muscular **estriado cardíaco**, os miócitos são estriados com um ou dois núcleos centrais. Além disso, são células ramificadas e fortemente unidas entre si por um tipo de junção típica, os discos intercalares. Esse tecido é encontrado apenas no coração e tem contração forte, rítmica e involuntária, ou seja, que não depende da vontade do indivíduo.

Miócitos do tecido muscular estriado cardíaco



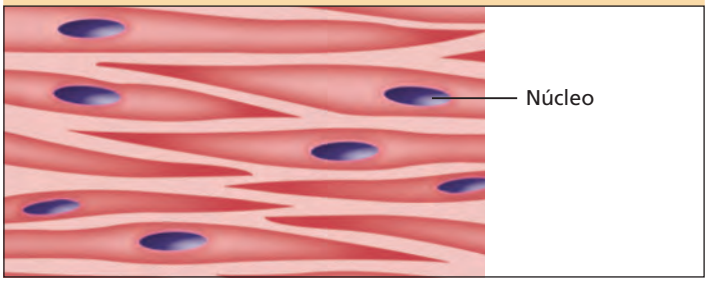
PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação de miócitos do tecido muscular estriado cardíaco. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No tecido muscular **liso** ou **não estriado**, os miócitos são alongados e pequenos (de 80 µm a 200 µm de comprimento), sem estrias transversais e com um núcleo central. Esse tecido forma os músculos de órgãos internos, como o esôfago, o estômago, os intestinos, a vesícula biliar e as artérias. É responsável, por exemplo, pelos movimentos peristálticos do trato digestório, que são as contrações em onda que impulsionam o alimento. Sua contração é involuntária, lenta e pouco vigorosa.

Miócitos do tecido muscular liso



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação de miócitos do tecido muscular liso. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tecido nervoso

O **tecido nervoso** forma o sistema nervoso, que, com o sistema endócrino, atua na coordenação das funções dos diferentes órgãos.

No tecido nervoso, a substância intercelular é praticamente inexistente, e os componentes celulares principais são os **neurônios** e os chamados **gliócitos** (células da glia ou neuróglia), que abrangem vários tipos celulares com formas e funções diferentes.

Em determinadas regiões do cérebro adulto, há células-tronco neurais, que, além de se autorrenovarem, originam tanto neurônios quanto gliócitos, processo chamado **neurogênese** adulta. Essas células-tronco, portanto, ajudam na substituição de células nervosas danificadas e na reconstrução de circuitos neurais, exercendo papel crucial na regeneração e no reparo do tecido nervoso. Esse potencial oferece perspectivas promissoras para o tratamento de doenças neurodegenerativas e lesões nervosas.

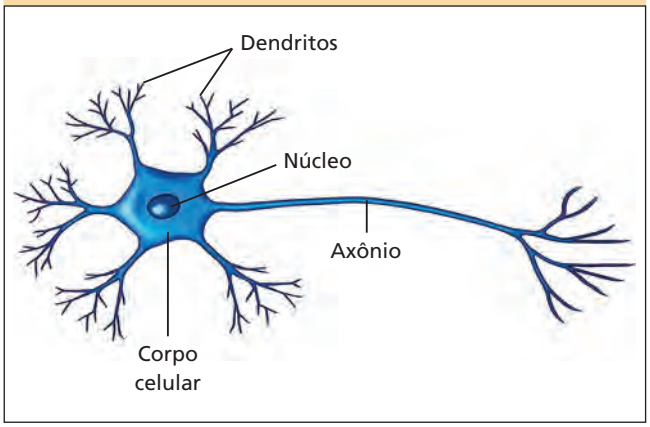
Neurônios

Os **neurônios** são células com a propriedade de receber e transmitir estímulos, permitindo ao organismo responder a alterações dos meios interno e externo. Apresentam um corpo celular do qual partem dois tipos de prolongamento: o axônio e os dendritos.

O corpo celular contém um núcleo e é o local onde ocorre a síntese de diversas substâncias essenciais para o funcionamento e a sobrevivência do neurônio. Além disso, ele pode receber estímulos de outros neurônios durante a transmissão do impulso nervoso.

Os dendritos são prolongamentos celulares, apresentando grande número de ramificações. São estruturas especializadas na função de receber estímulos e conduzi-los ao corpo celular. Já o axônio é um único e longo prolongamento celular, cuja porção final apresenta ramificações. Trata-se de uma estrutura especializada na transmissão do impulso nervoso a outro neurônio ou a outros tipos celulares, como as células glandulares e as musculares.

Neurônio



SELMA CAPARROZ/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. (coord.). **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Representação simplificada de um neurônio. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Gliócitos

Os **gliócitos** dividem-se em vários tipos com funções distintas, como sustentação e nutrição dos neurônios e fagocitose. Essas células não transmitem impulsos nervosos e correspondem a cerca de 90% das células do tecido nervoso. O termo *glia* (do grego, significa "cola") foi criado logo no início das pesquisas sobre o tecido nervoso, quando se supunha que essas células tinham apenas a função de manter os neurônios unidos.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

6. Associe cada tipo de tecido muscular a uma das afirmações.

I. Andrea foi à academia e fez exercícios para fortalecer a musculatura das pernas e do abdômen.

II. Cláudio se assustou e sentiu o coração bater mais rápido quando sua mãe entrou no quarto.

III. Marina está tomando um remédio e um dos efeitos colaterais é o aumento dos movimentos peristálticos do intestino.

7. Se um neurônio sofrer danos nos dendritos, qual função celular poderá ser afetada? Justifique.

Fique por dentro

Atlas de Histologia

ATLAS de Histologia em cores da PUCRS. Porto Alegre, 2019. Disponível em: https://editora.pucrs.br/edipucrs/acessolivre//livros/atlas-de-histologia/index.html. Acesso em: 11 out. 2024.

Site da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) disponibiliza imagens, obtidas por meio de técnicas de microscopia, de cortes de tecidos do corpo humano.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. (Enem) Na década de 1990, células do cordão umbilical de recém-nascidos humanos começaram a ser guardadas por criopreservação, uma vez que apresentam alto potencial terapêutico em consequência de suas características peculiares.

O poder terapêutico dessas células baseia-se em sua capacidade de: 1. Alternativa **d**.

a. multiplicação lenta.
b. comunicação entre células.
c. adesão a diferentes tecidos.
d. diferenciação em células especializadas.
e. reconhecimento de células semelhantes.

2. (Enem)

A toxina botulínica (produzida pelo bacilo *Clostridium botulinum*) pode ser encontrada em alimentos malconservados, causando até a morte de consumidores. No entanto, essa toxina modificada em laboratório está sendo usada cada vez mais para melhorar a qualidade de vida das pessoas com problemas físicos e/ou estéticos, atenuando problemas como o blefaroespasmo, que provoca contrações involuntárias das pálpebras. 2. Alternativa **b**.

BACHUR, T. P. R. *et al.* Toxina botulínica: de veneno a tratamento. *Revista Eletrônica Pesquisa Médica*, n. 1, jan.-mar. 2009. (Adaptado.)

O alívio dos sintomas do blefaroespasmo é consequência da ação da toxina modificada sobre o tecido:

a. glandular, uma vez que ela impede a produção de secreção de substâncias na pele.
b. muscular, uma vez que ela provoca a paralisia das fibras que formam esse tecido.
c. epitelial, uma vez que ela leva ao aumento da camada de queratina que protege a pele.
d. conjuntivo, uma vez que ela aumenta a quantidade de substância intercelular no tecido.
e. adiposo, uma vez que ela reduz a espessura da camada de células de gordura do tecido.

3. Os ligamentos conectam entre si os ossos em uma articulação e os tendões unem os músculos aos ossos. Apesar de serem estruturas distintas, os ligamentos e os tendões têm em comum o mesmo tipo de tecido conjuntivo. Informe qual é esse tecido e explique qual característica dele se relaciona com as funções desempenhadas por ligamentos e tendões.

4. Os carotenos, lipídios da classe dos carotenoides, são pigmentos alaranjados precursores da vitamina A. Sobre esse assunto, leia o texto a seguir.

[...] Uma dica para conquistar um bronzeado bonito é apostar em alimentos ricos em betacaroteno, como a cenoura, no cardápio. A absorção é imediata à digestão, mas vale manter a dieta durante os meses de verão para que o efeito seja prolongado. [...]

Fonte: RIGI, C. Cenoura ajuda a bronzear? Aprenda mitos e verdades do verão e use o sol a seu favor. **UOL Notícias – Saúde**, São Paulo, 4 dez. 2012. Disponível em: https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2012/12/04/cenoura-ajuda-a-bronzear-aprenda-mitos-e-verdades-do-verao-e-use-o-sol-a-seu-favor.htm. Acesso em: 11 out. 2024.

Se alguém lhe perguntasse se é verdade que comer cenoura ajuda no bronzeamento e as razões disso, o que você responderia?

5. Leia o texto e responda às questões.

[...] Quando fazemos qualquer tipo de atividade física, existe uma produção de calor pelo corpo que é proporcional à intensidade da atividade realizada. O desafio, nesta situação, é promover a perda deste calor produzido para evitar que a **temperatura corporal** aumente.

[...] Quando a temperatura ambiente é elevada, [...] a perda de calor vai depender essencialmente do mecanismo de evaporação do **suor**.

É importante frisar que não é a produção de suor que resfria o corpo e, sim, a evaporação do suor produzido que rouba calor da superfície corporal. [...]

Fonte: BARROS, T. Exercícios no calor: entenda a função do suor e a importância da hidratação. **Eu Atleta – Saúde**, São Paulo, 21 jan. 2014. Disponível em: https://ge.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/2014/01/exercicios-no-calor-entenda-funcao-do-suor-e-importancia-da-hidratacao.html. Acesso em: 11 out. 2024.

a. Por que a evaporação do suor é crucial para manter a temperatura corporal adequada?
b. O suor é considerado uma secreção endócrina ou exócrina? Explique.

6. Explique as funções dos neurônios e dos gliócitos no tecido nervoso. Como essas células trabalham em conjunto para garantir a coordenação adequada das funções do sistema nervoso?

7. A controvérsia sobre o uso de células-tronco embrionárias (CTE) é complexa, envolvendo questões bioéticas. Enquanto o uso de células-tronco adultas (CTA) é menos polêmico, as CTE são regulamentadas pela Lei de Biossegurança (Lei n. 11.105/2005), cujo artigo 5º permite sua pesquisa sob condições específicas. Apesar de o STF considerar esse artigo constitucional, a discussão sobre a proteção do embrião persiste.

Pesquise e discuta com os colegas as questões éticas sobre CTE, analisando os dados apresentados. Em seguida, escreva uma reflexão pessoal sobre o uso das CTE.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 16

Corpo humano em movimento



JACOBLUND/GETTY IMAGES

Nadar envolve o controle voluntário de vários movimentos do corpo. Quando nadamos, a inspiração e a expiração, movimentos naturalmente involuntários em nosso cotidiano, demandam controle voluntário.

Compreender como nosso corpo se movimenta envolve analisar sistemas diretamente envolvidos com essa função, que são o esquelético, o articular e o muscular esquelético. Juntos, eles propiciam a realização dos movimentos voluntários do corpo, como mover os braços, andar, nadar, mexer a cabeça e o tronco. Esses movimentos também dependem do sistema nervoso, de onde partem os estímulos que chegam aos músculos; do sistema respiratório, que realiza as trocas gasosas entre o sangue e o ar; do sistema cardiovascular, que leva para todas as células gás oxigênio e nutrientes, além de remover deles os resíduos do metabolismo celular; e do sistema urinário, que elimina do corpo excretas resultantes do metabolismo celular. Assim, quando pensamos em determinada função, há os sistemas mais diretamente ligados a ela, porém devemos considerar que o corpo é um todo integrado em que todos os sistemas se inter-relacionam de alguma forma.

Neste capítulo, nossa atenção vai se voltar, no entanto, à integração entre os sistemas diretamente ligados ao movimento e aos sistemas cardiovascular, respiratório e urinário. Vamos abordar também os benefícios da atividade física e propor reflexões sobre como a tecnologia e o esporte podem auxiliar na universalização da prática esportiva e como enfrentar desafios para evitar o sedentarismo.

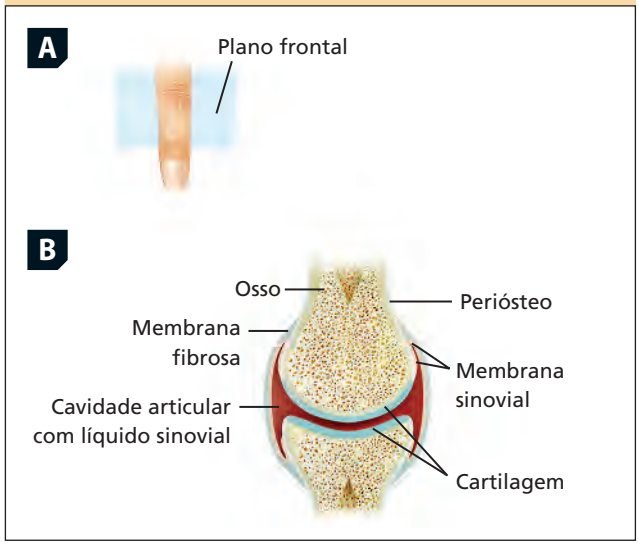
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Integração entre os sistemas esquelético, articular, muscular e nervoso na geração de movimento

O **sistema esquelético** é formado por ossos que se organizam em um eixo central de sustentação do corpo, o **esqueleto axial** – formado pelos ossos do crânio, da coluna vertebral e da caixa torácica; e, pelos ossos dos membros, dos ombros e do quadril, o **esqueleto apendicular**.

O **sistema articular** compreende o conjunto das articulações do corpo. As articulações são locais em que dois ou mais ossos se encontram. Embora existam articulações imóveis, como as suturas que unem os ossos do crânio, as relacionadas com os movimentos são as semimóveis e as móveis. As articulações **semimóveis** permitem pequena movimentação entre os ossos, como ocorre entre as vértebras, e as **móveis** permitem movimentação maior, como as que ocorrem nos joelhos, nos ombros e nas mãos. Nelas há a **cavidade articular** com **líquido sinovial**, que absorve choques, reduz o impacto nas articulações e lubrifica o contato entre os ossos, diminuindo o atrito.

Articulação móvel



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

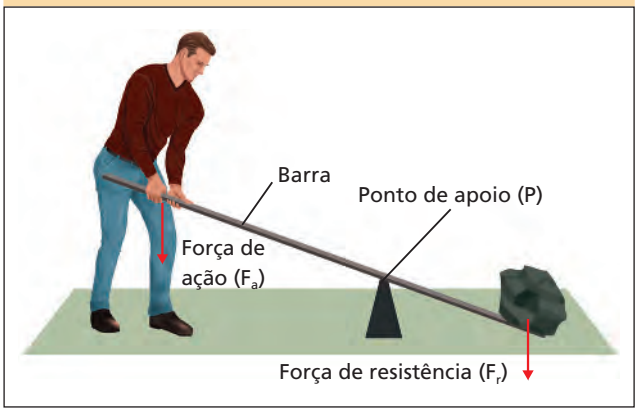
Fonte: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Corpo humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de articulação móvel. **(A)** Dedo humano e plano frontal de corte para mostrar a articulação móvel sinovial. **(B)** Esquema de corte longitudinal de uma articulação sinovial. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

O **sistema muscular esquelético** é constituído pelos **músculos esqueléticos**, órgãos formados principalmente pelo tecido muscular estriado esquelético associado a tecidos conjuntivos. São órgãos bem irrigados e inervados. Os músculos se prendem aos ossos por meio de tendões, estruturas formadas por tecido conjuntivo denso.

Músculos, tendões, ossos e articulações móveis e semimóveis atuam em conjunto na produção de movimentos em um sistema de alavancas. Estas são máquinas simples, constituídas por uma barra rígida, capaz de se movimentar ao redor de um ponto de apoio (P). Em uma das extremidades da barra, há a aplicação de uma força de ação (F_a), e, na outra extremidade, há a força de resistência (F_r), que corresponde ao peso de um objeto a ser levantado. As alavancas propiciam a ampliação da força de ação para mover objetos.

Exemplo de alavanca



OSNI DE OLIVEIRA/ARQUIVO DA EDITORA

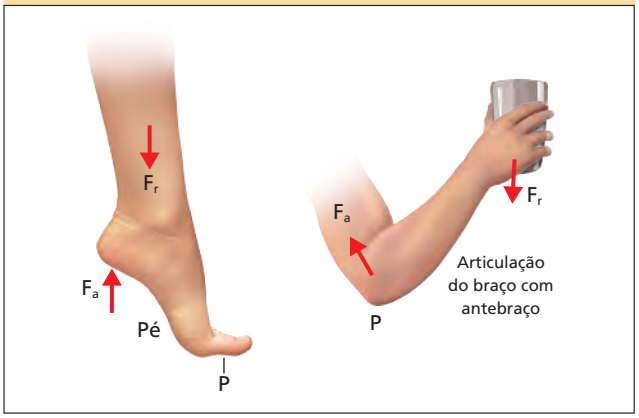
Fonte: elaborado com base em YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. **A. Física I, Sears e Zemansky**: Mecânica. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

Representação esquemática de um tipo de alavanca com as partes que a compõem. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No corpo humano, os ossos atuam como as barras de uma alavanca, os músculos são responsáveis pela aplicação da força de ação ao se contraírem, transmitindo essa força aos tendões que se ligam aos ossos, e as articulações atuam como pontos de apoio.

Cada tipo de alavanca tem implicações biomecânicas específicas, permitindo grande variedade de movimentos, como a elevação do corpo na ponta do pé e o movimento do cotovelo ao levantar um peso.

Alavancas no corpo humano



LIGIA DUQUE/ARQUIVO DA EDITORA

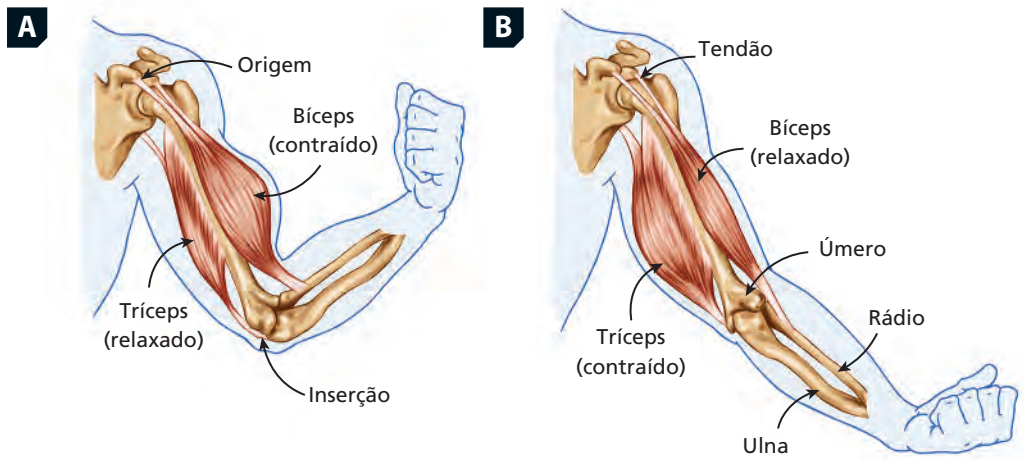
Fonte: elaborado com base em: HALL, S. J. **Biomecânica básica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Representação dos sistemas de alavanca mais comuns do corpo humano. P = ponto de apoio, F_a = força de ação e F_r = força de resistência. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Na produção desses movimentos, os músculos trabalham em pares antagonistas: enquanto um se contrai, puxando o osso, o outro relaxa, e vice-versa. A figura a seguir mostra os movimentos de flexão e extensão do antebraço. Note que, para levantar o braço, há a contração do bíceps braquial e o relaxamento do tríceps braquial. Para abaixar, há a contração do tríceps e o relaxamento do bíceps.

Estruturas envolvidas no movimento do braço



STIHII/SHUTTERSTOCK

Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação do movimento de flexão **(A)** e de extensão **(B)** do antebraço: ação de músculos antagonistas, o bíceps e o tríceps. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Importância da atividade física

Um dos desafios contemporâneos enfrentados pela sociedade urbana é conciliar as rotinas diárias cada vez mais sedentárias, com atividades físicas orientadas e adequadas à realidade de cada pessoa. O sedentarismo tem impactos negativos na saúde geral, de modo que é importante adotar condutas regulares que propiciem movimentos do corpo, o que auxilia na prevenção de doenças.

A atividade física regular e bem orientada leva a adaptações fisiológicas benéficas tanto para a saúde física quanto para a mental. Ela melhora a capacidade cardiovascular e respiratória e promove o aumento da força, da massa muscular, da flexibilidade e do equilíbrio. Estimula também a produção de endorfina, substância produzida pela glândula hipófise, que age no corpo diminuindo a dor e dando sensação de bem-estar, além de contribuir para a redução da ansiedade, do estresse e da depressão.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Registre em seu caderno

TRABALHO E JUVENTUDES

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Esporte para além da aula de Educação Física

Os benefícios das atividades físicas regulares vão além do que já comentamos: elas promovem a convivência social, uma vez que muitas são praticadas ou treinadas em grupo.

Com todos esses benefícios, poderíamos pressupor que a prática de esportes e de outras atividades físicas deveria fazer parte da rotina de todas as pessoas. Infelizmente, não é o que se observa. Segundo o Diagnóstico Nacional do Esporte (2015), 27,3% dos jovens de até 15 anos disseram ter abandonado a prática de esporte. Esse número subiu para 45,3% entre jovens de 16 a 24 anos. Entre os motivos do abandono, 79,8% das pessoas apontaram a falta de tempo por conta dos estudos, do trabalho e/ou dos cuidados com a família.

Outro fator que impacta a prática de esportes é a distribuição desigual de espaços adequados e de infraestrutura relacionada à prática esportiva entre bairros centrais e periféricos e entre áreas urbanas e rurais. Ciclovias, pistas de corrida e calçadas conservadas e seguras; quadras e espaços para atividades esportivas; transporte acessível para parques e áreas verdes não são uma realidade em todos os municípios e regiões do país.

Continua

ODS 4 Além do fornecimento de infraestrutura adequada, o governo tem outras formas de estimular a prática esportiva. Uma delas é o apoio direto ou políticas de incentivo que possibilitem o investimento privado em programas esportivos para a população; a outra é o oferecimento de bolsas para atletas, geralmente com foco em atletas que participam de competições. Muitas universidades particulares também oferecem bolsa de estudo por mérito esportivo, independentemente de seu nível técnico, facilitando o ingresso dos atletas em cursos do Ensino Superior. O oferecimento de bolsas de estudo possibilita a conciliação entre carreira e esporte, além de proporcionar experiências que podem abrir portas a mudanças de vida.

RENATO ASSIS/FOTOARENA



Giulia Takahashi (2005-), atleta brasileira do tênis de mesa que recebe benefício do Bolsa-Atleta, durante partida nos Jogos Pan-Americanos de Santiago 2023 (Santiago, Chile, 2023).

Apesar da importância da continuidade dos estudos – defendida por muitos atletas de renome – para que o atleta tenha uma carreira profissional após sua aposentadoria como atleta, nem sempre é fácil conciliar estudo e esporte. A skatista Rayssa Leal (2008-), que aos 15 anos já tinha um longo histórico de competições nacionais e internacionais, deu uma entrevista em 2023 dizendo que gostaria de fazer uma pausa nas competições após a Olimpíada de 2024, pois sentia que estava perdendo um pouco de sua adolescência por conta da exaustiva rotina de estudos, treinos e competições nacionais e internacionais.

1. ODS 3 Sabendo que o número de jovens que realiza algum esporte ou prática esportiva reduz muito entre os jovens de até 24 anos, quais estratégias poderiam reverter essa queda?
2. ODS 3 Pense em alguma infraestrutura ou serviço de seu bairro ou município que poderia ser construída ou melhorada para se tornar mais acessível e facilitar a prática esportiva na região. Escreva um texto de até três parágrafos que seria enviado para um vereador de seu município explicando a importância da alteração necessária. Procure ressaltar a importância das atividades físicas para a saúde e o bem-estar dos jovens.
3. Escolha um espaço formal ou informal onde possam ser realizadas atividades físicas em seu bairro ou município e faça um texto de divulgação para compartilhar com os colegas, apresentando informações sobre: endereço, quais esportes podem ser realizados no local, qual o horário de funcionamento, se o local é acessível e se há equipamentos adaptados para que pessoas com deficiência possam participar das atividades, se existe algum programa esportivo específico para jovens no local, entre outras informações que você considere importante.
4. Escolha um(a) atleta brasileiro(a) que você admira e faça uma pesquisa sobre sua trajetória. Procure identificar: qual esporte ele(a) pratica; com que idade ele(a) começou a competir; até que idade ele(a) estudou e qual sua formação (caso tenha Ensino Superior); se ele(a) não está mais competindo, o que ele(a) está fazendo atualmente; se ele(a) teve filhos (e se o fato de ter filhos foi um desafio para a carreira); quais os principais desafios e conquistas da carreira. Escreva uma minibiografia de até dois parágrafos e compartilhe com a turma.
5. A carreira de atleta profissional costuma se iniciar muito cedo e, muitas vezes, se encerrar cedo também. É uma carreira muito instável. Além disso, no futebol, por exemplo, apesar do destaque dado a alguns salários milionários, segundo a Confederação Brasileira de Futebol (CBF), em 2018, 55% dos atletas profissionais recebem cerca de um salário mínimo. Considerando essas informações, discuta com os colegas a importância de os atletas profissionais manterem seus estudos paralelamente ao trabalho como atleta. Escreva um parágrafo com suas principais reflexões.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

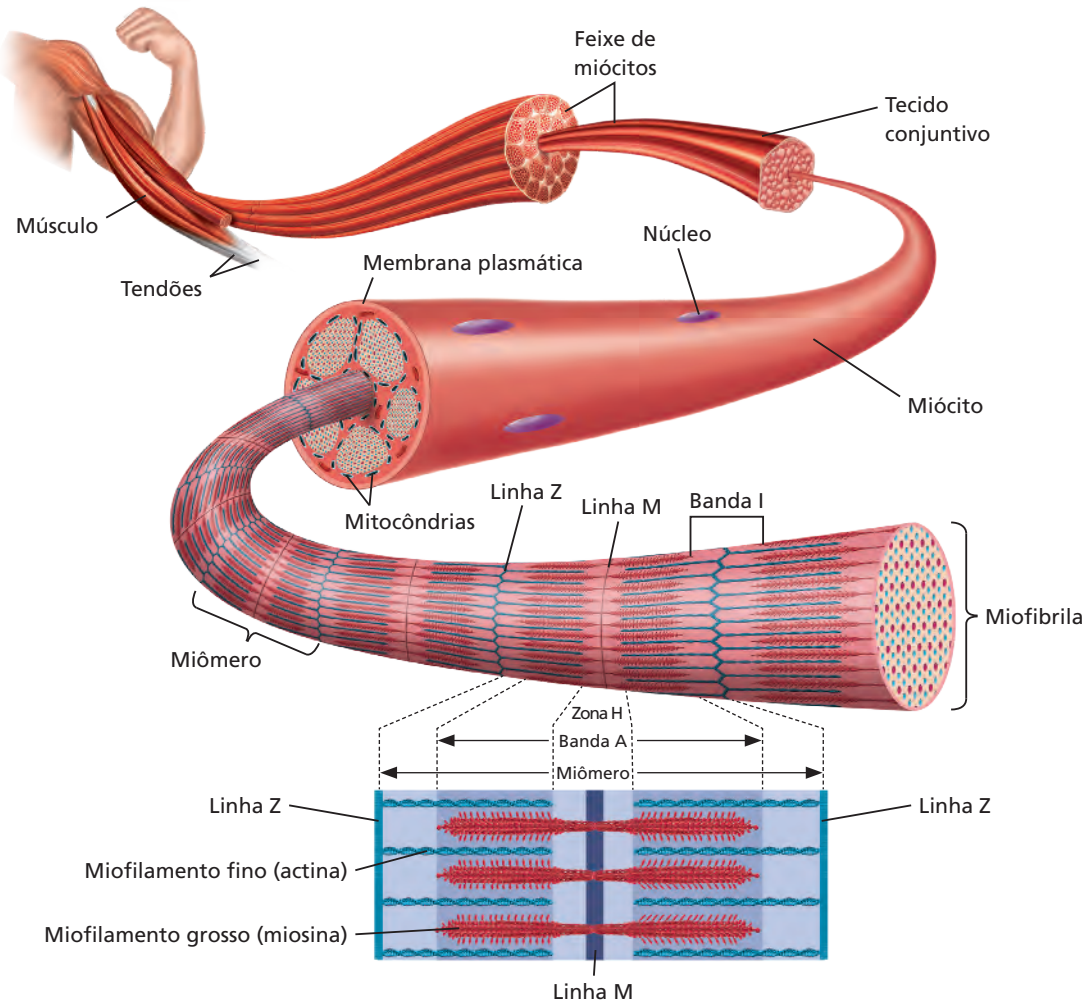
A contração dos miócitos

As células dos músculos esqueléticos, denominadas fibras musculares ou miócitos, são alongadas e apresentam no citoplasma conjuntos de **miofibrilas**, cada uma delas formada por dois tipos de **miofilamento**: os finos, cujo componente é a proteína **actina**; e os grossos, cujo componente principal é a proteína **miosina**. O modo como esses miofilamentos se organizam dá o aspecto estriado ao miócito.

A unidade contrátil da miofibrila é chamada **miômero** (ou **sarcômero**), composta dos seguintes elementos:

- **linha Z** (Z = do alemão *zwischen*, que significa "entre"): formada por proteínas que ancoram os miofilamentos finos; a região entre duas linhas Z consecutivas delimita o miômero;
- **banda I** (I = isotrópico, significa região que reflete a luz de modo uniforme): banda clara, onde há apenas miofilamentos finos; no centro de cada banda I está a linha Z, de modo que cada metade de uma banda I pertence a um miômero diferente;
- **banda A** (A = anisotrópico, significa região que desvia a luz de modo irregular): banda escura, que abrange todo o comprimento dos filamentos grossos; e nas laterais dessa banda há filamentos finos intercalados com os grossos;
- **zona H** (H = do alemão *helles*, que significa "claro"): faixa clara na região central de cada banda A, bem visível nas células musculares relaxadas e formada apenas por miofilamentos grossos;
- **linha M** (M = do alemão *mittel*, que significa "meio"): faixa escura no meio da zona H, formada por proteínas que ancoram os miofilamentos grossos.

Estrutura do músculo esquelético



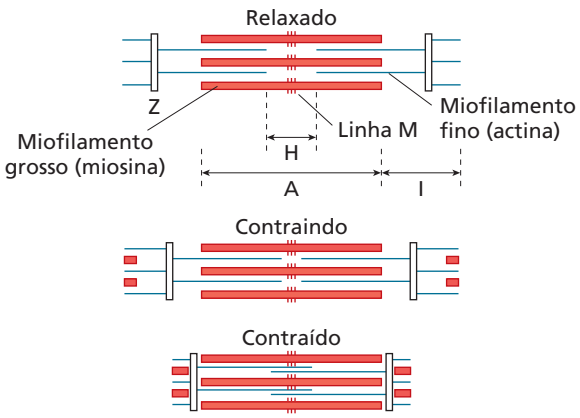
Fonte: SADAVA, D. *et al*. **Vida**: A Ciência da Biologia: volume 3: Plantas e Animais. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

Representação da organização de um músculo estriado esquelético com detalhes dos feixes musculares e da célula muscular. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Miômero

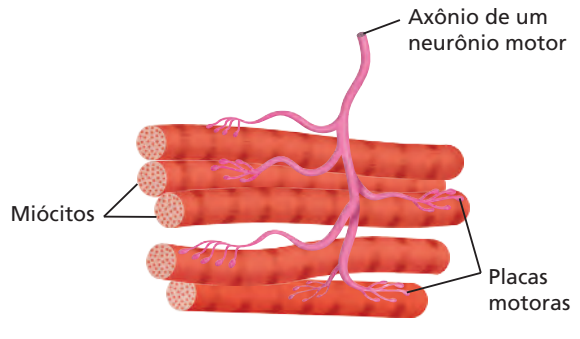


ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

Representação de miômero desde a posição em que o músculo está relaxado até contraído. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Placa motora



GUILHERME FERREIRA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

Representação de uma unidade motora em que um neurônio inerva vários miócitos. No local de contato do axônio do neurônio com o miócito, forma-se a placa motora. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Na contração muscular, os miofilamentos não diminuem de tamanho, mas os miômeros ficam mais curtos e todo o miócito se contrai. O encurtamento dos miômeros ocorre por causa do deslizamento dos miofilamentos finos sobre os grossos.

O estímulo nervoso chega aos miócitos estriados esqueléticos por meio dos axônios dos neurônios motores. Um neurônio pode inervar um único miócito ou vários. O neurônio e os miócitos por ele inervados formam uma **unidade motora**. Em músculos que executam movimentos intensos, como os das pernas, um único neurônio inerva mais de cem miócitos ao mesmo tempo. Em músculos que executam movimentos mais delicados, como os músculos oculares, cada miócito é inervado por um só neurônio.

O local em que o axônio estabelece contato com o miócito esquelético recebe o nome de **placa motora** ou **junção mioneural**. Esse tipo de junção ocorre apenas na musculatura esquelética.

O miócito não é capaz de controlar a intensidade de sua contração: ou ele não se contrai ou se contrai com toda a intensidade, em um processo chamado de **lei do tudo ou nada**. Já o músculo como um todo tem a intensidade da contração regulada pelo número de unidades motoras ativadas pelo impulso nervoso.

Cessado o impulso nervoso, a contração muscular cessa com os miofilamentos de actina e miosina voltando ao estado inicial.

Se julgar necessário, retome os conceitos discutidos no capítulo 7 sobre metabolismo energético.

Fontes de energia para o trabalho muscular

Não usamos sempre o mesmo grupo de músculos ao mesmo tempo, nem com a mesma intensidade. Assim, os miócitos esqueléticos são capazes de sair do repouso para a ação de forma muito rápida, o que depende de energia sob a forma de ATP.

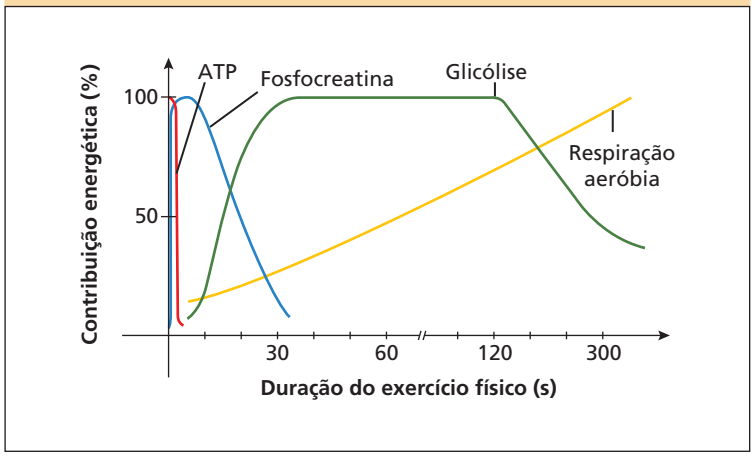
Nos miócitos em repouso, há pequena reserva de ATP e de fosfocreatina. Esta, ao ser quebrada, origina a creatina e libera o radical fosfato, que se liga ao ADP, formando ATP. Este é utilizado de forma imediata apenas para promover a contração da célula de modo anaeróbico (sem gás oxigênio) por alguns segundos. É o que ocorre em atividades de alta intensidade e curta duração, como corrida de 100 metros rasos e levantamento de peso. Após esses poucos segundos, se a atividade física se estender, entra em ação inicialmente a quebra do glicogênio armazenado nos miócitos, liberando moléculas de glicose, que são degradadas em modo anaeróbio na glicólise. A energia liberada é empregada em exercícios intensos com duração de 1 a 3 minutos, como é o caso de corridas de 200 m a 1.000 m rasos.

Com a continuidade da atividade física, há o aumento da ventilação pulmonar e da atividade cardiovascular. Desse modo, maior quantidade de gás oxigênio começa a chegar aos músculos. À medida que isso acontece, o metabolismo vai passando de anaeróbio para aeróbio, processo que tem maior rendimento de moléculas de ATP. Depois de aproximadamente 3 minutos de atividade física intensa, toda atividade muscular praticamente passa a ser aeróbia. Além disso, as moléculas de glicose trazidas pelo sangue começam a participar desse processo. Essas moléculas derivam da quebra do glicogênio presente nas células do fígado e da absorção de glicose pelo intestino em decorrência da digestão de carboidratos. Além dessas fontes de energia, começa a haver quebra da gordura presente em células do tecido adiposo e, em alguns casos, de proteína. Os produtos dessa quebra chegam às fibras musculares pela corrente sanguínea, participando da respiração celular.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Como se pode notar, a manutenção do trabalho muscular depende de vias metabólicas que são acionadas em sequência, de modo que uma fonte é acionada antes que a anterior se esgote. A contribuição efetiva de cada uma delas varia em razão da intensidade e da duração do exercício.

Gráfico das fontes de energia no exercício



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

Contribuição das fontes de energia para o trabalho muscular por conta da duração do exercício.

Quando o exercício se torna muito intenso e não há gás oxigênio suficiente para as células, a glicose passa a ser utilizada na fermentação lática e o metabolismo torna-se anaeróbio, processo em que há formação de lactato e de íons H^+. Depois de um tempo, o lactato passa para a corrente sanguínea e é degradado no fígado.

A **fadiga muscular** corresponde à incapacidade de contração do músculo, o que ocorre em condições de excesso de atividade muscular. As causas da fadiga são variadas e incluem o esgotamento de glicogênio nas fibras musculares, falhas na liberação de acetilcolina na placa motora, redução da liberação de íons cálcio no citosol e acúmulo de fosfato inorgânico e de ADP na célula.

Tipos de miócito estriado esquelético

Os músculos esqueléticos são formados basicamente por dois tipos de miócito:

- **tipo I**, ou de **contração lenta**: apresentam cor vermelha por serem ricos em mioglobina, pigmento vermelho semelhante à hemoglobina que atua como reserva de gás oxigênio nas células musculares, liberando-o quando necessário na contração muscular; são ricos em mitocôndrias e adaptados a movimentos lentos e duradouros; são resistentes à fadiga muscular e obtêm energia para a contração por meio da respiração aeróbia, oxidando glicose e, principalmente, ácidos graxos; são muito irrigados.
- **tipo II** ou de **contração rápida**: são mais claros que os do tipo I por terem menos mioglobina; apresentam menos mitocôndrias, mais glicogênio e são menos irrigados do que os miócitos do tipo I; sofrem fadiga mais facilmente. Há dois subtipos: **IIA**, relacionado tanto a atividades de resistência quanto de explosão, utiliza tanto o metabolismo aeróbico quanto o anaeróbico, como em corridas de 400 m; **IIB**, relacionados a atividades de alta intensidade e curta duração, utilizam principalmente o metabolismo anaeróbio.

A maioria dos músculos apresenta os dois tipos de miócito, e a proporção entre eles varia de acordo com o músculo e com o patrimônio genético de cada indivíduo. Por exemplo, os músculos que sustentam o corpo são utilizados mais constantemente e neles há mais miócitos do tipo I; os músculos que são utilizados de modo intermitente, podendo exercer força, têm mais miócitos do tipo II.

O treinamento físico pode alterar essa proporção, embora dentro de certos limites.

As atividades aeróbias aumentam a resistência muscular sem promover aumento significativo do volume do músculo. Já as anaeróbias aumentam o volume muscular.

No indivíduo adulto, as células musculares esqueléticas não se dividem mais, mas a atividade física as estimula a produzirem novas miofibrilas, o que leva ao aumento da musculatura.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM FOCO

Próteses e esporte paralímpico

No movimento paralímpico as próteses esportivas, principalmente para membros inferiores, se tornaram uma forma de representação do esporte paralímpico. Elas chamam muito a atenção do público, mas nem todas as modalidades permitem seu uso.

É comum vermos competidores do atletismo utilizando próteses com lâmina de carbono substituindo o pé nas provas de corrida, como os velocistas Alan Fonteles (1992-), campeão paralímpico em Londres 2012, e Vinícius Rodrigues (1994-), medalhista de bronze no Mundial de Dubai 2019. Ambos competem em classes para amputados que utilizam próteses, T62 e T63, respectivamente. Além do modelo esportivo, esses atletas possuem uma prótese diferente no dia a dia e para atividades fora da pista como musculação.

ULRIK PEDERSEN/NURPHOTO/GETTY IMAGES



O atleta paranaense Vinícius Rodrigues (à esquerda) é especialista em provas de velocidade e vem competindo em eventos nacionais e mundiais (Tóquio, Japão, 2021).

O atletismo não é a única modalidade que permite a utilização de próteses durante as provas. O tênis de mesa, triatlo, esportes de neve e o parabadminton também se beneficiam das lâminas e soluções protéticas para atividade esportiva de média e alta intensidade. O campeão parapan-americano de tênis de mesa Paulo Salmin é um desses atletas.

[...]

Apesar de existirem próteses a prova d'água, por exemplo, as regras da natação não permitem que o nadador a utilize durante as provas. Os atletas são obrigados a deixá-las à borda da piscina junto com os demais objetos (roupas, toalha). [...]

Fonte: ENTENDA como funcionam as próteses no esporte paralímpico. **Comitê Paralímpico Brasileiro**, São Paulo, 14 ago. 2020. Disponível em: https://cpb.org.br/noticias/entenda-como-funcionam-as-proteses-no-esporte-paralimpico/. Acesso em: 25 jul. 2024.

1. Forme um grupo com mais dois ou três colegas. Leiam o texto, conversem entre si e anotem as respostas no caderno: O que são as Paralimpíadas? Já assistiram a competições paralímpicas? Quais são os esportes praticados? O que mais chamou a atenção de vocês ao assistirem a esse tipo de competição? Conhecem algum dos atletas paralímpicos citados na reportagem? Conhecem outros atletas paralímpicos?
2. Com o mesmo grupo, façam uma pesquisa para saber o que são as próteses T62 e T63 e por que elas são importantes nos esportes paralímpicos? De que maneira vocês imaginam que as próteses esportivas diferem das próteses usadas no dia a dia?
3. Com base no que vocês discutiram nas questões 1 e 2, formem uma roda de conversa, sempre com a orientação do professor, e compartilhem com os demais colegas as respostas de seu grupo e ouçam as respostas dos demais.
4. Depois da discussão, cada um de vocês deverá produzir um texto de 15 a 20 linhas que responda à pergunta: Como as tecnologias utilizadas nas próteses esportivas impactam o dia a dia de pessoas com deficiência física?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADE COMENTADA

(Fuvest-SP) A tabela abaixo apresenta algumas características de dois tipos de fibras musculares do corpo humano.

Fibras musculares

Características	Tipo I	Tipo II B
Velocidade de contração	Lenta	Rápida
Concentração de enzimas oxidativas	Alta	Baixa
Concentração de enzimas glicolíticas	Baixa	Alta

a. Em suas respectivas provas, um velocista corre 200 m, com velocidade aproximada de 36 km/h, e um maratonista corre 42 km, com velocidade aproximada de 18 km/h. Que tipo de fibra muscular se espera encontrar, em maior abundância, nos músculos do corpo de cada um desses atletas?

b. Em que tipo de fibra muscular deve ser observado o maior número de mitocôndrias? Justifique.

Analisar o enunciado

A atividade envolve analisar a relação entre os tipos de fibra muscular (miócito) do tipo I e do tipo IIB e as atividades atléticas de um velocista e de um maratonista. Devemos determinar que tipo de fibra muscular se espera encontrar em maior abundância nos músculos de cada atleta (item **a**). Devemos também justificar em que tipo de fibra muscular se espera encontrar o maior número de mitocôndrias (item **b**).

Selecionar as informações relevantes

Na tabela, há dados sobre as características dessas fibras e, no item **a**, temos informações sobre as atividades atléticas de um velocista e de um maratonista.

Aplicar o conceito estudado

Agora, precisamos recorrer ao que sabemos dos processos relacionados às características metabólicas exigidas em cada uma dessas atividades. Nas atividades de curta duração, que é o caso do velocista, há predomínio da via glicolítica anaeróbia, com participação de enzimas glicolíticas, e as fibras musculares são de contração rápida. No entanto, nas atividades de longa duração, que é o caso do maratonista, há dependência de energia oxidativa aeróbica, que ocorre em mitocôndrias com participação das enzimas oxidativas, e as fibras musculares são de contração lenta.

Com esses dados, podemos dizer que, no item **a**, é esperado encontrar maior abundância de fibras do tipo I no maratonista, atleta para o qual a resistência muscular é mais importante do que a capacidade de "explosão" muscular. Já um velocista que depende da "explosão" muscular apresentará em sua musculatura maior proporção de fibras musculares do tipo IIB.

Para responder ao item **b**, sabendo que as mitocôndrias desempenham papel crucial na produção de energia celular por meio da respiração celular aeróbia, que envolve a oxidação de substratos, como ácidos graxos e glicose, e que as fibras musculares tipo I são mais especializadas em utilizar energia oxidativa aeróbia para atividades de longa duração, podemos assumir que as fibras do tipo I tendem a ter maior número de mitocôndrias em comparação com as fibras do tipo IIB.

Verificar a solução

O maior número de mitocôndrias deve ser observado nas fibras musculares em que há maior concentração de enzimas oxidativas que são relacionadas com a respiração celular aeróbia, ou seja, nas fibras do tipo I, tipo de fibra encontrado em maratonistas, que não precisam de uma contração rápida.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Uma das funções do esqueleto humano é a proteção de alguns órgãos. No caderno, indique a associação correta entre as partes do esqueleto e os órgãos que cada uma delas protege.

I. Crânio
II. Coluna vertebral
III. Costelas

A. Medula espinal
B. Encéfalo
C. Pulmões e coração

Agora, responda: As partes citadas anteriormente fazem parte do esqueleto axial ou apendicular?

2. Um jogador de futebol sofreu uma luxação no joelho ao se chocar com um adversário. Nas luxações, a articulação é deslocada de sua posição normal. Sobre isso, responda às questões.

a. Em qual dos três tipos de articulação o local da lesão pode ser classificado?

b. Cite outro exemplo de local no corpo onde há esse mesmo tipo de articulação.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

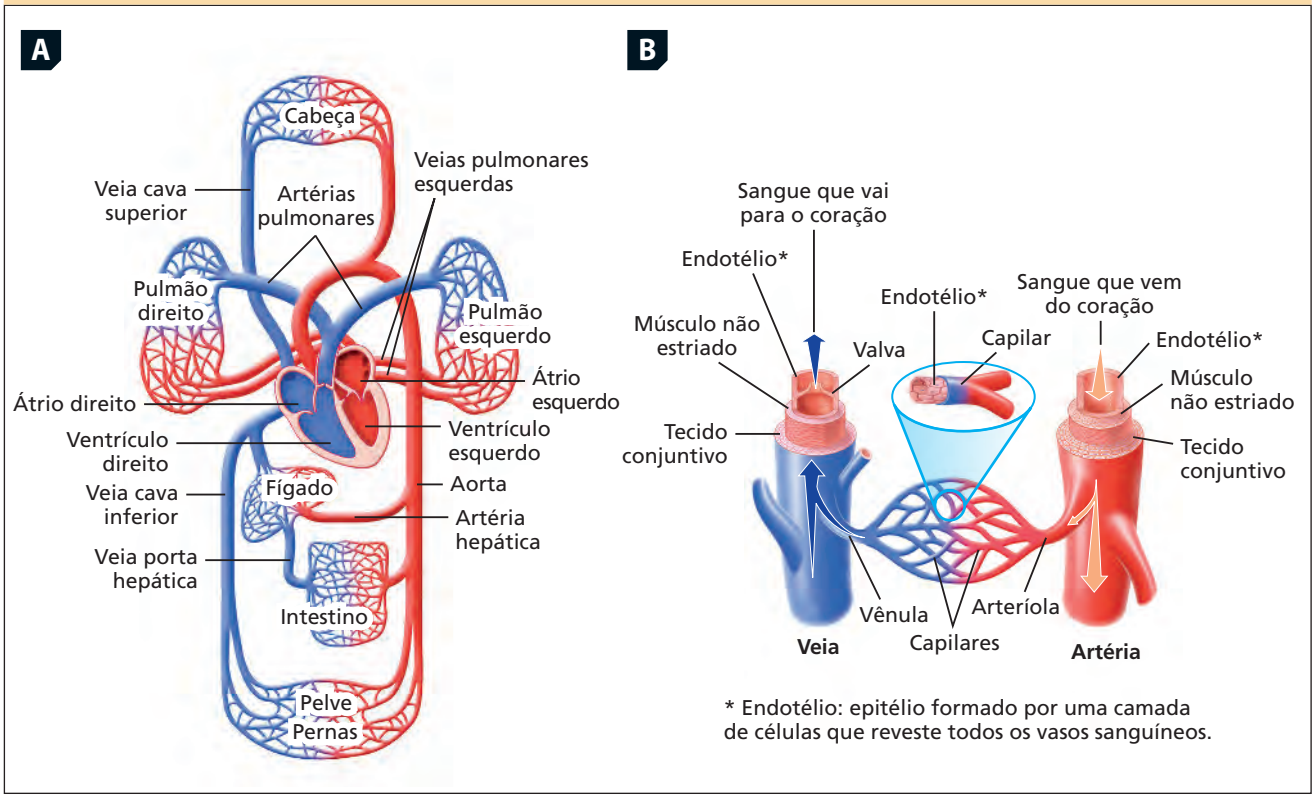
Sistema cardiovascular

O **sistema cardiovascular** tem como função básica transportar o sangue. Nesse processo, são distribuídas substâncias no interior do corpo, de modo que os nutrientes e o gás oxigênio sejam levados para as células e os produtos do metabolismo das células sejam recolhidos.

Além da função básica, o sistema cardiovascular contribui para a distribuição do calor no organismo, participando dos mecanismos termorreguladores. Por exemplo, você já deve ter percebido que, na prática de atividade física, o corpo fica aquecido e a pele, ruborizada. Esse rubor se deve ao aumento da circulação sanguínea periférica. Nesse processo, o sangue que chega à região periférica, aquecido pelo calor produzido dentro do corpo, passa parte desse calor para o meio externo, que está mais frio. Com isso, ele se resfria e retorna com temperatura mais baixa para as partes mais internas do corpo. O processo contribui para o controle da temperatura corporal, evitando o superaquecimento. Aliado a isso, há o aumento da transpiração na pele, o que também auxilia na redução da temperatura corporal.

O órgão central do sistema cardiovascular é o **coração**, formado por **dois átrios** e **dois ventrículos**. Os átrios comunicam-se com os ventrículos e, nessa comunicação, há valvas que impedem o retorno do sangue bombeado pelo átrio para o ventrículo. Os átrios recebem o sangue de vasos chamados **veias**, e os ventrículos impulsionam o sangue para vasos denominados **artérias**. Também há valvas na abertura das veias e das artérias no coração, o que impede o retorno do sangue para esses vasos. Depois que é impulsionado para as artérias, o sangue passa para vasos de menor calibre, as **arteríolas**, que o conduzem para vasos de diâmetro microscópico, os **capilares**. Estes se localizam no interior dos tecidos, e é por meio de suas finas paredes que há trocas de substâncias entre o sangue e os tecidos ou entre o sangue e o ar nos pulmões. Após as trocas, o sangue passa dos capilares para vasos chamados **vênulas** e daí para as veias, que o levam de volta ao coração.

Sistema cardiovascular humano



Fonte: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Corpo humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

(A) Representação do sistema cardiovascular humano. Em vermelho estão representados os vasos que carregam sangue rico em gás oxigênio (arterial) e, em azul, os vasos que carregam sangue rico em gás carbônico (venoso).
(B) Representação esquemática da organização dos vasos sanguíneos e a relação entre eles.
(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A cada volta completa, o sangue passa duas vezes pelo coração, falando-se em dupla circulação. Ela engloba a circulação **pulmonar** ou pequena circulação e a circulação **sistêmica** ou grande circulação. Na pulmonar, o sangue venoso (rico em gás carbônico) chega ao átrio direito do coração pelas veias cavas e é bombeado para o ventrículo direito, que o bombeia para as artérias pulmonares. Estas levam o sangue venoso até os pulmões, onde ocorre o processo de oxigenação, em que o sangue passa de venoso para arterial (rico em gás oxigênio). O sangue arterial retorna ao coração pelas veias pulmonares, que se abrem no átrio esquerdo. Este bombeia o sangue para o ventrículo esquerdo. Na circulação sistêmica, o sangue arterial é bombeado do ventrículo esquerdo para a artéria aorta e é distribuído para todo o corpo, oxigenando os tecidos e retornando venoso ao coração pelas veias cavas, que se abrem no átrio direito.

As artérias apresentam parede mais espessa do que as veias, o que promove a resistência e a elasticidade necessárias para manter o sangue circulando sob alta pressão. Ao contrário das artérias, as veias transportam sangue sob baixa pressão e nelas há valvas que impedem o refluxo do sangue, orientando o sentido da circulação.

O sangue, ao passar das artérias para as arteríolas e delas para os capilares, tem a velocidade reduzida. Isso porque cada artéria distribui o sangue para muitas arteríolas, que vão distribuí-lo para um número ainda maior de capilares. Se somarmos a área total das secções transversais de todos os capilares, vamos notar que ela é maior do que a área correspondente de qualquer outro vaso do sistema circulatório. Com isso, a velocidade do sangue cai muito nos capilares, importante nas trocas entre o sangue e os tecidos, que só ocorrem no nível dos capilares. Ao passar dos capilares para as vênulas e depois para as veias, o sangue é conduzido com maior velocidade, porém a velocidade e a pressão nas veias são menores que as verificadas nas artérias.

Os movimentos de contração do músculo do coração são denominados **sístoles** e os movimentos de relaxamento, **diástoles**. Quando a musculatura do ventrículo se contrai (sístole ventricular), a pressão exercida no sistema de vasos arteriais é chamada **pressão sistólica arterial**, que é, em geral, da ordem de 120 mmHg (milímetros de mercúrio). Quando a musculatura do ventrículo relaxa, a pressão diminui e é chamada **pressão diastólica arterial**, que é, em geral, da ordem de 80 mmHg. Popularmente, a pressão sistólica arterial e a pressão diastólica arterial são representadas pelos valores 12 e 8, respectivamente.

O sangue flui de regiões de maior pressão para regiões de menor pressão, impulsionado pela sístole ventricular. A pressão sanguínea cai à medida que o sangue se afasta do coração, chegando a valores baixos nas veias. Ao retornar ao coração, a pressão é restabelecida pelo batimento cardíaco.

As veias tendem a acumular sangue, e suas paredes permitem maior expansão do que as paredes das artérias. O sangue venoso, que está sob baixa pressão e velocidade, principalmente nas partes do corpo que ficam abaixo do nível do coração (como as pernas), retorna ao coração no sentido contrário ao da força da gravidade. A contração da musculatura esquelética comprime as veias e, com a presença das valvas que impedem o refluxo, o sangue é impulsionado em direção ao coração. Movimentar as pernas é, portanto, importante. Pessoas que ficam paradas com as pernas para baixo por muito tempo têm o retorno venoso prejudicado, podendo até sofrer inchaço das pernas e dos pés. O retorno venoso é auxiliado também por outro mecanismo chamado bomba respiratória: na inspiração, a caixa torácica se expande, e isso atua como uma forma de sucção do sangue das regiões inferiores do corpo em direção ao coração.

Retorno do sangue venoso



ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Corpo humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação da contração dos músculos esqueléticos da perna e sua atuação na circulação venosa de retorno do sangue ao coração. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O funcionamento do coração

O funcionamento do coração ocorre segundo o **ciclo cardíaco**, sequência de eventos que acontecem durante um batimento cardíaco completo, envolvendo a contração e o relaxamento das câmaras do coração no processo de bombeamento do sangue.

O número de contrações realizadas pelo coração por minuto corresponde à **frequência cardíaca**. Em uma pessoa saudável e em repouso, a frequência cardíaca é da ordem de 70 contrações por minuto, mas esse valor pode variar por conta da idade e do condicionamento físico.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os batimentos cardíacos são controlados por uma região específica do músculo cardíaco, o **nó sinoatrial**, que atua como **marca-passo**. Ele gera impulsos que causam a contração dos átrios e são transmitidos ao **nó atrioventricular**, que, por sua vez, o transmite a fibras condutoras que penetram nas paredes dos ventrículos e determinam a sístole dos ventrículos. Apesar desse automatismo da contração, os batimentos cardíacos podem ser modulados por mecanismos regulatórios relacionados aos sistemas nervoso e hormonal. Por exemplo, o sistema nervoso autônomo simpático promove o aumento da frequência cardíaca e da força com que o sangue é bombeado em situações de estresse e de atividade física; o hormônio epinefrina (ou adrenalina), secretado pelas glândulas suprarrenais (ou adrenais), eleva a frequência cardíaca e a força com que o sangue é bombeado em emergências ou estresse.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

NA PRÁTICA Aquecimento físico e frequência cardíaca

O corpo humano precisa de maior oxigenação durante as atividades físicas do que quando está em repouso. Durante o esforço físico, há aumento da frequência cardíaca, o que faz o sangue circular mais rápido. A frequência cardíaca tende a acompanhar a necessidade do corpo, sendo maior em atividades de maior esforço.

Essa atividade deve ser realizada em duplas. Ela busca reconhecer o papel do aquecimento físico como forma de maximizar a eficiência fisiológica do corpo por meio da aferição da frequência cardíaca em situações distintas.

OBJETIVO

Comparar a variação do tempo necessário para que a frequência cardíaca volte ao estado de repouso após esforço físico, antecedido ou não por aquecimento físico.

MATERIAIS

- Relógio ou cronômetro
- Lápis
- Papel

PREPARE-SE!

Elabore uma hipótese sobre qual deve ser a influência da prática do aquecimento antes da realização do esforço físico no tempo de recuperação da frequência cardíaca. Anote a hipótese no caderno.

PROCEDIMENTO

Incentive os estudantes a praticarem a percepção e a contagem dos batimentos antes de iniciar o experimento.

- Um dos integrantes da dupla realizará os exercícios físicos e o outro fará as medições e anotações.
- Antes de iniciar a atividade, o integrante da dupla que fará os exercícios deve ficar completamente em repouso, permanecendo sentado por 5 minutos. Ao final desse tempo, a frequência cardíaca deverá ser medida e anotada com o estudante ainda em repouso. Para medir a frequência cardíaca, é preciso localizar um ponto sensível do corpo onde seja possível sentir o fluxo sanguíneo. O pulso é um bom local para essa medição. O integrante da dupla responsável por medir e registrar os dados deverá colocar os dedos indicador e médio no pulso do colega que realizará o exercício, buscando sentir sua pulsação. Posicione os dedos sobre a parte interna do punho (com a palma da mão do colega para cima, logo abaixo da base do polegar). Ele deverá, então, contar o número de batimentos do colega durante 1 minuto.
- Metade das duplas fará os exercícios de aquecimento e, logo em seguida, o exercício de esforço. A outra metade fará apenas o exercício de esforço. Verifiquem com o professor a qual dos grupos vocês pertencem e quais os exercícios que devem fazer.
- De acordo com o grupo a que pertencem, realizem os exercícios durante o tempo indicado pelo professor.
- Meçam a frequência cardíaca no primeiro minuto após o final do exercício de esforço, com os estudantes sentados e, a partir daí, a cada minuto. Ou seja, o número de batimentos cardíacos deverá ser contado a cada minuto para que seja possível verificar em quanto tempo a frequência cardíaca volta ao valor de repouso (medição feita antes do início dos exercícios físicos).
- Terminada a coleta de dados, reúnam as informações coletadas por vocês com as das demais duplas em uma tabela para que sejam calculadas as médias por minuto com e sem aquecimento.

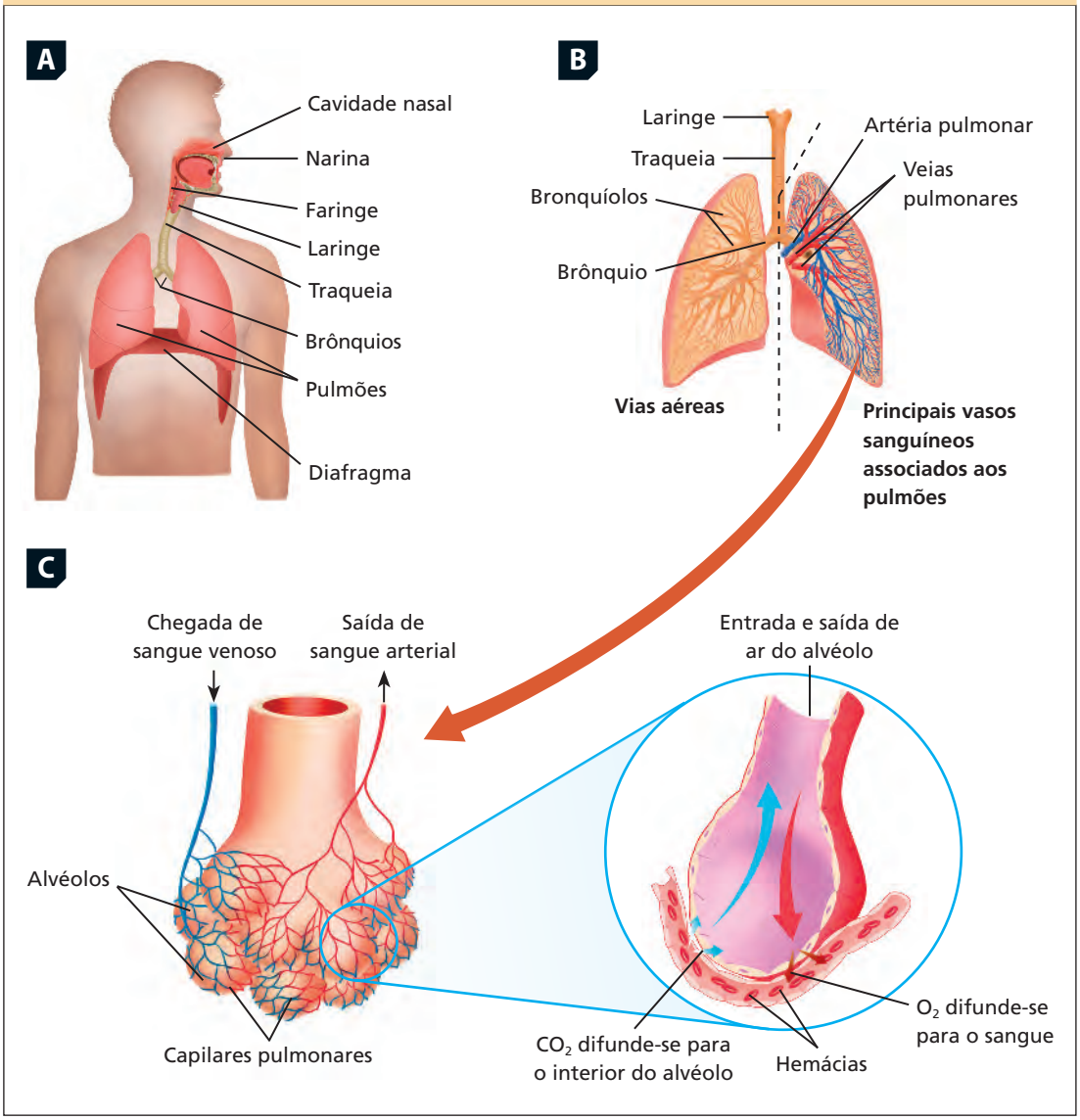
1. Utilizando os dados da tabela, construam um gráfico com as médias das frequências cardíacas em função do tempo para cada uma das situações.
2. Considerando os dados levantados, o que se pode concluir com relação ao efeito do aquecimento físico sobre o tempo necessário para a frequência cardíaca retornar ao valor do repouso?
3. Considerando os resultados obtidos, vocês julgam ser importante a prática de exercícios de aquecimento antes das atividades físicas? Expliquem.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sistema respiratório

O sistema respiratório tem como função básica as trocas de gases entre o corpo e o meio externo. Ele é composto das vias aéreas relacionadas à condução do ar (narinas, cavidades nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos) e dos pulmões, onde ocorrem as trocas gasosas (hematose) nos alvéolos pulmonares. O sistema respiratório é indissociável do sistema cardiovascular.

Sistema respiratório



ALEXANDRE DE SOUZA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TORTORA, G. J.; NIELSEN, M. T. **Princípios de Anatomia Humana**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

Representações do sistema respiratório humano e do músculo diafragma **(A)**, da relação com grandes vasos do sistema cardiovascular nos pulmões **(B)** e dos alvéolos, onde ocorrem as trocas gasosas **(C)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Nas trocas gasosas, uma pequena parcela do gás oxigênio (O_2) que passa dos alvéolos para o sangue é transportada dissolvida no plasma (menos de 1%) e no citoplasma das hemácias (menos de 1%). O restante é transportado em associação com os átomos de ferro da molécula de hemoglobina (Hb) dentro das hemácias. Essa associação forma um composto instável, a oxiemoglobina, e a reação é reversível. Nos tecidos, onde o teor plasmático de O_2 sanguíneo é mais baixo por causa do consumo pelas células, a oxiemoglobina libera o O_2 que passa para os tecidos.

$$O_2 + Hb \underset{\text{Tecidos}}{\overset{\text{Pulmões}}{\rightleftharpoons}} HbO_2 \text{ (oxiemoglobina)}$$

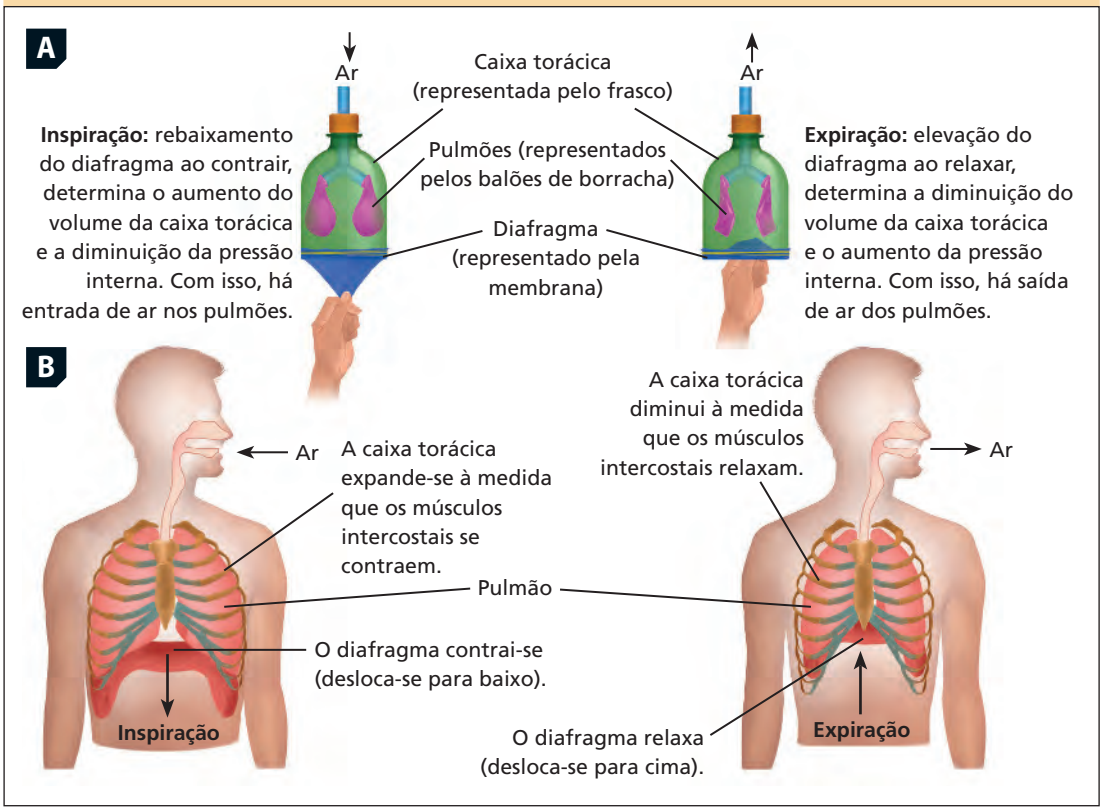
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No caso do gás carbônico (CO_2), ele passa para o sangue nos tecidos, onde o teor de CO_2 é maior, sendo transportado por meio de três mecanismos: aproximadamente 8% dissolvido no plasma; cerca de 70% como íon hidrogenocarbonato em solução no plasma; aproximadamente 22% dentro das hemácias, associados aos aminoácidos da hemoglobina (Hb), formando um composto instável, a carboemoglobina, sendo a reação reversível. Nos pulmões, o gás carbônico é liberado para o interior dos alvéolos.

$$CO_2 + Hb \underset{\text{Pulmões}}{\overset{\text{Tecidos}}{\rightleftharpoons}} HbCO_2 \text{ (carboemoglobina)}$$

Os órgãos do sistema respiratório ficam protegidos pela caixa torácica, separada do abdômen pelo músculo diafragma. A expansão e a contração da caixa torácica dependem da ação dos músculos associados às costelas e dos movimentos do diafragma. A figura a seguir resume o mecanismo de inspiração e expiração, que estão relacionados com a ventilação pulmonar.

Movimentos respiratórios



ALEXANDRE DE SOUZA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Representação mecânica para ilustrar a ação do diafragma **(A)** e representação esquemática dos mecanismos da inspiração e da expiração como ocorrem no corpo humano **(B)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

O diafragma e os músculos intercostais são estriados esqueléticos e sua contração é estimulada por impulsos nervosos enviados pelo centro respiratório localizado no bulbo, região do encéfalo. Cessado o impulso, esses músculos relaxam, a caixa toráxica reduz de volume e ocorre a expiração. Em uma pessoa em repouso, a frequência respiratória é de, aproximadamente, 10 a 14 inspirações por minuto.

O centro respiratório atua em interação com quimiorreceptores que detectam principalmente o pH do sangue, relacionado ao teor de gás carbônico. Quando há aumento do CO_2 e consequente redução do pH, enviam sinais ao bulbo, que responde ajustando a frequência e a profundidade da respiração.

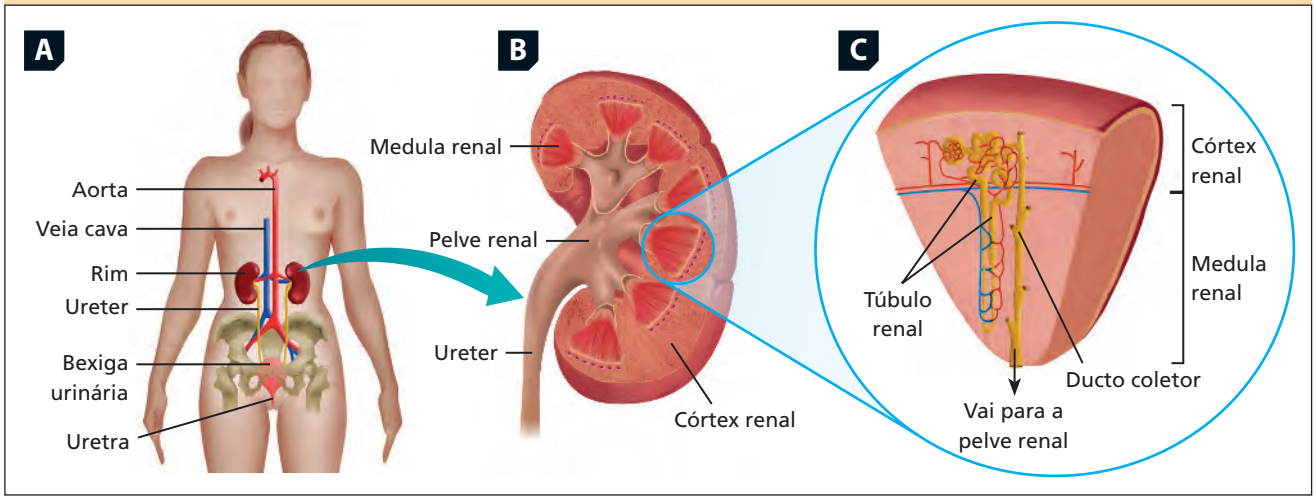
Normalmente respiramos sem tomarmos consciência disso. Contudo, em alguns casos, podemos controlar esses movimentos, como ao nadar ou mergulhar. Esse controle, no entanto, é superado pelo controle do bulbo principalmente por conta do aumento do teor de gás carbônico no sangue, e a inspiração é retomada mesmo que a pessoa esteja desmaiada. Outros fatores, como susto, raiva ou excitação, também influenciam a frequência respiratória.

Sistema urinário

O sistema urinário tem a função básica de filtrar o sangue, retirando dele resíduos do metabolismo, caso da ureia, principal excreta nitrogenada, produzida no fígado pela desaminação dos aminoácidos. Além disso, participa da manutenção do equilíbrio osmótico do corpo ao regular as quantidades de água e íons (**osmorregulação**). Ao regular a quantidade de água que há em nosso corpo, o sistema urinário afeta diretamente a pressão sanguínea.

O sistema urinário é composto de dois **rins**, onde estão os **néfrons**, que são as unidades funcionais desse sistema. São eles que filtram o sangue e formam a urina. De cada rim, a urina é conduzida para a **pelve renal**, depois para o **ureter** e em seguida para a **bexiga urinária**, órgão único e bastante expansível, onde a urina é armazenada até ser eliminada para o meio externo pela **uretra**.

Sistema urinário



ALEXANDRE DE SOUZA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Representação esquemática da organização do sistema urinário e grandes vasos associados, bem como dos ossos da região da bacia **(A)**; da estrutura interna do rim em corte longitudinal mediano **(B)**; e detalhe da disposição de um nefro (em amarelo) **(C)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

No sistema urinário, o sangue arterial passa sob pressão pelos capilares renais, onde parte do plasma é filtrado, incluindo as excretas nitrogenadas, os solutos nutritivos, a água e os íons (produção do filtrado), recuperando em seguida o que não é para ser eliminado (reabsorção). A solução com todos os compostos não reabsorvidos, a urina, é então eliminada para o meio externo. O sangue entra arterial no rim e sai venoso, sendo recolhido e passando finalmente para a veia cava inferior.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

3. Explique o papel do sistema cardiovascular na termorregulação do corpo durante a prática de atividade física. Somente ele participa desse processo?

4. O que ocorre com o ciclo cardíaco e a regulação da frequência cardíaca durante a prática de exercícios físicos intensos? Qual é a relação dessas modificações com o melhor desempenho atlético?

5. Em garagens fechadas em que o carro fica ligado ou em túneis sem ventilação e com grande movimento de veículos, inclusive com congestionamento, há acúmulo de monóxido de carbono (CO), gás tóxico e inodoro, liberado pelo escapamento de veículos na combustão incompleta. Esse gás tem maior afinidade com os átomos de ferro da hemoglobina do que o gás oxigênio, formando com eles um composto estável, chamado carboxiemoglobina, o que pode levar a pessoa à morte por asfixia. Explique por que esse gás não afeta o transporte de gás carbônico no sangue.

6. Justifique a seguinte afirmação: O sistema urinário desempenha importante papel na manutenção do equilíbrio osmótico e na regulação da pressão sanguínea no corpo humano.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Assinale a afirmação correta a respeito do controle da respiração. 1. Alternativa **c**.

a. O controle involuntário da respiração nunca é superado pelo controle voluntário.

b. Pessoas que desmaiam não conseguem respirar de forma involuntária em razão do controle voluntário.

c. Ao prender o ar por tempo demasiado em um mergulho, o controle involuntário da respiração pode fazer com que a pessoa possa se afogar.

d. A respiração controlada voluntariamente durante muito tempo não afeta as alterações químicas do sangue.

e. Susto, raiva e excitação não têm influência sobre a frequência respiratória.

2. Com relação ao sistema urinário, qual das seguintes afirmações é verdadeira? 2. Alternativa **d**.

a. A ureia é produzida nos rins por meio das aminas liberadas pela desaminação dos aminoácidos durante o metabolismo das proteínas.

b. O sangue arterial entra nos rins e sai deles como sangue venoso, sendo recolhido e passando para a veia cava superior.

c. A urina é formada nos rins pela reabsorção de todas as substâncias filtradas inicialmente nos capilares renais.

d. A bexiga liga-se aos rins pelos ureteres e libera urina para o meio externo por um ducto chamado uretra.

e. As unidades funcionais do sistema urinário são chamadas néfrons e estão localizadas na bexiga.

3. (Enem) Diversas substâncias são empregadas com a intenção de incrementar o desempenho esportivo de atletas de alto nível. O chamado *doping* sanguíneo, por exemplo, pela utilização da eritropoietina, é proibido pelas principais federações de esportes no mundo. A eritropoietina é um hormônio produzido pelos rins e fígado e sua principal ação é regular o processo de **eritropoiese**. Seu uso administrado intravenosamente em quantidades superiores àqueles presentes naturalmente no organismo permite que o indivíduo aumente a sua capacidade de realização de exercícios físicos.

Esse tipo de *doping* está diretamente relacionado ao aumento da: 3. Alternativa **e**.

a. frequência cardíaca.

b. capacidade pulmonar.

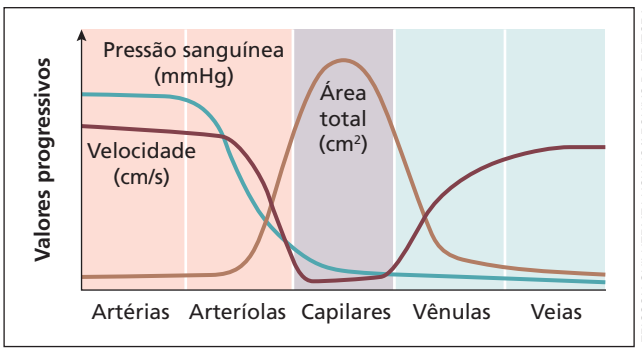
c. massa muscular do indivíduo.

d. atividade anaeróbica da musculatura.

e. taxa de transporte de oxigênio pelo sangue.

Eritropoiese: processo de produção de glóbulos vermelhos, também chamados de eritrócitos ou hemácias.

4. (Fuvest-SP) A figura sintetiza, de forma simplificada, a variação da pressão sanguínea (mmHg), da velocidade de circulação sanguínea (cm/s) e da área total (cm^2) em relação aos diversos tipos de vasos do sistema sanguíneo humano (artérias, arteríolas, capilares, vênulas e veias):



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Com base na figura, é correto afirmar que: 4. Alternativa **d**.

a. a velocidade aumenta nas vênulas, o que permite às hemoglobinas descarregarem o O_2.

b. a pressão sanguínea cai nos capilares, vênulas e veias pela presença de válvulas nesses vasos.

c. a pressão diminui a partir dos capilares, o que evita acidentes vasculares em vasos menores.

d. a área aumenta na região dos capilares, o que permite maior eficiência nas trocas gasosas.

e. a velocidade é inversamente proporcional à área por conta do batimento sistólico do coração.

5. Com base nos dados da tabela a seguir, explique as diferenças na porcentagem de fibras rápidas e lentas considerando as características morfológicas e bioquímicas de cada uma delas.

Comparação da quantidade de fibras musculares em atletas

Modalidade esportiva do atleta	Fibras de contração rápida	Fibras de contração lenta
Maratonista	18	82
Nadador	26	74
Halterofilista	55	45
Corredor de curta distância	63	37

Fonte: MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

Porcentagem de fibras de contração rápida e de fibras de contração lenta em quadríceps (músculos da coxa) de atletas de diferentes modalidades esportivas.

6. Uma jogadora de vôlei salta para bater na bola, jogando-a para a quadra do time adversário. Para saltar, a jogadora usa a força da contração de músculos estriados esque-

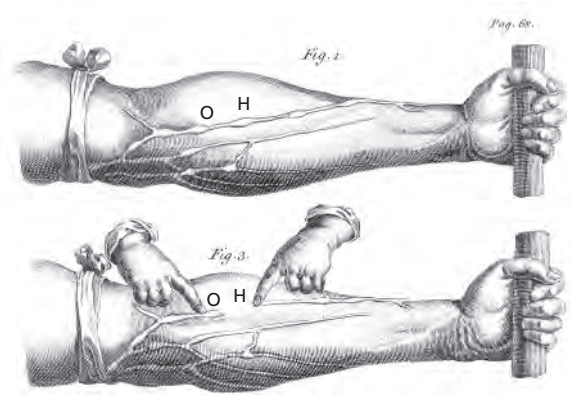
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

léticos e a atuação do sistema nervoso por meio dos impulsos nervosos.

a. Explique como é a relação entre os neurônios e o músculo das pernas.

b. Para saltar, é necessária a integração do esqueleto com os tendões e os músculos. Explique como ocorre a integração dessas três estruturas para propiciar à atleta a execução do salto.

7. Os experimentos do médico inglês William Harvey (1578-1657) foram importantes na compreensão do sistema cardiovascular. Eles refutaram, por exemplo, a crença da época de que o fígado seria o órgão central desse sistema e descreveram a função de veias e artérias. Analise a seguir um de seus clássicos experimentos.



SCIENCE & SOCIETY PICTURE LIBRARY/GETTY IMAGES

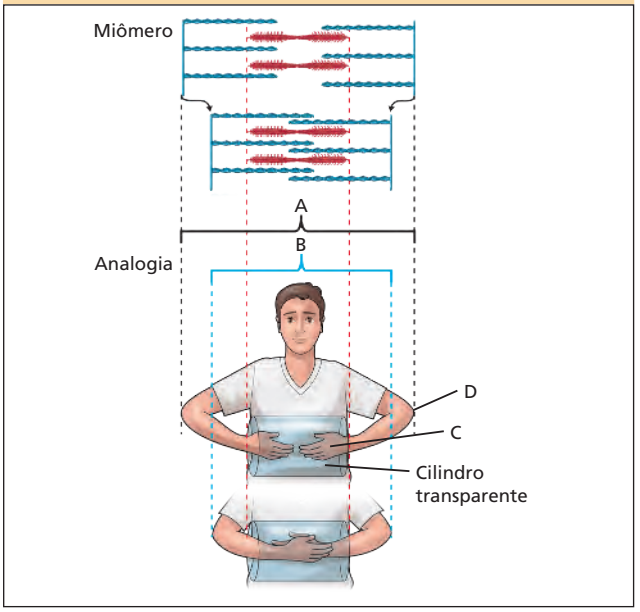
Representação do experimento realizado por William Harvey. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Harvey colocou um torniquete no braço de uma pessoa até que suas veias ficassem evidentes e aparecessem nodosidades dentro delas, como as destacadas pelas letras O e H. Essas nodosidades correspondem a locais onde estão as valvas. Harvey, então, pressionou o ponto H e, mantendo-o pressionado, com outro dedo deslocou o conteúdo de sangue em direção ao cotovelo, até o ponto O; ao fazer isso, percebeu que o trecho H-O do vaso sanguíneo permanecia vazio. Ao remover o dedo do ponto H, verificou que o sangue voltava a preencher rapidamente o trecho colapsado. Explique os resultados que Harvey obteve.

8. Relacione os sistemas muscular, esquelético, circulatório, respiratório e excretor, descrevendo o percurso, na circulação sistêmica, do sangue desde que ele sai arterial dos pulmões até chegar a ele novamente, venoso. Nesse percurso, ele passa por todos os órgãos, caso dos músculos, dos ossos e dos rins.

9. A figura mostra uma analogia entre o que acontece em cada miômero na contração muscular, com os movimentos dos braços e das mãos no interior de um cilindro plástico transparente.

Representação de miômero



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de um miômero relaxado e contraído e da analogia com movimentos dos braços e das mãos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

a. A qual estrutura do miômero corresponde o cilindro transparente? Justifique sua resposta, associando-a com o que representam as letras A, B e C.

b. A qual estrutura do miômero corresponde a letra D, que indica o cotovelo da pessoa? Explique o que representa a região entre os dois cotovelos, justificando sua resposta.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com esta unidade foi finalizado, é o momento de você refletir sobre seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, analise e responda às questões a seguir.

1. Retome as questões da seção **Pense nisso!** na abertura desta unidade e avalie se concorda com suas respostas anteriores, depois das discussões realizadas ao longo do estudo dos capítulos. Reescreva-as, se for necessário.

2. O que você aprendeu acerca dos assuntos abordados nesta unidade?

3. Quais assuntos/atividades geraram mais dificuldades para sua aprendizagem? Como você as superou?

4. Reveja os pontos que deixaram dúvidas e que não foram bem compreendidos. Converse sobre eles com os colegas e o professor a fim de planejarem outras possíveis estratégias de estudo.

5. O que mais você gostaria de saber sobre os conteúdos abordados nesta unidade?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

As mudanças climáticas na ficção científica

Os líderes globais não chegaram a um acordo unânime para combater as mudanças climáticas e as sociedades continuaram destruindo aceleradamente os recursos naturais do planeta. Como resultado, atingiu-se o futuro tenebroso que tanto se temia. Onde antes existia a Floresta Amazônica, com sua imensidão verde a perder de vista e rios caudalosos a serpentear a paisagem, hoje se vê um dos maiores desertos do mundo. Praticamente todas as grandes florestas do planeta se desertificaram, enquanto áreas costeiras foram engolidas pelas águas. A cidade de Nova York encontra-se submersa, assim como Roterdã, na Holanda. Furacões varreram Miami do mapa e a vida humana na Austrália se tornou inviável por causa das temperaturas elevadas.

Essas e outras tragédias climáticas ficcionais podem ser lidas em diferentes livros de ficção científica, como: *Os viajantes do tempo*, de Wilson Rocha; *2084*, de James Lawrence Powell; *Última chamada*, de Alan Gratz; e *A caçadora de árvores*, de Marie Pavlenko. Narrativas desse tipo não se restringem ao universo literário, podendo ser encontradas também no cinema e em seriados. Esse movimento fez com que o gênero ficção científica ganhasse um subgênero: a ficção climática, também conhecida como *cli-fi*, do inglês *climate fiction*.

A concepção de obras desse subgênero costuma se inspirar em projeções do futuro climático do planeta que são reportadas em artigos e documentos científicos, como o **Sexto Relatório de Avaliação**, publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em 2023, com a colaboração de importantes pesquisadores de todo o mundo (disponível em: https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle; acesso em: 19 set. 2024). Entre muitos dados importantes, esse extenso documento projeta possíveis consequências do aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), como a inundação de áreas costeiras, a desertificação de áreas férteis e a destruição dos meios de subsistência de inúmeras comunidades.



Cena do filme *O dia depois de amanhã*.

20TH CENTURY FOX/PICTORIAL PRESS LTD/ALAMY/FOTOARENA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No entanto, a abordagem desse tipo de evento na ficção científica costuma extrapolar as evidências produzidas pela Ciência, embora as mesmas evidências possam ser o ponto de partida do trabalho criativo realizado por autores, cineastas e roteiristas.

Nesta seção, vamos analisar como a ficção científica tem contemplado as mudanças climáticas e as tragédias ambientais associadas a esse fenômeno. Para iniciar, reflita e converse com os colegas sobre as questões a seguir.

1. Quais livros, histórias em quadrinhos (HQs), filmes ou séries de ficção científica sobre mudanças climáticas vocês conhecem? Como essas histórias abordam o impacto da ação humana no ambiente? Relatem o que mais lhes chamou a atenção nessas obras – cenas, roteiro, personagens etc.
2. Como essas obras retratam o futuro do planeta e da humanidade?
3. Identifiquem o que é realidade, com apoio em evidências científicas, do que é fantasia ficcional nessas produções.

Ampliação de repertório

Busquem informações sobre as características de obras de ficção científica em seus diversos formatos: livros, filmes, séries, desenhos animados etc. Tenham em mente que o gênero ficção científica geralmente explora em seus enredos avanços científico-tecnológicos e seus impactos na sociedade.

Sugerimos que vocês acessem o passo a passo de como escrever uma história de ficção científica disponibilizado nesta página do WikiHow (disponível em: https://pt.wikihow.com/Escrever-Ficção-Científica; acesso em: 18 set. 2024). A leitura desse texto permite conhecer como autores e roteiristas de obras de ficção científica podem se inspirar em pesquisas de Ciência e tecnologia e usá-las como base em suas criações, embora não costumem manter a coerência com as evidências científicas ao longo do projeto.

Produção de conteúdo

Selecionem uma obra de ficção científica que aborde aspectos das mudanças climáticas. É importante que vocês conheçam bem esse material, tendo lido o livro ou HQ ou assistido ao filme ou seriado. Então escrevam uma resenha sobre essa obra. Lembrem-se de que resenha é um gênero textual que permite ao autor descrever uma obra e, ao mesmo tempo, fazer comentários, análises e críticas a respeito. Nesse contexto, apontem as bases científicas que apoiaram a criação da história e as partes do enredo em que a criatividade se distanciou das evidências científicas. Explorem também as motivações que podem ter levado os autores ou roteiristas a fazer essas escolhas ficcionais.

Autoavaliação

Esse espaço é destinado para reconhecer seus pontos fortes e oportunidades de melhoria em seu processo de aprendizagem. Anote em seu caderno o nível de desempenho para cada critério listado a seguir. Combine previamente com o professor o que é esperado para os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente. Seguem os critérios adotados para essa proposta:

- Aplicar técnicas de pesquisa para avaliar, nas mídias utilizadas, a confiabilidade dos diversos tipos de informação e conteúdo apresentados.
- Analisar de forma crítica obras de ficção científica sobre mudanças climáticas e tragédias ambientais relacionadas.
- Elaborar resenha com escrita adequada à proposta, criativa e bem desenvolvida, de forma ética e responsável.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

UNIDADE 5

SAÚDE HUMANA



SHUTTERSTOCK AI GENERATOR

Com a tecnologia e a Inteligência Artificial avançando em diversas áreas, como na Medicina, podemos explorar o corpo humano de maneiras inovadoras, aprofundando nosso entendimento dos sistemas do corpo e promovendo uma vida mais saudável. (Imagem futurística gerada por Inteligência Artificial.)

A educação e o acesso a informações precisas desempenham papel fundamental na capacitação para fazer escolhas saudáveis. Compreender a atuação dos sistemas nervoso, sensorial e endócrino na coordenação e regulação das funções do corpo contribui, por exemplo, para entender como drogas podem prejudicar o organismo.

Já o estudo da sexualidade e do sistema genital nos ajuda a lidar com questões importantes, como adolescência, diversidade sexual, métodos contraceptivos e infecções sexualmente transmissíveis (ISTs). O conhecimento dos aspectos ligados à nutrição, por sua vez, permite compreender o sistema digestório, compor uma dieta equilibrada e identificar distúrbios diversos, como bulimia e anorexia. E conhecer o papel do sistema imunitário na defesa do organismo permite, por exemplo, reconhecer a importância da vacinação para a saúde individual e coletiva.

Esses e outros assuntos serão o foco desta unidade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O tema desta unidade também é trabalhado nos volumes de Física e de Química desta coleção.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Pense nisso!

Registre em seu caderno

1. Como se dá a atuação conjunta dos sistemas nervoso, sensorial e endócrino na coordenação e regulação das funções do organismo?
2. Que métodos contraceptivos você conhece? E com relação às medidas de prevenção contra ISTs?
3. Como você caracteriza uma alimentação saudável?
4. Por que a vacinação é a medida mais adequada para a prevenção de determinadas doenças? Como o sistema imunitário atua nesse processo?

Capítulo 17

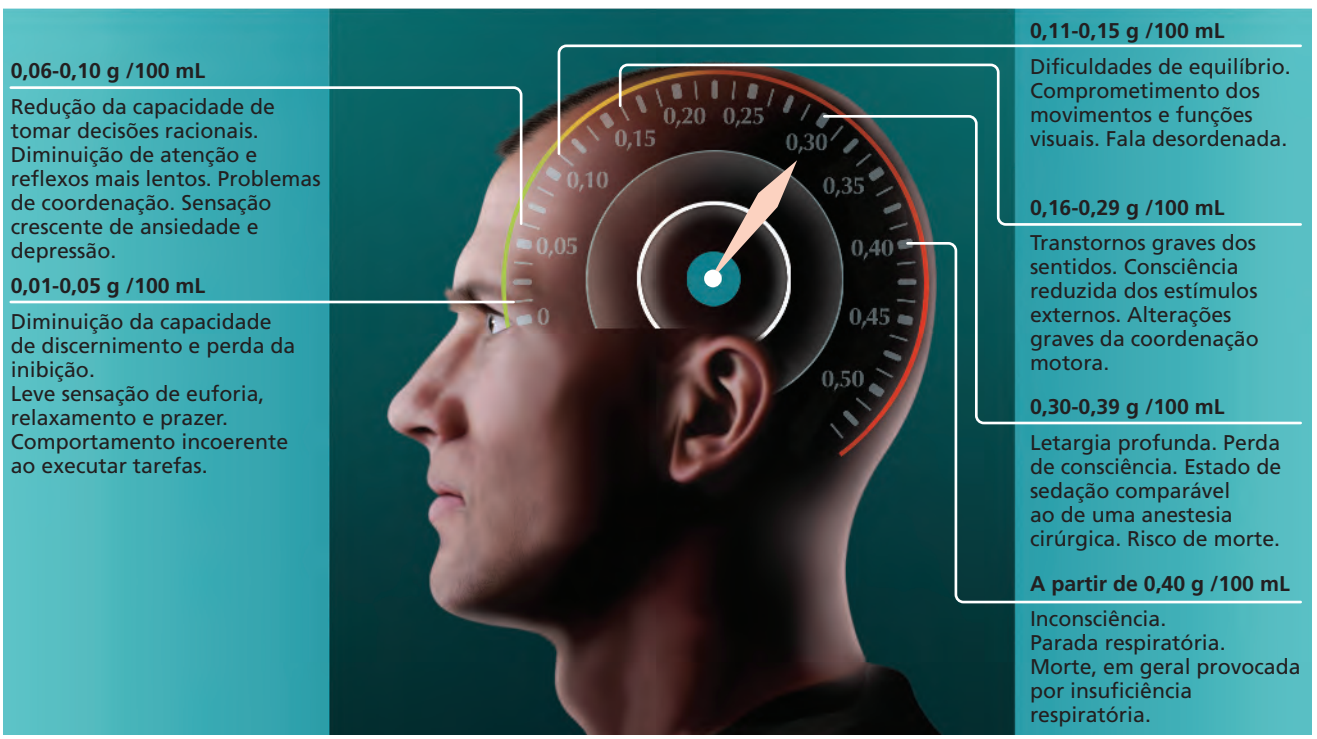
Sistemas nervoso, sensorial e endócrino

Existem muitas iniciativas pelo mundo que visam regular o consumo de bebidas alcoólicas, uma vez que o álcool afeta a saúde e pode levar a dependência e problemas familiares e sociais, além de aumentar as chances de acidentes de trânsito.

No Brasil, a Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008, conhecida como Lei Seca, contribuiu para reduzir as mortes por acidente de trânsito atribuídas ao álcool: embora ainda seja elevada, a taxa caiu de sete para cinco mortes por 100 mil habitantes entre 2010 e 2021. Além disso, em 2013, a resolução do Conselho Nacional de Trânsito (Contran) estabeleceu o limite de 0,05 miligrama (mg) de álcool por litro de ar expelido no teste do bafômetro, realizado nas fiscalizações.

Em 2018, a Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou a iniciativa SAFER para reduzir o uso indiscriminado de bebidas alcoólicas. Em 2020, ela endossou o plano de ação global sobre o álcool com estratégias para reduzir o uso nocivo dessa droga até 2030, posicionando a iniciativa como prioridade de saúde pública.

Esse panorama evidencia que compreender os sistemas nervoso e sensorial e como eles são afetados por substâncias psicoativas é fundamental para a adoção de comportamentos adequados à saúde física e mental, um dos temas deste capítulo.



LUIZ IRIA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GLOBAL ROAD SAFETY PARTNERSHIP. **Beber e dirigir**: manual de segurança de trânsito para profissionais de trânsito e de saúde. Genebra, 2022. Disponível em: https://www.who.int/publications/m/item/drink-driving--a-road-safety-manual-for-decision-makers-and-practitioners-2022. Acesso em: 11 out. 2024.

Efeitos do álcool nos sistemas nervoso e sensorial e suas consequências para o corpo. Os valores se referem à concentração de álcool, dada em gramas (g), por 100 mL de sangue. O álcool atua como droga psicoativa com efeito depressor do sistema nervoso central. Ao reduzir a capacidade do cérebro de processar informações e coordenar respostas, prejudica a coordenação motora, a percepção sensorial e a tomada de decisões, além de poder provocar a morte.

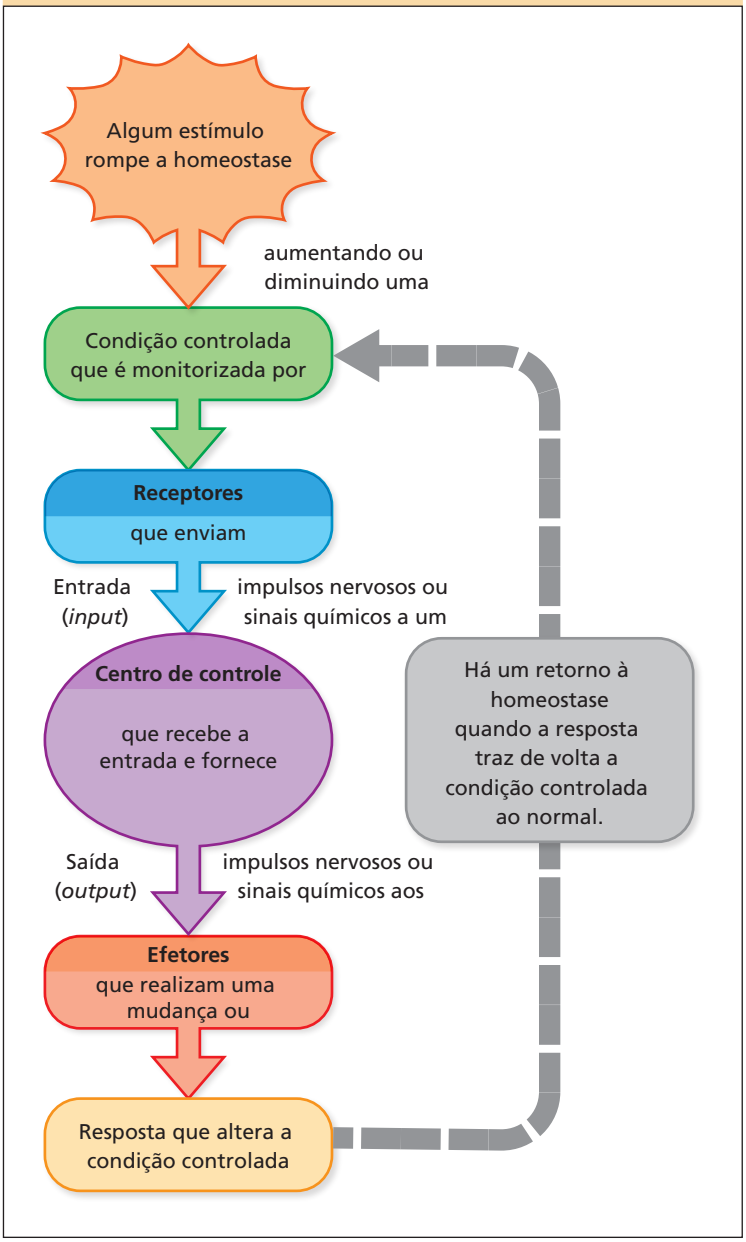
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Coordenação e regulação

Nos mecanismos homeostáticos do corpo humano, dois sistemas funcionam de modo integrado, coordenando e regulando as funções dos demais sistemas: o nervoso e o endócrino.

A homeostase é mantida por meio de ciclos de eventos ou sistemas de retroalimentação que monitoram o corpo mantendo o meio interno em equilíbrio. Estímulos internos ou externos, percebidos por estruturas do sistema sensorial e que provocam alteração em uma condição controlada, causam desequilíbrio, o que aciona o sistema de retroalimentação. Esse sistema envolve três componentes: o receptor, o centro de controle e o efetor. O **receptor** recebe o estímulo, que pode aumentar ou diminuir uma condição monitorada, e envia a informação (sinal de entrada) para um **centro de controle**. Este analisa a informação e fornece uma resposta (sinal de saída), que é transmitida a um **efetor** (qualquer célula, tecido ou órgão do corpo). Tanto a entrada do estímulo do receptor no centro de controle quanto a saída da resposta para o efetor podem ser feitas por meio de impulsos nervosos ou sinais químicos. O efetor então produz uma resposta ou efeito que altera a condição controlada, ou seja, a homeostase é rompida.

Homeostase e retroalimentação negativa



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TORTORA, G.; GRABOWSKI, S. R. **Corpo humano**: fundamentos da anatomia humana. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

Representação dos componentes de um sistema de retroalimentação negativa.

O retorno à condição inicial, por sua vez, é feito por meio de um sistema de **retroalimentação negativa**, que neutraliza a ação do estímulo, fazendo com que a resposta deixe de ocorrer. Assim, obtém-se o equilíbrio necessário para a manutenção da saúde. Embora a resposta a estímulos seja importante, ela não pode ser mantida por tempo indeterminado, pois isso pode comprometer a saúde; quando a ruptura da homeostase é muito intensa ou prolongada, por exemplo, esse quadro pode até mesmo provocar a morte.

No sistema nervoso, o estímulo é transmitido por células nervosas especializadas, os neurônios, até as células-alvo, ao passo que no sistema endócrino os estímulos são transmitidos até células-alvo por meio de mensageiros químicos, os hormônios, que são liberados no sangue pelas células ou glândulas endócrinas.

Esses sistemas estão envolvidos em comunicação de longas distâncias. O tempo necessário para o estímulo nervoso atingir a célula-alvo e ocorrer a resposta é de milésimos de segundo, ao passo que o hormônio pode levar segundos ou até minutos para realizar essa função. Além disso, a duração do estímulo é menor no sistema nervoso e mais longo no endócrino.

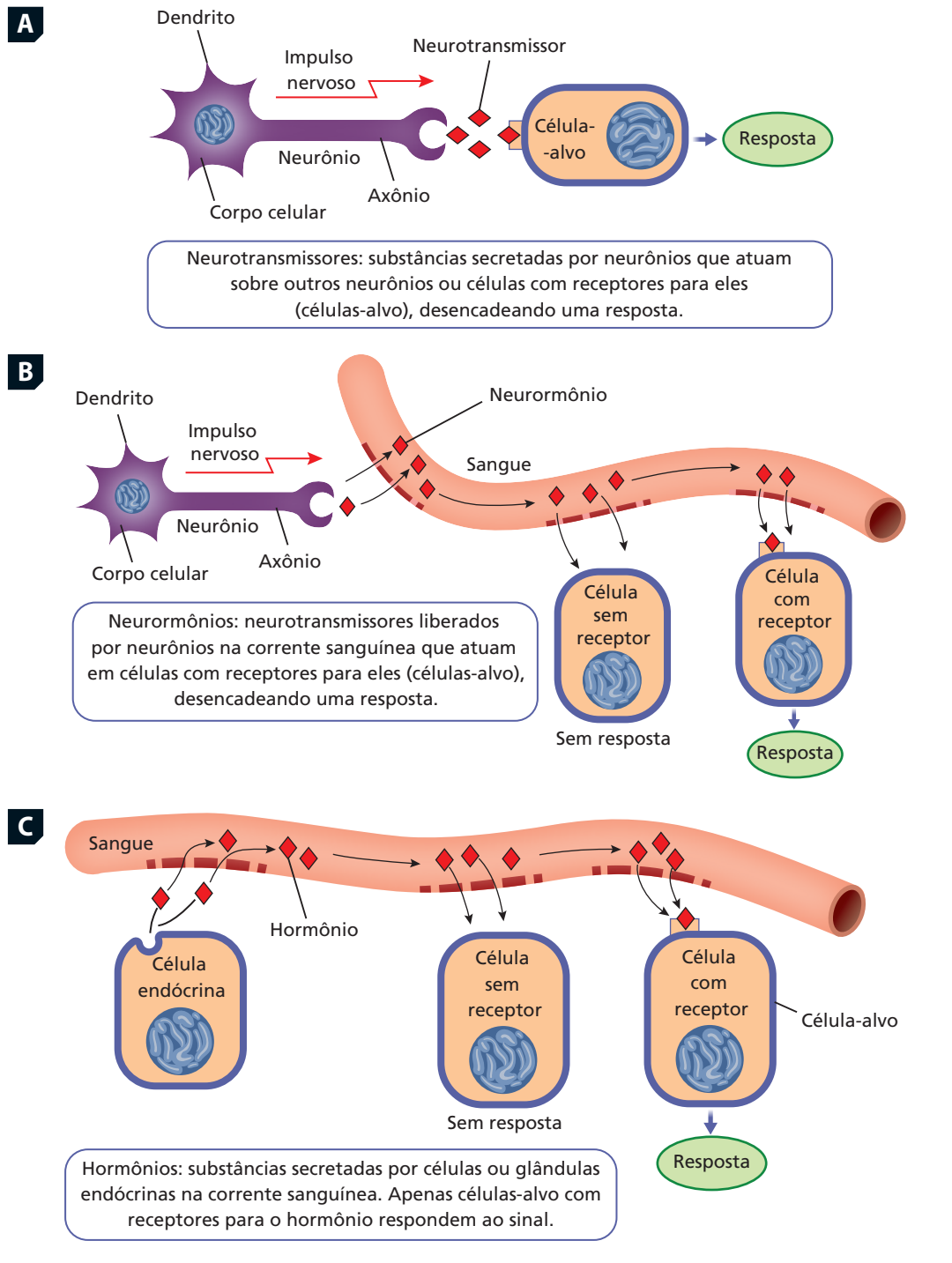
No sistema nervoso, os neurônios recebem os estímulos pelos dendritos ou pelo corpo celular e os transmitem como sinais elétricos (impulsos nervosos) pelo axônio. Os neurônios comunicam-se entre si e com células efetoras de outros órgãos por um tipo especial de junção, a **sinapse**. O tipo mais comum de sinapse é a química, em que a membrana do neurônio pré-sináptico fica separada da membrana da célula pós-sináptica

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

por um espaço pequeno, de aproximadamente 20 nanômetro (nm), chamado **fenda sináptica**, onde são liberados os **neurotransmissores**, que são mensageiros químicos. Estes se ligam a receptores presentes na membrana das células pós-sinápticas, iniciando nelas uma resposta. Logo em seguida, os neurotransmissores são removidos da fenda sináptica por vários mecanismos e seus efeitos cessam. O impulso nervoso é, portanto, unidirecional.

Já os hormônios são transportados pelo sangue, entrando em contato com diversas células do corpo, mas apenas aquelas com receptores para determinado hormônio respondem ao estímulo. Há também neurotransmissores que são liberados na corrente sanguínea e transportados pelo sangue, atuando, assim, como hormônios; trata-se dos **neurormônios**.

Comunicação de longa distância



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representações da atuação dos sistemas nervoso **(A** e **B)** e endócrino **(C)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sistema nervoso

O **sistema nervoso** é dividido em **sistema nervoso central** (**SNC**), formado por encéfalo e medula espinal, e **sistema nervoso periférico** (**SNP**), formado por nervos e gânglios nervosos. Os nervos são formados por conjuntos de axônios de vários neurônios (cada axônio é chamado neurofibra) envoltos por tecido conjuntivo, em que há vasos sanguíneos. Os gânglios correspondem a conjuntos dos corpos celulares dos neurônios.

No SNP, há nervos conectados ao encéfalo, chamados **cranianos**, e nervos conectados à medula, chamados **espinais** (ou **raquidianos**).

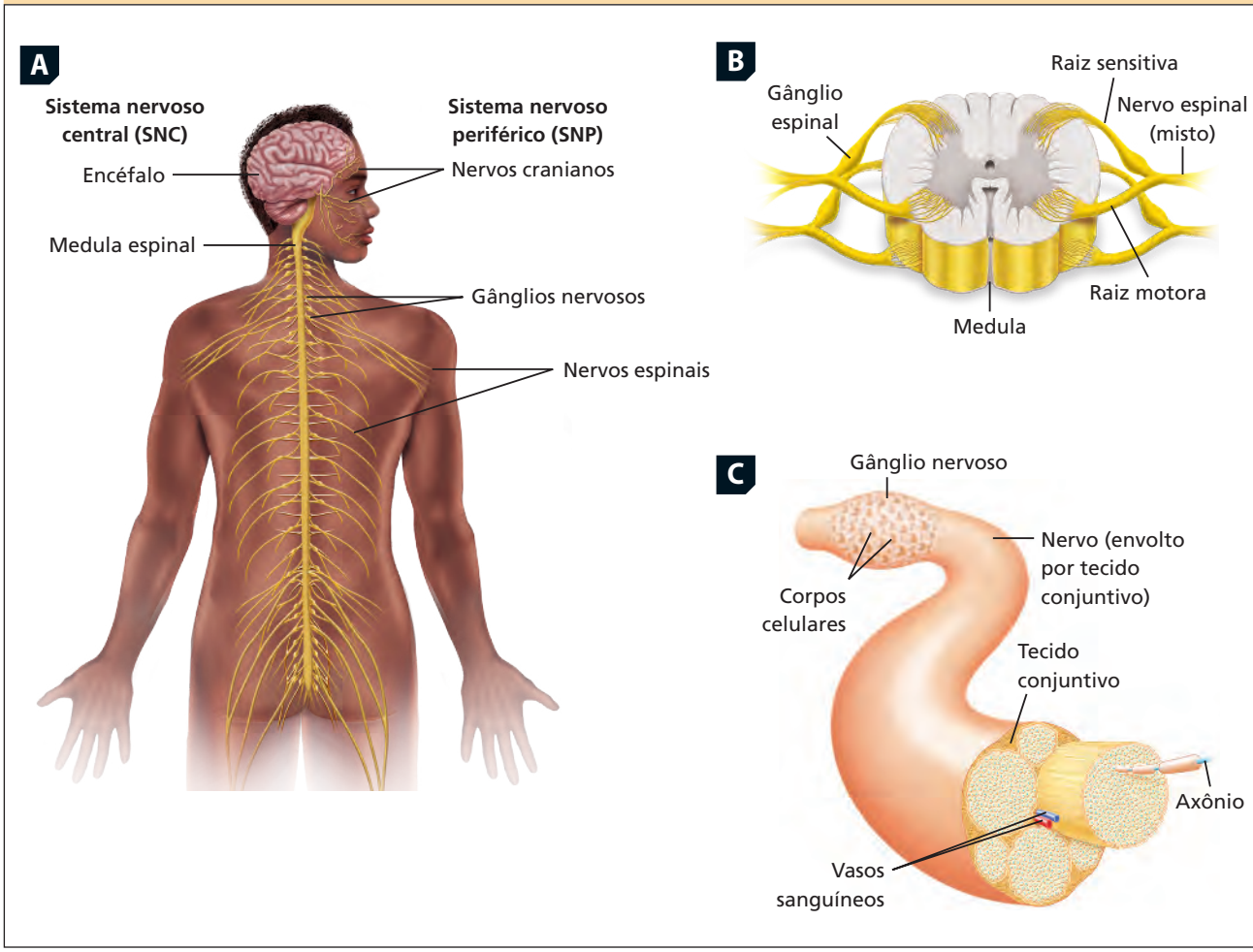
Podemos classificar os nervos em sensitivos, motores ou mistos. Os sensitivos são formados apenas por neurofibras que levam informações do ambiente e do interior do próprio corpo para o SNC. Os motores são nervos formados apenas por neurofibras que levam impulsos do SNC para órgãos efetores. Os mistos apresentam tanto fibras sensoriais como motoras.

Os nervos cranianos podem ser sensitivos, motores ou mistos. Relacionam-se principalmente com os órgãos sensoriais e os músculos esqueléticos da face. O nervo vago, em particular, atua no músculo cardíaco e na musculatura lisa de órgãos como estômago, intestino, faringe, laringe e traqueia.

Já os nervos espinais são todos mistos e relacionados aos músculos esqueléticos, ao coração, à musculatura das vísceras e às glândulas. Cada um deles tem uma raiz sensitiva (ou dorsal) e uma raiz motora (ou ventral), que saem lateralmente da medula e logo se unem formando um nervo misto. A raiz dorsal apresenta gânglios nervosos próximo à medula.

O SNC recebe, integra e interpreta estímulos que chegam até ele pelo SNP. Este, por sua vez, além de conduzir estímulos para o SNC, conduz estímulos do SNC para as demais partes do corpo.

Sistema nervoso



Fontes: CAMPBELL, N. A. *et al*. **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. RAVEN, P. *et al*. **Biology**. 9. ed. Pennsylvania: McGraw-Hill Education, 2008. SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. **Biology**. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

Em **(A)**, representação da organização geral do sistema nervoso, mostrando a parte central e a parte periférica. Em **(B)**, representação de um segmento da medula espinal, em corte, e dos nervos espinais. Em **(C)**, representação da organização de um trecho de nervo espinal e de um gânglio nervoso. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: (A), (B): ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA; (C): ANGELO SHUMAN/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

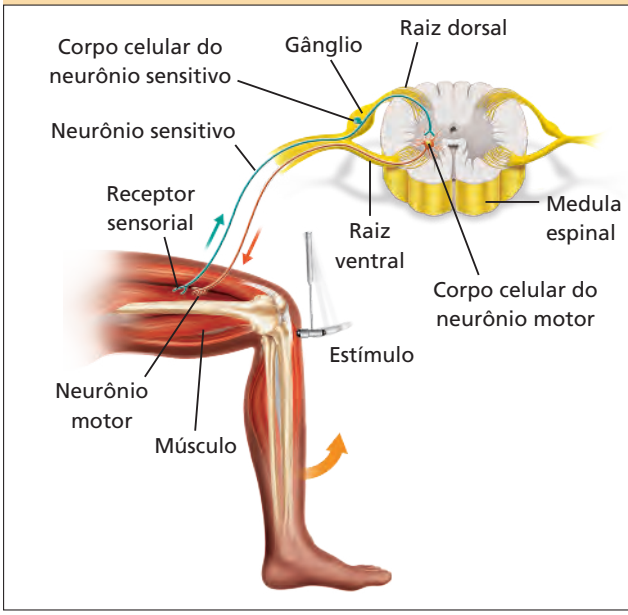
Sistema nervoso central

A **medula espinal** tem duas funções básicas: transportar informações do corpo para o encéfalo e do encéfalo para o corpo e integrar respostas simples a determinados tipos de estímulo. É o caso dos atos reflexos, que são involuntários e realizados sob a coordenação da medula antes que o cérebro os perceba. Um exemplo bem conhecido é o reflexo patelar, que acontece quando há um leve toque no joelho, fazendo a perna levantar involuntariamente. Os atos reflexos diferem dos atos voluntários, que são elaborados no cérebro. Nesse caso, a ordem motora passa do cérebro para a medula espinal e, em seguida, para os nervos espinais, até chegar a um órgão-alvo, determinando sua reação.

Fonte: RAVEN, P. *et al.* **Biology**. 9. ed. Pennsylvania: McGraw-Hill Education, 2008.

Representação do mecanismo do reflexo patelar. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reflexo patelar



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

O **encéfalo** é composto de quatro regiões: tronco encefálico, cerebelo, diencéfalo e cérebro.

O **tronco encefálico** é formado pelo bulbo, pela ponte e pelo mesencéfalo. O **bulbo** atua no ritmo respiratório, em aspectos da digestão, na frequência dos batimentos cardíacos e nos reflexos de deglutição, soluço, tosse, espirro e vômito. Nele ocorre o cruzamento das vias motoras que vão da medula para o cérebro, de modo que cada lado do cérebro controla o lado oposto do corpo. A **ponte** atua como uma estação de retransmissão entre o cerebelo e o cérebro e, assim como o bulbo, no controle da respiração. O **mesencéfalo** participa do movimento dos olhos e de alguns reflexos, como a dilatação e contração das pupilas (em ambiente com pouca e muita luz, respectivamente), mas não é o centro da visão.

O **cerebelo** participa da coordenação das funções motoras que exigem grande precisão e rapidez, como é o caso da locomoção. Exerce o controle do equilíbrio corporal, do tônus e do vigor muscular.

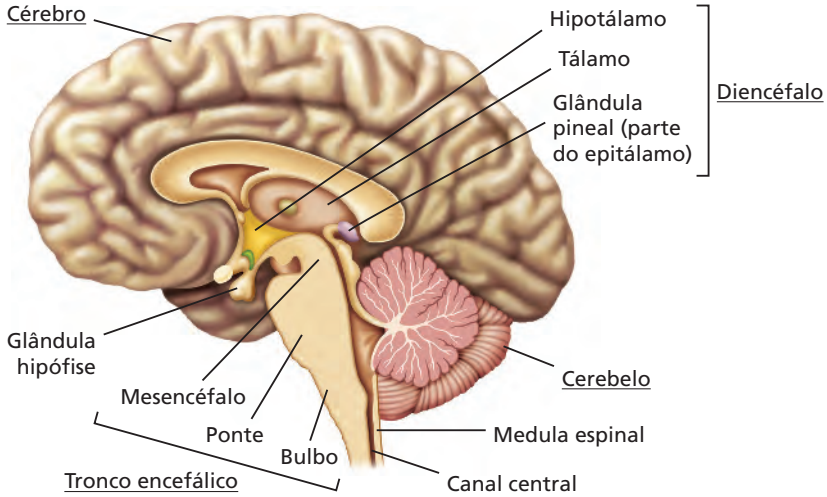
O **diencéfalo** compreende o tálamo, o hipotálamo e o epitálamo. O **tálamo** é um centro de recepção e integração das informações sensoriais e motoras, retransmitindo-as para o cérebro. O **hipotálamo** é o principal centro de controle homeostático do corpo, regulando a temperatura corporal, o balanço hídrico e o apetite, bem como a atividade de vários órgãos viscerais; ele produz ainda hormônios que são liberados pela hipófise (glândula endócrina) ou que agem sobre ela. O **epitálamo** dá origem à glândula pineal, produtora do hormônio melatonina, que é secretado à noite e regula o sono.

O **cérebro** é a parte mais volumosa e desenvolvida do encéfalo e está relacionado principalmente com a memória, a inteligência e o processamento da visão, da audição, do olfato, do paladar e da fonação. A região superficial do cérebro é o córtex, dotado de área muito ampliada por conta dos giros e sulcos. Pode-se reconhecer distintas áreas funcionais no cérebro nos lobos frontal, parietal e occipital.

Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia Humana**: uma abordagem integrada. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação do encéfalo e início da medula espinal, em corte mediano e em vista lateral. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Encéfalo

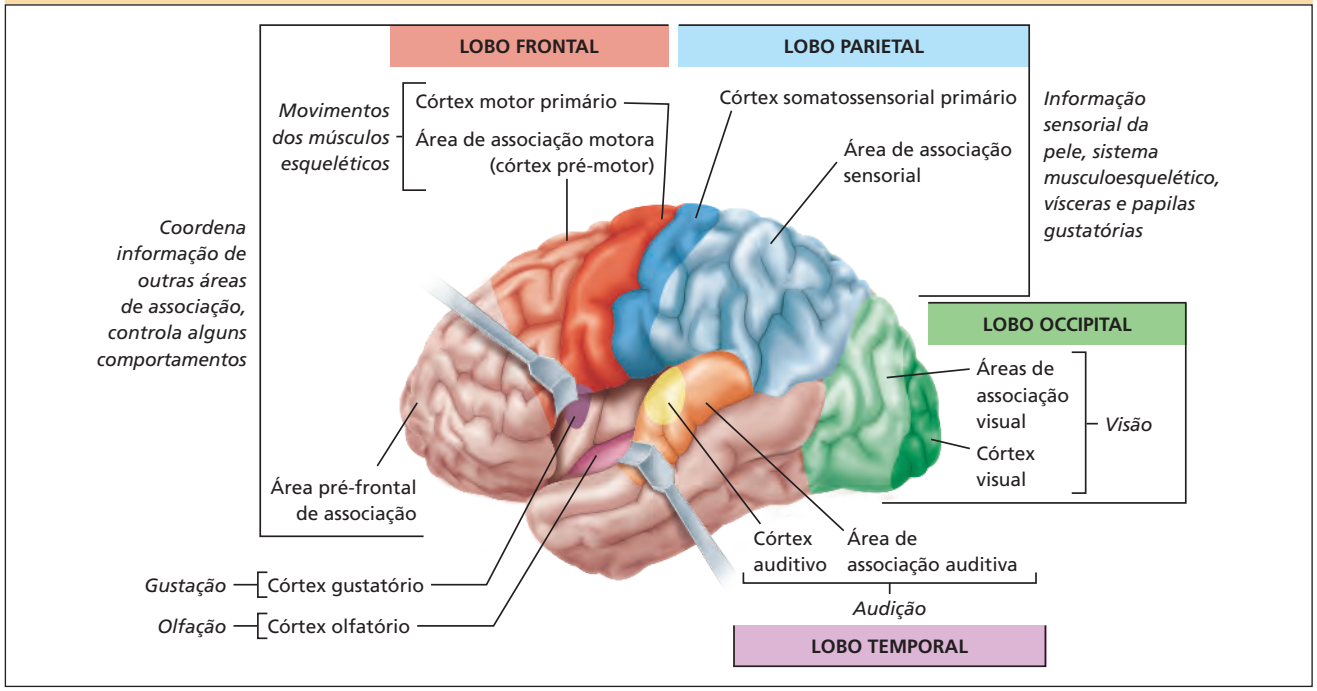


PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Cérebro

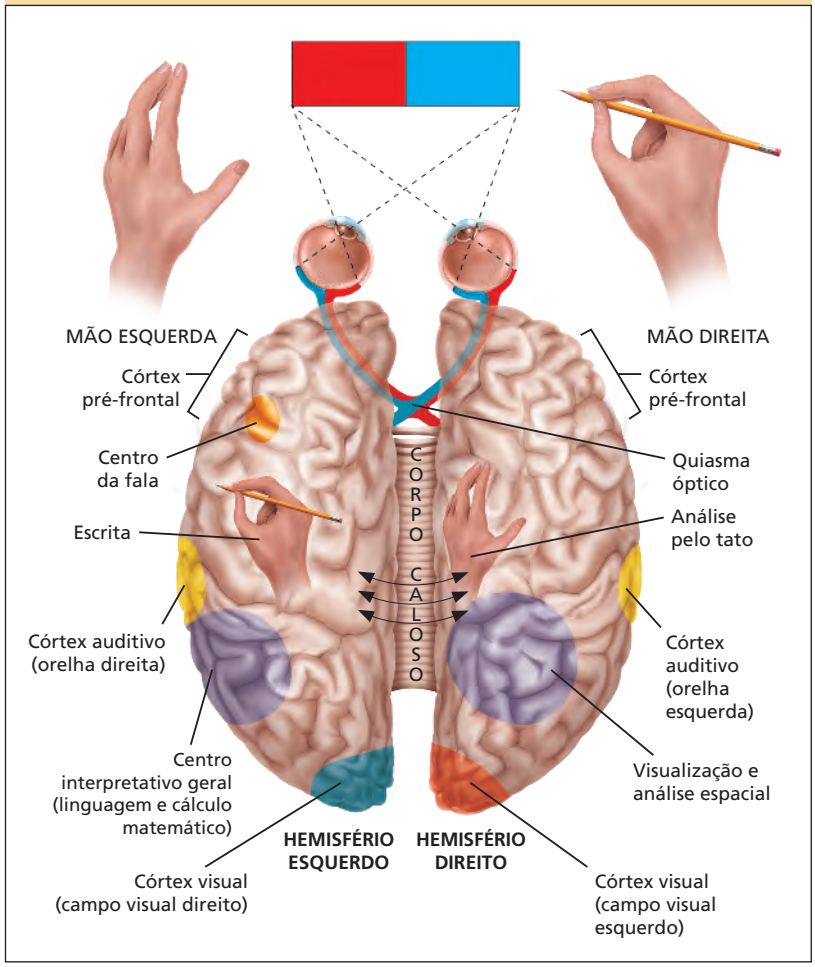


Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação, em vista lateral externa, dos lobos cerebrais e das áreas funcionais do córtex. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Hemisférios cerebrais



O cérebro apresenta dois hemisférios, o direito e o esquerdo, unidos pelo corpo caloso, que permite a integração entre eles. O hemisfério direito recebe e coordena informações do lado esquerdo do corpo e vice-versa. As áreas funcionais dos hemisférios são diferentes, falando-se em lateralização cerebral. No caso dos nervos ópticos provenientes de cada um dos olhos, eles se encontram no **quiasma óptico**, onde parte das fibras de cada um deles se cruza antes de chegar ao cérebro, e a outra parte não. Assim, cada hemisfério recebe informações dos dois olhos, o que propicia a visão tridimensional.

Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação, em vista dorsal, das áreas funcionais nos dois hemisférios do cérebro. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre — Registre em seu caderno

1. Qual é a diferença entre neurônio e nervo?
2. Um atleta sofreu uma lesão na medula espinal durante um jogo e perdeu a capacidade de mover as pernas, mas manteve a capacidade de movimentar os braços e a cabeça. Onde provavelmente ocorreu a lesão na medula espinal? Por que isso resultou em paralisia parcial?
3. Suponha que uma pessoa tenha perdido a capacidade de falar após um derrame, embora ainda possa entender o que é dito a ela, e passado a apresentar fraqueza no lado direito do corpo. Que parte(s) do cérebro provavelmente foi(ram) afetada(s) pelo derrame? Como isso explica os sintomas apresentados?

Cérebro e vulnerabilidades das juventudes

O cérebro para de crescer em tamanho na adolescência, mas continua seu desenvolvimento, mantendo a capacidade de aprendizagem e adaptação. O córtex pré-frontal, responsável pela regulação de pensamentos, atenção, comportamentos, emoções, habilidades de planejamento e tomadas de decisões, amadurece apenas por volta dos 25 anos. Isso pode tornar os adolescentes e jovens mais sensíveis ao estresse e mais propensos a condições como a depressão e a ansiedade. Além disso, por conta da imaturidade do córtex pré-frontal, a busca por recompensas pode levar os adolescentes a assumirem mais riscos.

A imaturidade neural e fatores como o baixo **autoconceito** podem aumentar a vulnerabilidade a situações como gravidez não planejada, ISTs, acidentes, distúrbios emocionais, violência e uso de drogas. Esse quadro pode contribuir com o aumento da mortalidade e danos à saúde, com consequências na vida adulta.

Autoconceito: conhecimento que o indivíduo tem de si, abrangendo aspectos afetivos, cognitivos e comportamentais.

Sistema nervoso periférico

Em termos funcionais, o SNP apresenta uma **divisão sensorial**, com neurônios sensoriais, e uma **divisão motora**, com neurônios motores. A divisão motora está dividida em:

- **SNP somático**, em que os neurônios encaminham mensagens do SNC aos músculos esqueléticos. Nesse caso, a resposta é voluntária, ou seja, depende da vontade do indivíduo;
- **SNP autônomo** ou **visceral**, em que os neurônios encaminham mensagens do SNC aos músculos não estriados e estriado cardíaco e ao sistema endócrino.

Nesse caso, a resposta é involuntária, ou seja, independe da vontade do indivíduo.

O SNP autônomo apresenta duas subdivisões: o sistema nervoso autônomo **simpático** e o sistema nervoso autônomo **parassimpático**, que se caracterizam por efeitos opostos. Esse antagonismo contribui para a homeostase do organismo.

A atividade simpática prepara o corpo para a ação, seja de defesa, seja de ataque. Em situações emocionais ou de emergência, por exemplo, as pupilas dilatam, a boca fica seca, os batimentos cardíacos aumentam, a respiração se torna mais profunda e ocorre vasoconstrição na pele.

Já a atividade parassimpática está primariamente relacionada à recuperação, à conservação de energia e ao repouso dos órgãos vitais. Por exemplo, ocorrem redução do diâmetro das pupilas, protegendo a retina da luz intensa, estimulação da produção de saliva e da atividade digestiva, redução dos batimentos cardíacos e vasodilatação na pele.

Impulso nervoso

A membrana do neurônio em repouso apresenta carga elétrica positiva do lado externo (voltada para fora da célula) e carga negativa do lado interno (em contato com o citoplasma). Dizemos, por esse motivo, que o neurônio está **polarizado**. Isso ocorre em razão da ação da bomba de sódio e potássio, um processo ativo de transporte através da membrana em que, para cada três íons sódio (Na^+) que são transportados para fora da célula, dois íons potássio (K^+) são transportados para dentro. Essa diferença de carga elétrica gera um **potencial de repouso**, que é sempre o mesmo em cada tipo celular.

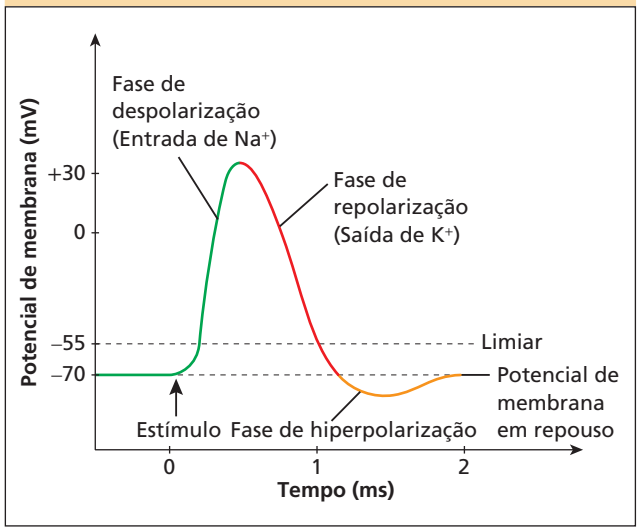
Ao receber um estímulo, a membrana torna-se mais permeável ao sódio, que entra passivamente na célula atravessando os canais de sódio que se abrem nesse momento. Com isso, há inversão das cargas ao redor da membrana. Nesse ponto, o neurônio está **despolarizado**. Se o estímulo for capaz de desencadear alterações na membrana que possam ser transmitidas ao longo do neurônio, dizemos que ele gerou um **potencial de ação** ou **impulso nervoso**. O estímulo de menor intensidade capaz de desencadear o potencial de ação é chamado **estímulo limiar**. Esse estímulo e outros mais intensos desencadeiam a mesma resposta do neurônio. Não existe variação de intensidade de um impulso nervoso em função do aumento do estímulo, por isso dizemos que o neurônio obedece à regra do "**tudo ou nada**". Essa mesma regra também é válida para as células musculares. Assim, a intensidade das sensações depende do número de neurônios despolarizados e da frequência de impulsos recebidos. Além disso, durante um breve período após o início do potencial de ação, as células ficam refratárias a um novo potencial de ação, o que impede que um estímulo no mesmo local seja desencadeado logo em seguida.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Explique aos estudantes que o estrato mielínico funciona como um isolante e que, com isso, o impulso não é propagado nessas regiões. Por conta desse salto de propagação de um nó neurofibroso para outro, a condução chamada saltatória é mais veloz que a condução verificada nas neurofibras não mielinizadas.

O potencial de repouso e o de ação são medidos em milivolts (mV). O potencial de repouso é negativo, indicando que o lado interno da membrana é negativo em relação ao externo. Com o estímulo limiar, a entrada de íons sódio vai alterando esse valor, que passa a ser positivo, até chegar a um valor máximo, a partir do qual começa a **repolarização** da membrana plasmática. Essa repolarização acontece com o fechamento dos canais de íons sódio e a abertura dos canais de íons potássio, que saem passivamente do axônio, e então os valores do potencial de membrana começam a se alterar, voltando a valores negativos. Há uma fase de hiperpolarização em que o valor fica mais negativo do que o potencial de repouso; só depois os canais de íons potássio se fecham e é restabelecida a distribuição inicial de íons sódio e potássio nos dois lados da membrana.

Potencial de ação



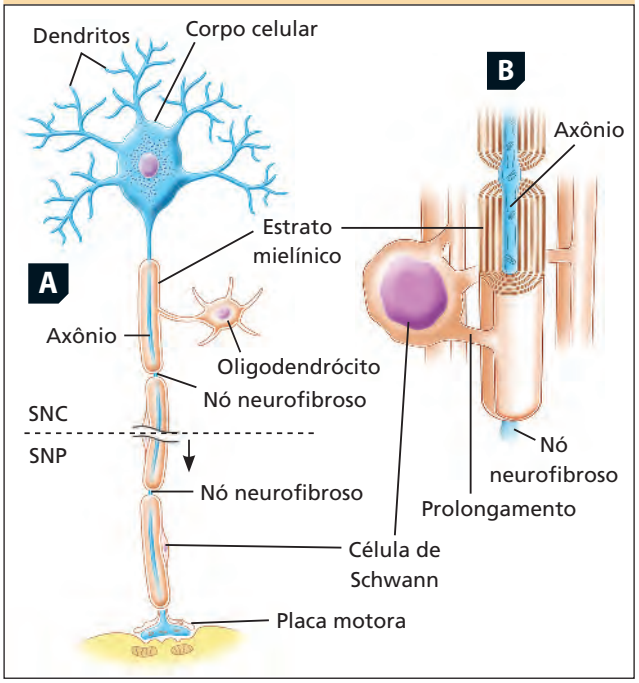
ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Representação gráfica do potencial de ação neuronal em razão do potencial de membrana (mV) por tempo, medido em milissegundo (ms).

Os axônios (ou neurofibras) da maioria dos neurônios são envoltos por várias dobras enroladas em espiral de dois tipos de gliócito, os **oligodendrócitos** (no SNC) e as **células de Schwann** (no SNP). O conjunto dessas dobras origina o **estrato mielínico** (ou **bainha de mielina**). Quanto maior é o diâmetro do axônio e mais espesso é o estrato mielínico, mais rápida é a transmissão do impulso nervoso. O estrato mielínico não é contínuo, sendo interrompido pelos **nós neurofibrosos** (ou **nodos de Ranvier**). Os axônios que apresentam estrato mielínico são chamados **neurofibras mielinizadas** (ou fibras nervosas mielínicas). Já axônios de menor diâmetro não apresentam bainha de mielina, sendo chamados **neurofibras não mielinizadas** (ou fibras nervosas amielínicas).

Neurofibra mielínica



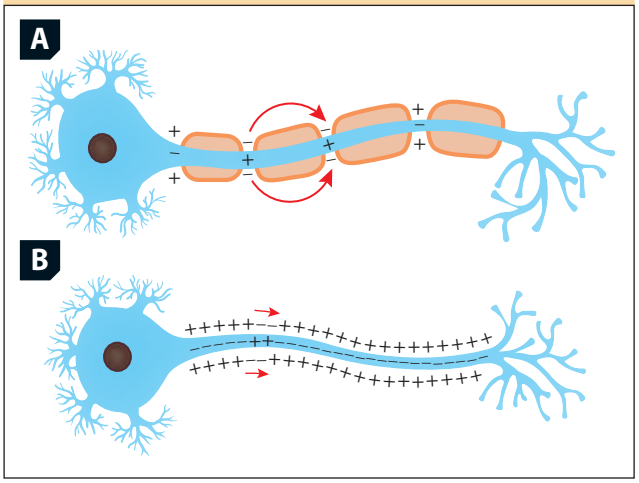
ILUSTRAÇÕES: ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDIOTRA

Fonte: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koongan, 2008.

Em **(A)**, representação de um neurônio motor com trechos de seu axônio. Em **(B)**, representação de detalhe de neurofibra mielínica, com parte do estrato mielínico em corte. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Nas neurofibras **não mielinizadas**, o impulso nervoso é conduzido como uma onda contínua de alterações da polaridade de membrana. Já nas neurofibras **mielinizadas**, essas alterações ocorrem apenas nos nós neurofibrosos, pois o estrato mielínico impede a propagação do impulso, promovendo a condução saltatória, que é muito mais veloz.

Condução do impulso nervoso



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios Integrados de Zoologia**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação da condução do impulso nervoso em neurofibras mielínicas **(A)** e amielínicas **(B)**. As setas indicam o sentido de condução do impulso nervoso. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Neurotransmissores

Dependendo dos receptores presentes na membrana pós-sináptica, os neurotransmissores podem ser considerados excitatórios ou inibitórios.

Os **neurotransmissores excitatórios** desencadeiam a despolarização da membrana pós-sináptica, dando continuidade à condução do estímulo nervoso. É o caso da noradrenalina, que atua no SNC e na divisão simpática do SNP, e do glutamato, que atua no SNC, participando do processo de formação da memória de longo prazo.

Os **neurotransmissores inibitórios** promovem a hiperpolarização da membrana pós-sináptica, impedindo a passagem do impulso. Exemplos incluem: a endorfina, que atua no SNC como analgésico natural do corpo, além de modular sensações de prazer e euforia; e o ácido gama-aminobutírico (GABA), que também atua no SNC, com ação tranquilizante e participação no controle da ansiedade.

Outros neurotransmissores podem provocar tanto efeito excitatório quanto inibitório, dependendo da célula e dos tipos de receptores em células de localidades distintas do corpo. A acetilcolina, por exemplo, promove a contração do músculo esquelético, mas reduz a frequência cardíaca. Além disso, regula a atenção, a memória e o aprendizado e atua tanto no SNC quanto na divisão parassimpática do SNP. Outros exemplos são a dopamina e a serotonina, que atuam no SNC. A dopamina está associada a emoções, motivação e recompensa, além de influenciar o humor. A serotonina regula o humor, a ansiedade, a emoção, o ciclo sono-vigília, o apetite e a temperatura corporal.

Fique por dentro

The Nerve Impulse

THE NERVE impulse [HD animation]. [*S. l.*: *s. n.*], 2015. 1 vídeo (3 min). Publicado pelo canal Health Care. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=b2ctEsGEpe0. Acesso em: 7 ago. 2024.

Animação (em inglês) que mostra a entrada e a saída, através da membrana do neurônio, de íons que promovem a despolarização e a condução do impulso nervoso no axônio. É possível inserir legendas automáticas em português.

Sistema sensorial

O sistema sensorial é formado por neurônios ou células epiteliais modificadas que funcionam como **receptores sensoriais**, estruturas especializadas na captação de estímulos provenientes do ambiente e do próprio corpo. Esses estímulos são enviados para os centros de integração do sistema nervoso que desencadeiam as respostas apropriadas.

Os receptores sensoriais podem estar distribuídos pelo corpo ou concentrados em órgãos sensoriais mais complexos, responsáveis por gustação, olfato, visão, audição e equilíbrio. Classificam-se de acordo com os estímulos que detectam:

- **quimiorreceptores:** detectam substâncias dissolvidas e participam, por exemplo, dos sentidos do paladar e do olfato;
- **fotorreceptores:** detectam a luz;
- **mecanorreceptores:** detectam estímulos mecânicos. Participam dos sentidos do tato, da propriocepção (percepção da postura corporal), do equilíbrio e da audição;
- **termorreceptores:** detectam variações de temperatura. Localizam-se, por exemplo, na pele.

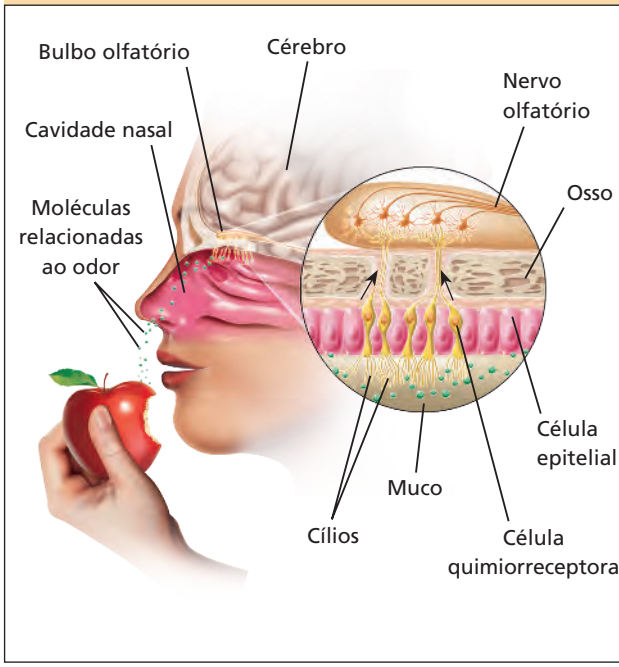
Gustação e olfato

Na gustação, quimiorreceptores na língua permitem distinguir cinco gostos primários: salgado, doce, amargo, azedo e umami.

No olfato, quimiorreceptores no epitélio olfatório nasal percebem moléculas odoríferas do ar que se dissolvem no muco nasal. Esse estímulo é conduzido pelo nervo olfatório até o cérebro, onde é interpretado.

A interação entre gustação e olfato permite perceber o sabor dos alimentos, sendo afetado quando o olfato está prejudicado, como durante um resfriado.

Olfato



ILUSTRAÇÕES: ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA; MAÇÃ: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al*. **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Representação de corte mediano da cabeça mostrando as estruturas envolvidas no sentido do olfato. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

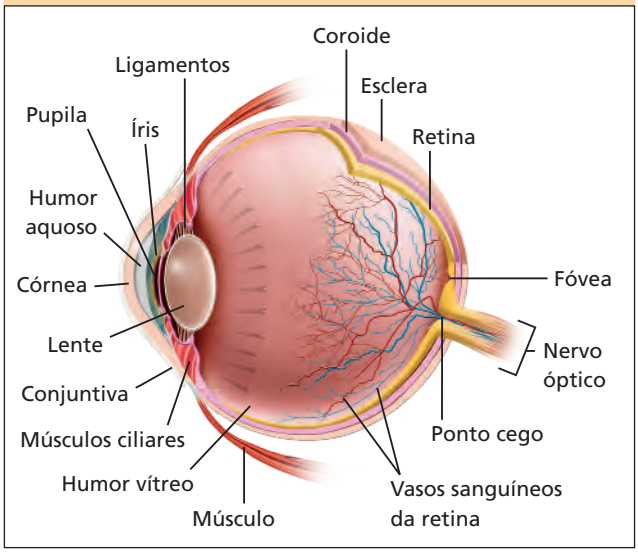
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Visão

O olho humano capta os estímulos luminosos que propiciam a visão. Externamente, ele é revestido pela membrana **conjuntiva**, seguida pela **esclera** (o branco dos olhos) e a **coroide**, mais interna, pigmentada e vascularizada. Na porção anterior do olho, a esclera se torna transparente, formando a **córnea**, que permite a penetração de luz no olho e age como uma lente convergente fixa. A porção anterior da coroide forma a **íris**, que é a parte colorida, cuja movimentação regula a quantidade de luz que penetra no olho através da **pupila**, um orifício no centro da íris. A íris aumenta ou diminui a pupila, respectivamente, quando a luz ambiente diminui ou aumenta de intensidade.

Próximo à pupila encontra-se a **lente** ou **cristalino**, estrutura flexível, transparente e biconvexa que participa da focalização da imagem dentro do olho. Entre a córnea e a lente há o **humor aquoso**, que participa da nutrição das células oculares e da manutenção da pressão intraocular. Alterações nesse líquido causam o glaucoma, que pode levar à cegueira.

Anatomia do olho



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. **Biology**. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

Representação da estrutura do olho vista em corte mediano. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A luz, ao passar pela pupila, incide na lente, que focaliza a imagem na retina, alterando sua forma por meio da ação de **músculos ciliares**: quando um objeto está longe, a lente se torna mais plana e, quando está perto, fica mais arredondada. Esse processo se chama acomodação visual.

Entre a lente e a retina há o **humor vítreo**, que ocupa grande parte do volume do globo ocular, mantendo sua forma.

Na **retina** estão os **cones** e os **bastonetes**, células fotorreceptoras. Elas têm pigmentos que, na presença de luz, sofrem decomposição (descoloração), desencadeando o impulso nervoso. A recomposição do pigmento visual demora frações de segundos.

Os cones relacionam-se com a visão de cores, além de propiciar grande acuidade visual. Concentram-se na **fóvea**, que corresponde ao centro do campo visual. Existem três tipos de cones, que são sensíveis a diferentes partes do espectro eletromagnético da luz, correspondendo às cores vermelha, verde e azul. Esses fotorreceptores permitem a percepção de ampla gama de cores.

Os bastonetes são sensíveis à intensidade luminosa, não percebem cores e são abundantes na periferia da retina.

A imagem na retina é invertida e transmitida pelo nervo óptico, que parte de cada olho a partir de um ponto cego. Os nervos ópticos se conectam com o córtex cerebral, onde a imagem é processada, deixando de ser invertida.

Audição e equilíbrio

A orelha, estrutura responsável pela audição e equilíbrio, é formada por três regiões:

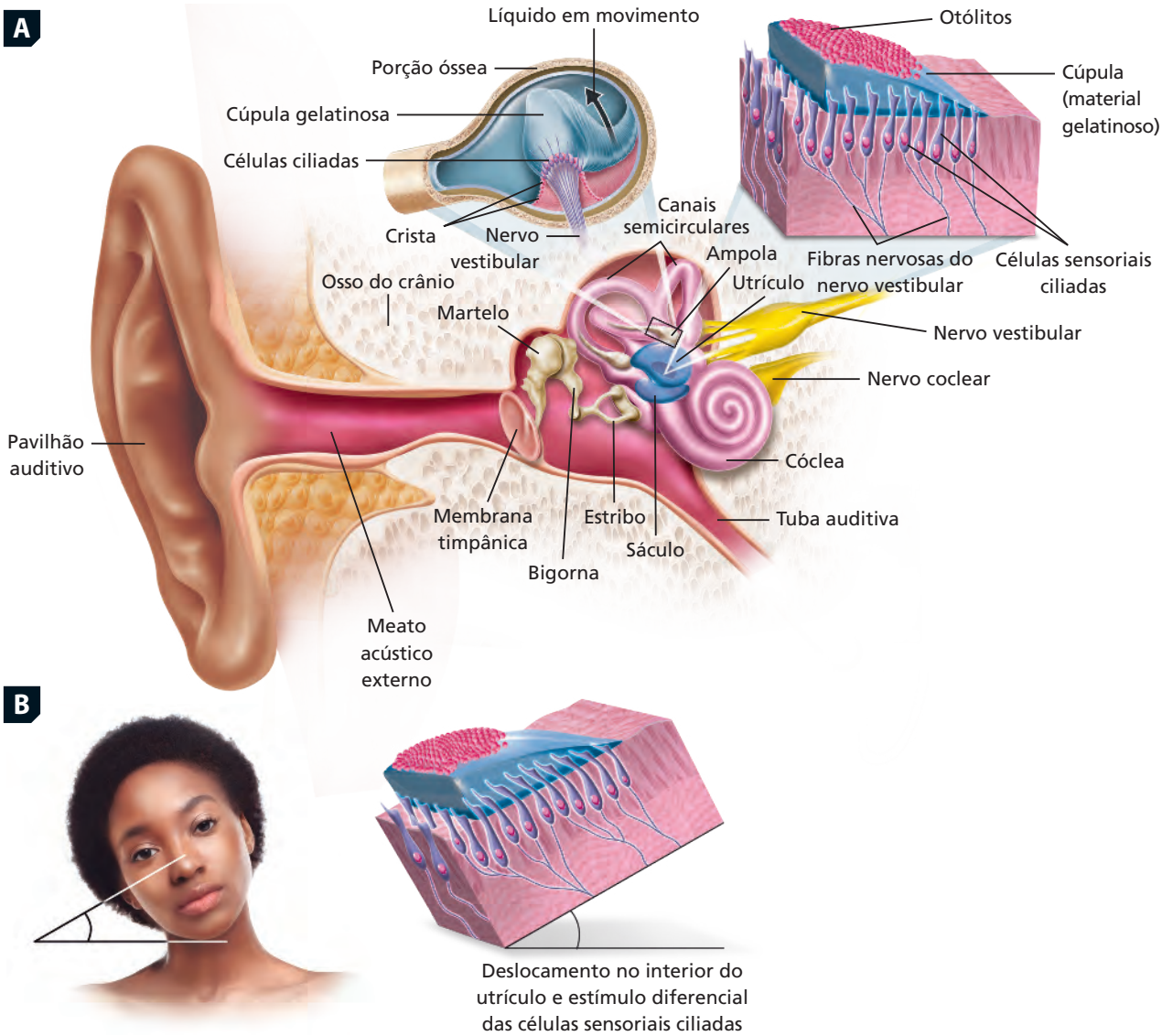
- **externa**, que capta os sons do ambiente pelo pavilhão auditivo e os conduz pelo **meato acústico externo** (ou **canal auditivo**) até a **membrana timpânica** (ou **tímpano**);
- **média**, onde há três ossículos, o **martelo**, em contato com o tímpano, a **bigorna** e o **estribo**. Este fica em contato com a membrana da **janela oval** da orelha interna. Os ossículos recebem as vibrações do tímpano e as transmitem para a orelha interna pela janela oval. A orelha média está em contato com a tuba auditiva, conectando-se com a faringe;
- **interna**, que fica dentro da caixa craniana e é formada por cóclea, sáculo, utrículo e canais semicirculares.

A **cóclea** relaciona-se com a audição. É um longo tubo enrolado, preenchido por líquido, que se movimenta ao receber as ondas sonoras. Estas estimulam células sensoriais ciliadas que compõem o **órgão espiral** (ou **órgão de Corti**). Desse órgão parte o **nervo coclear** (auditivo), que conduz os estímulos para o córtex cerebral.

O **sáculo**, o **utrículo** e os **canais semicirculares** relacionam-se com o equilíbrio e também contêm líquido em seu interior. No sáculo e no utrículo, há células sensoriais ciliadas que se agrupam em manchas, associadas a um material gelatinoso que contém muitas partículas de carbonato de cálcio, os **otólitos**. Os canais semicirculares apresentam na base a **ampola**, onde há um conjunto de células cujos cílios se projetam em um material gelatinoso. Movimentos da cabeça deslocam o líquido, o que estimula as células sensoriais. Esse estímulo é captado e conduzido ao cérebro pelo **nervo vestibular**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Anatomia da orelha e o equilíbrio



Fontes: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. **Biology**. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

Em **(A)**, representação de orelha humana e detalhes da estrutura interna da ampola e do utrículo. Em **(B)**, representação da movimentação da cabeça, que promove deslocamento dos otólitos, do líquido e da porção gelatinosa do interior do utrículo, o que é percebido pelas células sensoriais. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

4. Explique como os neurotransmissores noradrenalina, serotonina e GABA podem estar relacionados com sintomas de ansiedade.

5. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), sons de 50 dB (decibéis) são considerados prejudiciais à saúde. No curto prazo, o ruído pode causar estresse e, no longo prazo, perda auditiva com lesões permanentes nas células auditivas ciliadas. Por isso, o uso de fones de ouvido com som alto pode ser prejudicial à audição. Considerando isso, responda: Em qual parte da orelha estão localizadas as células ciliadas relacionadas com a audição?

ILUSTRAÇÕES: (A): ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA; (B): CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Ação de drogas no sistema nervoso

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), **droga** é toda substância natural ou sintética que, quando introduzida no corpo humano, altera alguma de suas funções. Há várias substâncias usadas pela indústria farmacêutica para a produção de medicamentos, de modo que todo medicamento é considerado droga, mas nem toda droga é medicamento. Os medicamentos têm finalidade terapêutica, para tratar ou prevenir doenças. É importante lembrar que medicamentos devem ser utilizados somente com prescrição de um profissional da saúde e com o devido acompanhamento para avaliação dos resultados do tratamento, evitando danos à saúde.

Há **drogas ilícitas**, que são aquelas cuja produção e comercialização constituem crime, e **drogas lícitas**, que são aquelas cuja produção, comercialização e consumo não constituem crime. Cada país tem leis e regulamentações sobre a classificação das drogas. No Brasil, são exemplos de drogas ilícitas a maconha, a cocaína, o *crack*, o LSD (dietilamida do ácido lisérgico), a metanfetamina, o *ecstasy* e a heroína, ao passo que drogas lícitas abrangem substâncias como o álcool e a nicotina.

A OMS considera que tanto drogas lícitas quanto ilícitas podem levar à **dependência** em razão do uso prolongado e inadequado, pois o corpo tende a se adaptar a elas, o que leva à necessidade contínua da substância.

Entre os tipos de droga, há as **psicoativas**, ou seja, que atuam no sistema nervoso central, interferindo no funcionamento do cérebro. Elas podem estar presentes em medicamentos, como antidepressivos e ansiolíticos (drogas usadas no tratamento da ansiedade), em proporções controladas. Quando essas drogas são consumidas em alta quantidade ou sem acompanhamento médico, elas podem causar danos ao sistema nervoso, prejudicando a saúde do indivíduo. Nesse caso, elas são chamadas **drogas de abuso**.

A dependência de drogas psicoativas pode ser química e/ou psicológica. Na dependência química, a falta da droga causa crises de abstinência, quando surgem sintomas como dores de cabeça, tremores, náuseas e insônia. Na dependência psicológica, o consumo da droga pode parecer uma solução imediata para o alívio de sentimentos como tristeza ou ansiedade, mas também pode acabar agravando o quadro.

As drogas psicoativas atuam nas sinapses e podem ser classificadas em três categorias, de acordo com o tipo de efeito que exercem no SNC:

- **depressoras:** diminuem a atividade do SNC e alguns efeitos são: redução da ansiedade, da coordenação motora e da memória; aumento da sonolência, podendo levar à perda da consciência. Exemplos: álcool, opioides (como a morfina e a heroína), ansiolíticos, tranquilizantes e solventes (como colas, tintas e removedores que, quando inalados para obter efeitos psicoativos, atuam como drogas ilícitas);
- **estimulantes:** aumentam a atividade do SNC e alguns efeitos são: aumento da atenção, da concentração, do estado de alerta e da ansiedade; redução do sono, do apetite e da fadiga. Exemplos: cafeína, nicotina, metanfetamina e cocaína;
- **perturbadoras:** alteram o funcionamento cerebral, afetando percepções, pensamentos e sentimentos, causando delírios, ilusões, alucinações, distorções na percepção do tempo e do espaço e experiências sensoriais incomuns. Exemplos: LSD, psilocibina (encontrada em cogumelos alucinógenos), *ecstasy*, maconha e *crack*.

O uso de drogas psicoativas está associado à sensação imediata e momentânea de prazer, o que envolve o sistema de recompensa do cérebro e o aumento da atividade de dopamina em determinadas regiões desse órgão. Com o aumento da efetividade da dopamina, as sensações de prazer percebidas pelo cérebro são intensificadas, o que pode resultar em uso abusivo e dependência da droga.

A dependência de drogas psicoativas é uma doença que não afeta apenas o indivíduo, mas também a família e a sociedade, pois pode apresentar relações com a desintegração familiar, o desemprego, a marginalização, a criminalidade e o tráfico, por exemplo. Embora haja tratamento, pode haver recaídas, e os dependentes precisam receber suporte médico, psicológico, familiar e social, o que inclui políticas públicas específicas de saúde.

Medidas preventivas envolvem diversos aspectos, como ambientes familiares e sociais mais preparados, educação de qualidade, melhores condições de moradia e lazer, oportunidades de emprego e condições para a realização pessoal.



UNODC/ONU

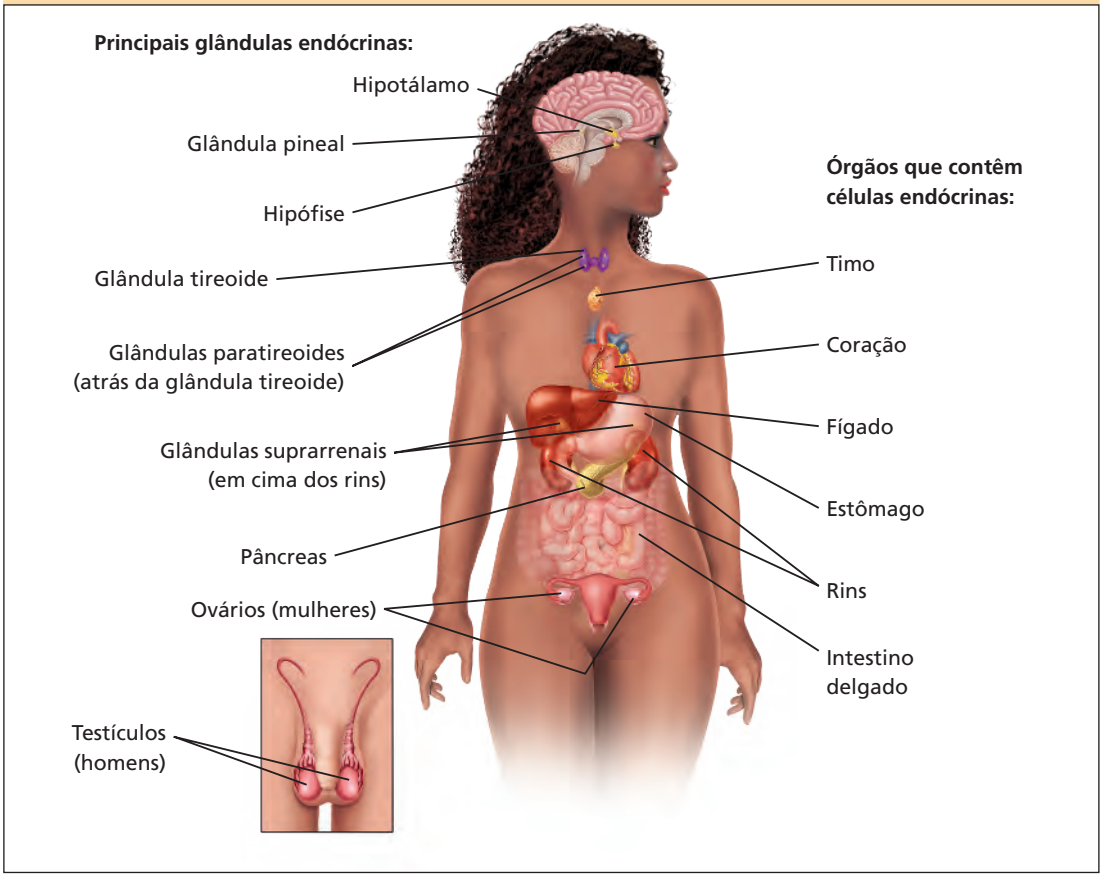
Campanha Mundial sobre Drogas do Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC) lançada em 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sistema endócrino

O sistema endócrino é formado pelas glândulas endócrinas e por células produtoras de hormônios presentes em tecidos ou órgãos que realizam outras funções. São exemplos dessa segunda categoria: o tecido adiposo, que secreta a leptina, relacionada com a redução do apetite; o coração, que produz o hormônio peptídeo natriurético atrial, relacionado com a redução da pressão sanguínea; e os rins, que produzem o hormônio eritropoietina, que aumenta a taxa de produção de hemácias.

Sistema endócrino



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Representação das glândulas endócrinas e de órgãos que contêm células endócrinas do corpo humano. Além dessas estruturas, há a placenta, que se desenvolve na gravidez, e o tecido adiposo subcutâneo. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Hipotálamo e hipófise

Neste capítulo, já citamos a glândula pineal e agora vamos analisar o hipotálamo, a hipófise, as glândulas tireoide e paratireoides, as suprarrenais e o pâncreas. Gônadas e placenta serão analisadas no capítulo 18; os hormônios produzidos pelo fígado, estômago e intestino, no capítulo 19; e a ação do timo, no capítulo 20.

O hipotálamo é o principal elo entre os sistemas nervoso e endócrino, interagindo com a hipófise. A hipófise apresenta dois lobos: o anterior, ou **adenoipófise**, derivado do teto da cavidade bucal, e o posterior, ou **neuroipófise**, derivado do tecido nervoso da base do hipotálamo. Somente a adenoipófise produz hormônios, tendo sua atuação controlada por neurormônios do hipotálamo que estimulam ou inibem suas secreções.

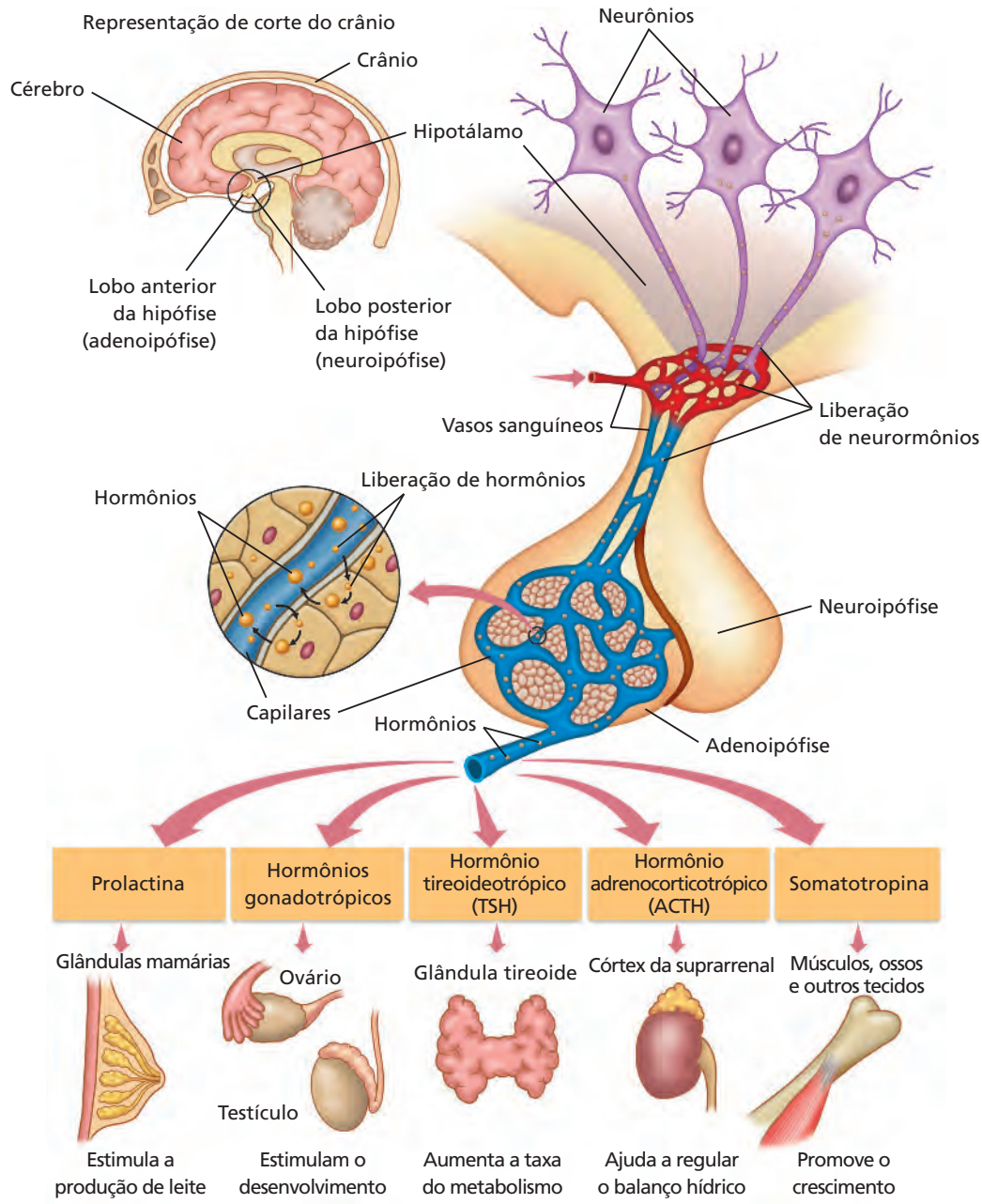
Alguns hormônios produzidos na adenoipófise atuam sobre outras glândulas endócrinas e são denominados coletivamente **hormônios trópicos**. São eles:

- **tireoideotrópico (TSH):** estimula a produção de hormônios pela glândula tireoide;
- **adrenocorticotrópico (ACTH):** estimula o córtex das glândulas suprarrenais a produzir seus hormônios, principalmente o cortisol e a aldosterona;
- **gonadotrópicos:** que atuam sobre as gônadas masculinas (testículos) e femininas (ovários);
- **hormônio de crescimento (GH ou somatotropina):** promove o crescimento corporal, sobretudo dos ossos e dos músculos;

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

- **prolactina:** estimula a secreção de leite pelas glândulas mamárias; é produzido pela mãe, principalmente após o parto, e sua produção é mantida por meio de estímulos nervosos decorrentes da sucção da mama pelo bebê.

Hipotálamo e adenoipófise



Fonte: SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. **Biology**. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

Representação da relação entre hipotálamo e adenoipófise e a ação de hormônios da adenoipófise. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

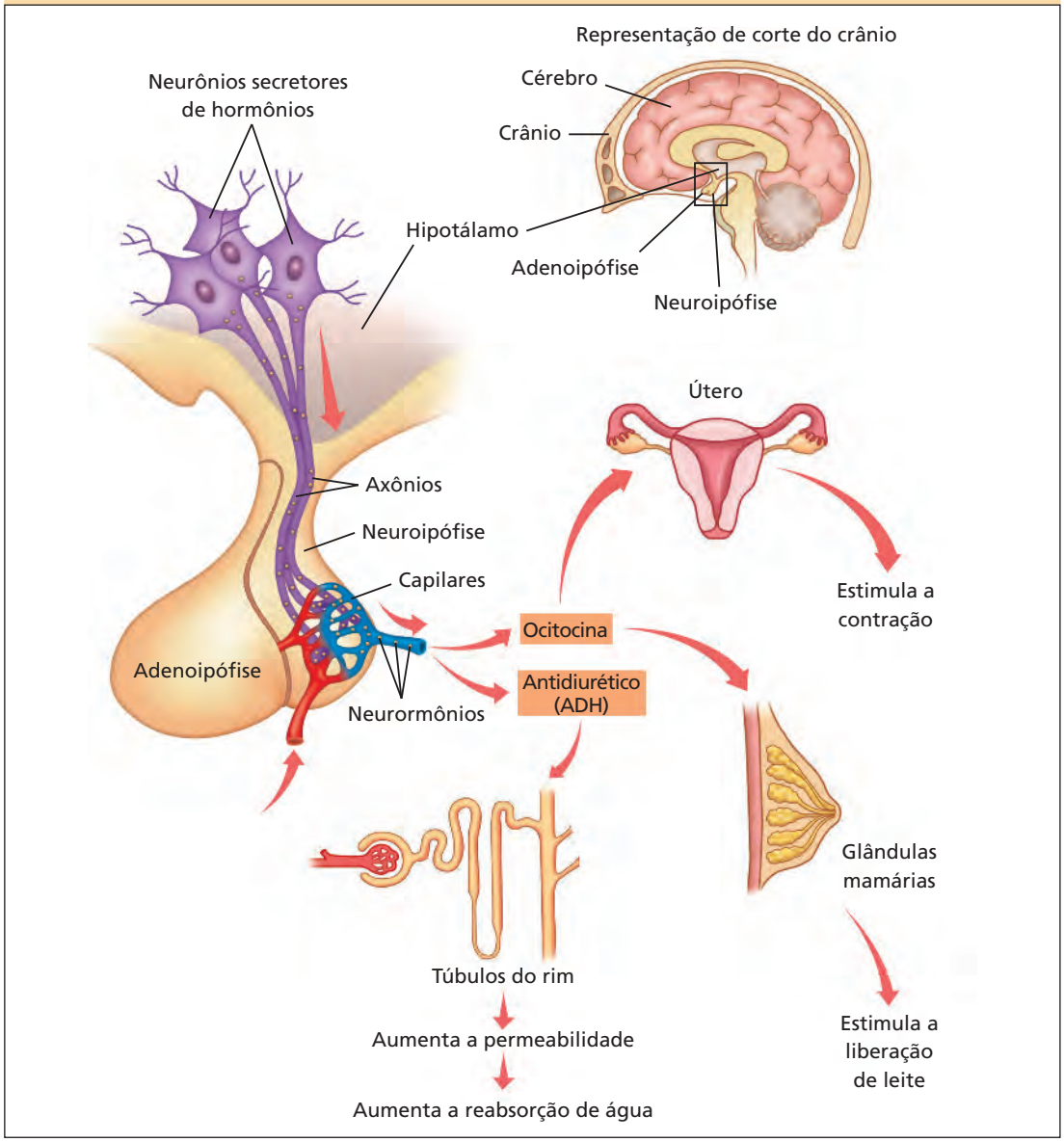
Embora a neuroipófise não produza hormônios, ela armazena neurormônios produzidos pelo hipotálamo. São eles:

- **ocitocina:** acelera as contrações uterinas no momento do parto e estimula a liberação de leite pela mãe; atua nas emoções em interações sociais positivas, promovendo empatia, relaxamento e bem estar;
- **vasopressina (ou hormônio antidiurético ou ADH):** aumenta a absorção de água nos rins, fazendo com que a urina fique mais concentrada. A deficiência ou a ausência desse hormônio pode causar o diabetes *insipidus*, caracterizada pela produção excessiva de urina, visto que a água deixa de ser absorvida nos túbulos renais, provocando muita sede; esse quadro geralmente é acompanhado de grande apetite e perda de força.

PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Hipotálamo e neuroipófise



Fonte: SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. **Biology**. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

Representação da ação dos hormônios produzidos no hipotálamo e armazenados e liberados pela neuroipófise. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Glândulas tireoide e paratireoides

A **glândula tireoide**, sob influência do hormônio TSH da hipófise, produz os hormônios **tri-iodotironina** (T_3) e **tiroxina** (T_4), que aumentam a taxa metabólica basal. Quando atingem quantidades adequadas para o corpo, esses hormônios inibem a produção de TSH no processo de retroalimentação negativa. Se os níveis de T_3 e T_4 ficam consistentemente muito elevados, pode-se ter o quadro de **hipertireoidismo**, com sintomas como nervosismo, aumento do ritmo cardíaco e da pressão sanguínea; se ficam consistentemente muito baixos, pode-se ter a condição de **hipotireoidismo**, com sintomas como pele seca, intolerância ao frio e cansaço nos adultos e comprometimento do desenvolvimento intelectual e do crescimento nas crianças.

O elemento químico iodo é importante para a síntese desses hormônios, por isso sua carência na alimentação pode causar aumento da glândula tireoide (bócio), gerando problemas de saúde. Para evitar isso, é comum a adição de iodo no sal de cozinha.

Outro hormônio produzido pela glândula tireoide é a **calcitonina**, que, com o **paratormônio** das **glândulas paratireoides**, regula o teor de cálcio no sangue, como mencionado no capítulo 15. Em interação com as células ósseas, a calcitonina reduz o nível sanguíneo de cálcio, ao passo que o paratormônio o aumenta, envolvendo, portanto, mecanismos regulados por retroalimentação negativa.

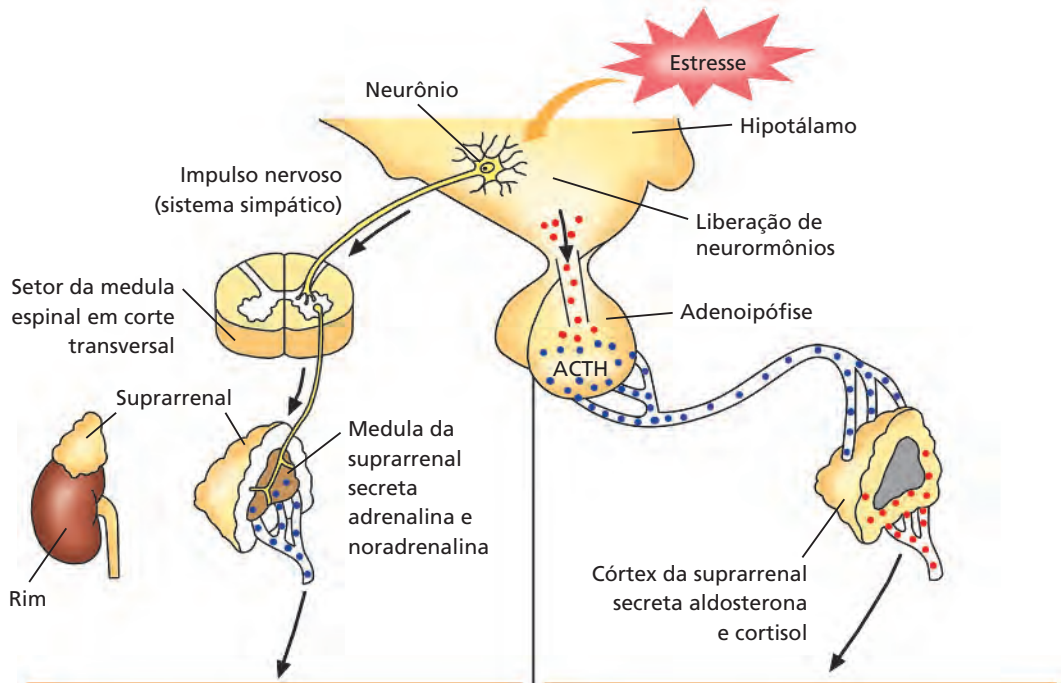
Glândulas suprarrenais

As **glândulas suprarrenais** (ou adrenais) localizam-se na extremidade superior dos rins e são formadas por duas regiões: a cortical e a medular. Seus hormônios são liberados em situações de estresse, prazer, emoção ou perigo, sob o comando do hipotálamo.

Em situações de estresse, por meio do sistema simpático, o hipotálamo envia estímulos nervosos para a região medular das suprarrenais, promovendo a liberação dos hormônios adrenalina e noradrenalina. Além disso, a adenoipófise é estimulada por neurormônios e libera ACTH, que provoca a liberação dos hormônios aldosterona e cortisol pela região cortical das suprarrenais.

A resposta ao estresse pela via simpática é de curta duração e é conhecida como resposta de luta ou fuga, ao passo que a resposta hormonal é de longa duração, auxiliando o corpo a lidar com o estresse a longo prazo.

Hormônios das glândulas suprarrenais



Respostas de curta duração

Efeitos da adrenalina e da noradrenalina:

- quebra do glicogênio em glicose, o que aumenta a taxa de glicose no sangue;
- aumento da pressão sanguínea;
- aumento da taxa metabólica;
- aumento da oxigenação do sangue;
- vasoconstrição periférica;
- aumento do estado de alerta e diminuição da atividade digestiva e dos rins.

Respostas de longa duração

Efeitos da aldosterona:

- retenção de sódio e água nos rins;
- aumento do volume e da pressão do sangue.

Efeitos do cortisol:

- quebra de proteínas e gorduras que são convertidas em glicose, o que aumenta a taxa de glicose no sangue;
- anti-inflamatório.

Representação dos efeitos dos hormônios produzidos pelas glândulas suprarrenais. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. **Biology**. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O córtex das suprarrenais também produz **hormônios sexuais**: andrógenos similares à testosterona produzida nos testículos e pequenas quantidades de estrógenos (ou estrogênios) e progesterona, hormônios sexuais femininos que atuam com aqueles produzidos nas gônadas.

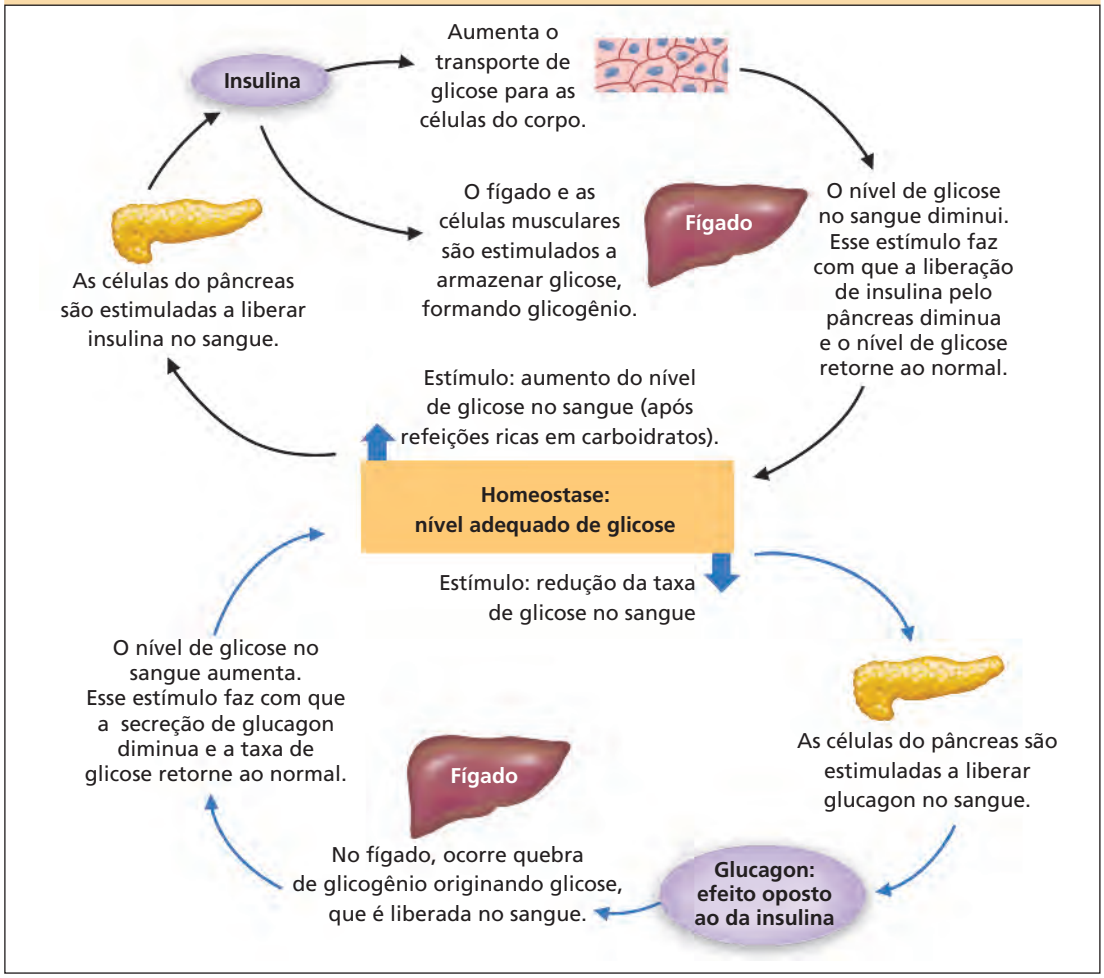
Pâncreas

O **pâncreas** é uma glândula mista, em que a parte endócrina produz dois hormônios ligados ao metabolismo da glicose: a **insulina**, que reduz a taxa de glicose no sangue, e o **glucagon**, que a aumenta. Esses mecanismos são regulados por retroalimentação negativa.

PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atuação da insulina e do glucagon



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Representação da regulação da taxa de glicose no sangue pelos hormônios do pâncreas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A deficiência na produção de insulina provoca aumento na taxa de açúcar no sangue, uma das causas da doença diabetes *mellitus* tipo I (do grego *diabetes*, urina abundante; *mellitus*, mel, visto que a pessoa produz muita urina, havendo glicose presente nela). Essa doença se manifesta principalmente na infância e na adolescência, e a insulina é aplicada no tratamento.

Existe também o diabetes tipo II, que é mais comum e se manifesta geralmente no adulto. Nesse caso, os órgãos-alvo da insulina perdem a capacidade de responder a ela, ou seja, tornam-se resistentes à insulina. Em alguns casos, sobretudo com o passar dos anos, o diabético tipo II também pode precisar de insulina.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

6. Elabore uma tabela associando as seguintes estruturas endócrinas a seus respectivos hormônios: hipófise, glândula tireoide, glândulas paratireoides, glândulas suprarrenais e pâncreas.

7. Indique se as afirmações são verdadeiras ou falsas, justificando suas respostas.

a. O aumento no nível de glicose no sangue estimula as células do pâncreas a produzir glucagon.

b. O aumento de cálcio no sangue estimula a glândula tireoide a liberar paratormônio, promovendo a deposição de cálcio nos ossos.

c. Situações de estresse estimulam a produção de cortisol.

d. Estímulos do meio fazem com que a adenoipófise libere TSH, que estimula as glândulas paratireoides.

e. A hipófise produz hormônios diversos que atuam, por exemplo, no crescimento, no balanço hídrico do corpo, na produção de leite e no metabolismo.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. (Enem) Um dos exames clínicos mais tradicionais para medir a capacidade reflexa dos indivíduos é o exame do reflexo patelar. Esse exame consiste na estimulação da patela, um pequeno osso localizado na parte anterior da articulação do joelho, com um pequeno martelo. A resposta reflexa ao estímulo é caracterizada pelo levantamento da perna em que o estímulo foi aplicado.

Qual região específica do sistema nervoso coordena essa resposta? 1. Alternativa **b**.

a. Ponte. **c.** Cerebelo. **e.** Neuroipófise.
b. Medula. **d.** Hipotálamo.

2. O córtex cerebral age em várias funções do corpo, exceto:

a. no movimento de acenar com as mãos. 2. Alternativa **b**.
b. na frequência cardíaca.
c. na memória.
d. na capacidade de prender a respiração.
e. na fala.

3. As leucodistrofias são doenças progressivas, associadas a fatores genéticos que afetam o sistema nervoso em decorrência da deterioração do estrato mielínico. Essa alteração nos neurônios tem como consequência: 3. Alternativa **d**.

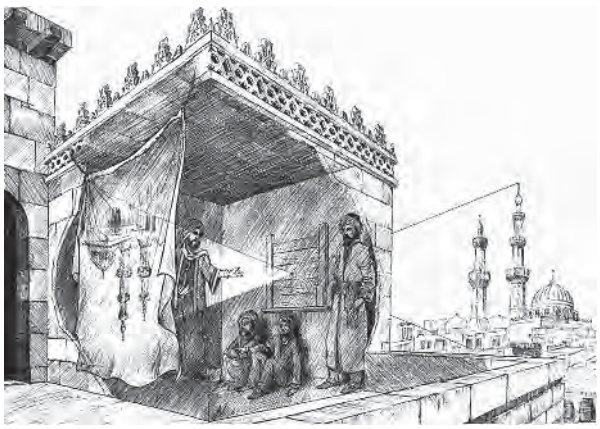
a. a substituição do estrato mielínico por expansões do axônio nos neurônios afetados pela doença.
b. a diminuição do espaço entre os nós neurofibrosos, dificultando a transmissão dos impulsos nervosos.
c. o aumento da produção de neurotransmissores para aumentar a velocidade da condução dos impulsos nervosos.
d. a diminuição da velocidade de propagação dos impulsos nervosos nos neurônios afetados pela doença.
e. a propagação dos impulsos nervosos nos dois sentidos das neurofibras, causando um colapso no sistema nervoso.

4. (Enem) Portadores de diabetes *insipidus* reclamam da confusão feita pelos profissionais da saúde quanto aos dois tipos de diabetes: *mellitus* e *insipidus*. Enquanto o primeiro tipo está associado aos níveis ou à ação da insulina, o segundo não está ligado à deficiência desse hormônio. O diabetes *insipidus* é caracterizado por um distúrbio na produção ou no funcionamento do hormônio antidiurético (na sigla em inglês, ADH), secretado pela neuroipófise para controlar a reabsorção de água pelos túbulos renais.

Tendo em vista o papel funcional do ADH, qual é um sintoma clássico de um paciente acometido por diabetes *insipidus*? 4. Alternativa **e**.

a. Alta taxa de glicose no sangue.
b. Aumento da pressão arterial.
c. Ganho de massa corporal.
d. Anemia crônica.
e. Desidratação.

5. (Enem) Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham; 965-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o *Livro da Óptica*, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da Óptica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura, retirada dessa obra, é representada a imagem invertida de edificações em um tecido utilizado como anteparo.



ACERVO DA REAL SOCIEDADE, LONDRES

Fonte: ZEWAIL, A. H. Micrographia of the twenty-first century: from camera obscura to 4D microscopy. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v. 368, 2010. (Adaptado.)

Se fizermos uma analogia entre a ilustração e o olho humano, o tecido corresponde ao(à): 5. Alternativa **b**.

a. íris. **d.** córnea.
b. retina. **e.** cristalino.
c. pupila.

6. Anestésicos locais, como procaína, bloqueiam canais de sódio na membrana dos neurônios. O que ocorre com o impulso nervoso nesse caso?

7. Leia o texto e faça o que se pede.

> [...] o psiquiatra e diretor da Associação Brasileira de Psiquiatria, Claudio Martins, afirmou que as pessoas que compartilham notícias falsas experimentam uma sensação de bem-estar semelhante à de usar drogas.
>
> "Quando a pessoa recebe uma notícia que a agrada, são estimulados os mecanismos de recompensa imediata do cérebro e dão uma sensação de prazer instantâneo, assim como as drogas. Ocorre uma descarga emocional e gera uma satisfação imediata. Isso impulsiona a pessoa a transmitir compulsivamente a mesma informação para que seu círculo de amizades sinta o mesmo. Por isso, há os encaminhadores compulsivos", explica o psiquiatra. [...]

Fonte: SOUZA, F. "É como usar drogas": por que as pessoas acreditam e compartilham notícias falsas? **BBC News Brasil**, São Paulo, 26. out. 2018. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-45767478. Acesso em: 7 ago. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

De que maneira a compreensão dos mecanismos de recompensa do cérebro pode ser utilizada para desenvolver ações preventivas e educativas que contribuam para reduzir a disseminação de *fake news* relacionadas à saúde?

8. A fotografia mostra flores de *Brugmansia* sp., planta solanácea nativa e comum na América do Sul e na América Central.

VENTURA CARMONA/GETTY IMAGES



Brugmansia sp., vulgarmente chamada de trombeteira ou trombeta-de-anjo. O gênero *Brugmansia* caracteriza-se pelas flores pendentes, ao contrário de suas aparentadas do gênero *Datura*.

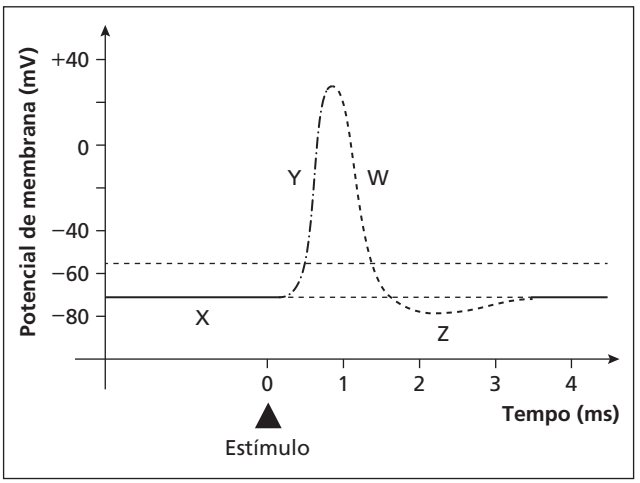
Essa planta produz alcaloides anticolinérgicos, que inibem a liberação de acetilcolina pelas fibras nervosas do sistema nervoso autônomo parassimpático. Por isso, designa-se o efeito dessa planta como parassimpaticolítico (isto é, depressor do parassimpático).

Com base nas informações apresentadas e no que foi estudado ao longo do capítulo, responda.

a. O que é o sistema nervoso periférico autônomo ou visceral? Em que ele difere do sistema nervoso periférico somático?

b. Considerando apenas as vias simpáticas e parassimpáticas estudadas no capítulo, quais dos seguintes sintomas derivam diretamente da depressão do parassimpático causada pelos alcaloides da *Brugmansia* sp.: boca seca, dilatação da pupila, dilatação dos brônquios e redução dos batimentos cardíacos?

9. (Fuvest – SP) O gráfico representa modificações elétricas da membrana de um neurônio (potencial de membrana), mostrando o potencial de ação gerado por um estímulo, num dado momento.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

a. Identifique, nesse gráfico, as fases indicadas pelas letras X, Y, W e Z.

b. A esclerose múltipla é uma doença autoimune, em que ocorre dano à bainha de mielina. Que efeito tem essa desmielinização sobre a condução do impulso nervoso?

10. Reúna-se com três ou quatro colegas e realizem as seguintes atividades.

ODS 3

a. Pesquisem em fontes confiáveis mais informações sobre:

- os tipos de droga mais usada pelos jovens;
- os riscos do uso dessas drogas para a saúde;
- os aspectos psicoemocional e social relacionados ao uso de drogas;
- estatísticas locais e nacionais sobre o uso de drogas entre jovens;
- exemplos de campanhas de conscientização contra o uso de drogas.

Atentem para a forma de organização desses dados, de maneira que eles possam ser facilmente consultados e compreendidos.

b. Compartilhem os dados pesquisados com os demais colegas da turma, destacando os pontos mais importantes, ouçam os dados obtidos por eles e promovam uma discussão sobre o tema.

c. Com orientação do professor, utilizem os dados das pesquisas para elaborar, como produto de toda a turma, uma campanha de conscientização contra o uso de drogas, tendo como público-alvo a comunidade escolar. Definam as mensagens-chave que desejam transmitir e escolham os canais de comunicação a serem utilizados (cartazes, folhetos, palestras, redes sociais etc.). Por fim, combinem uma data com o professor e a direção da escola para a realização da campanha.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 18

Sistema genital, saúde sexual e reprodutiva

ONEINCHPUNCH/SHUTTERSTOCK



A adolescência é uma fase de grandes transformações na vida das pessoas.

A educação sexual é fundamental porque fornece informações necessárias para que sejam feitas escolhas conscientes sobre a saúde e o bem-estar. Esse processo deve começar na infância e ser adaptado às necessidades e aos estágios de desenvolvimento de cada pessoa. Durante a adolescência, ocorrem transformações corporais e emocionais significativas devido principalmente às mudanças hormonais, e elas podem gerar ansiedade, insegurança, curiosidade e dúvidas. Compreender essa fase inclui discutir saúde sexual e reprodutiva, visando o bem-estar físico, mental e social, assim como uma vida sexual segura e satisfatória, livre de discriminação, imposição e violência.

Além de conhecer o sistema genital, temas como prevenção de infecções sexualmente transmissíveis (IST), autonomia para decidir sobre a maternidade ou paternidade, e o momento ideal para isso, e conhecer a diversidade de expressões de sexualidade são fundamentais e serão abordados neste capítulo. Com informação e diálogo, é possível passar pela adolescência de forma mais tranquila e consciente, preparado para fazer escolhas saudáveis e responsáveis no futuro e para aceitar a diversidade e combater o preconceito e a discriminação de qualquer tipo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sexualidade

A sexualidade, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), é uma força que impulsiona a busca por amor, intimidade e afeto, integrando-se à nossa experiência cotidiana, afetando nossos sentimentos e como nos relacionamos com o mundo ao nosso redor. Ela tem reflexo em nossa saúde mental e física e é uma parte extremamente pessoal de cada indivíduo, envolvendo não apenas práticas e desejos sexuais, mas também o comportamento social e a relação com o próprio corpo.

A sexualidade abrange várias dimensões, incluindo as socioculturais, biológicas, afetivas e éticas.

A **dimensão sociocultural** é influenciada pelos padrões, valores e aspectos culturais da sociedade na qual uma pessoa nasce e cresce. Esses fatores frequentemente levam a expectativas distintas para pessoas de diferentes gêneros, resultando em estereótipos prejudiciais. Por exemplo, em algumas culturas, atividades como jogar futebol, brincar com carrinhos ou preferir a cor azul são associadas ao gênero masculino, ao passo que dançar balé, brincar com bonecas ou gostar da cor rosa são consideradas tipicamente do gênero feminino. Esses estereótipos podem gerar preconceitos, limitações e problemas emocionais; portanto, é importante desafiá-los. A desconstrução dessas ideias é essencial para promover uma sociedade democrática e igualitária.

JACKF/GETTY IMAGES



FATCAMERA/GETTY IMAGES



Qualquer pessoa tem o direito de escolher suas atividades, sem que sofra preconceito.

A **dimensão biológica** refere-se às diferenças biológicas entre os sexos masculino e feminino com base nos cromossomos sexuais, nas características sexuais primárias com as quais nascemos e nas características sexuais secundárias, que surgem na puberdade pela ação de hormônios.

A **dimensão afetiva** concentra-se na capacidade de interação com outras pessoas, envolvendo demonstrações de afeto, amor e carinho. Essa dimensão diz respeito à maneira como as emoções são expressas nas relações interpessoais, abrangendo tanto amizades quanto relações familiares.

A **dimensão ética** gira em torno do respeito a si mesmo e aos outros, ou seja, como tratamos tanto a nós mesmos quanto as pessoas com as quais interagimos. Nesse contexto, o respeito às diferenças e à diversidade, em todas as suas formas, é fundamental.

Sexo biológico, orientação sexual, gênero e identidade de gênero

O conceito de **sexo biológico** relaciona-se a características anatômicas, fisiológicas, cromossômicas e hormonais que variam entre os indivíduos e é usado para descrever um espectro que inclui masculino, feminino e variações intersexo.

A **orientação sexual** diz respeito a quem uma pessoa se sente atraída. A complexidade da sexualidade humana torna evidente a existência de ampla variedade de orientações. Algumas pessoas sentem atração por indivíduos de outro gênero, caracterizando a heterossexualidade. Outras sentem atração por pessoas do mesmo gênero, o que é conhecido como homossexualidade. Há também pessoas que experimentam atração por ambos os gêneros, identificando-se como bissexuais, e as que não sentem atração sexual por nenhum gênero, consideradas assexuais. Há, além desses tipos, uma ampla gama de diversidade de orientação sexual.

A orientação sexual não é uma escolha, mas uma manifestação natural nas pessoas. Todas as formas de expressão da orientação sexual e da sexualidade devem ser compreendidas e, acima de tudo, respeitadas.

IPARRAGUIRRE RECIO/GETTY IMAGES



A diversidade de orientações sexuais deve ser respeitada.

O conceito de **gênero** também é complexo e deriva de uma construção social. Está relacionado às características que uma sociedade atribui a homens e mulheres durante

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

a vida, estabelecidas por normas, atitudes e papéis que são diretamente ligados ao que as pessoas daquela sociedade entendem como ser homem ou mulher.

A **identidade de gênero** diz respeito ao gênero com o qual uma pessoa se identifica. Quando essa identidade coincide com o sexo designado ao nascimento, a pessoa é considerada **cisgênero**. Uma pessoa do sexo feminino e que se identifica com o gênero feminino é uma mulher cis; uma pessoa do sexo masculino e que se identifica com o gênero masculino é um homem cis. Quando uma pessoa não se identifica com o gênero que coincide com o sexo designado ao nascimento, ela é chamada **transgênero**. São consideradas mulheres trans pessoas do sexo masculino que se identificam como do gênero feminino e homens trans pessoas do sexo feminino que se identificam como do gênero masculino. Há ainda pessoas que não se reconhecem estritamente com o gênero masculino ou com o feminino, com nenhum deles ou com ambos, então falamos em identidade não binária. Pessoas trans, assim como pessoas cis, podem ter qualquer orientação sexual.

A diversidade sexual é ampla e é importante esclarecer que o conceito sociológico de que a heterossexualidade, o binarismo de gênero e a correspondência direta entre sexo biológico e gênero representam o padrão ou a norma predominante na sociedade – a chamada heterocisnormatividade – é bastante limitante. Esse conceito considera que outras formas de orientação sexual e identidade de gênero são desviantes ou menos legítimas, o que acaba por gerar discriminação, preconceito e estresse psicológico em pessoas que não se encaixam na heterocisnormatividade.

Nesse contexto, surgiram siglas que incluem maior diversidade sexual, como LGBTQIA+ e LGBTQIAPN+. Medidas como essa criam um senso de comunidade e pertencimento e dão mais visibilidade a pessoas que são frequentemente ignoradas ou marginalizadas na sociedade.

Seguindo a sigla utilizada pela Secretaria Nacional dos Direitos das Pessoas LGBTQIA+, acompanhe o texto explicativo a respeito do grupo de pessoas que cada letra da sigla representa:

> **L**ésbicas. Identidade referente a mulheres (cisgêneras ou transgêneras) que se relacionam afetiva e/ou sexualmente com outras mulheres (cisgêneras ou transgêneras). [...]
>
> **G**ay. Identidade referente a homens (cisgêneros ou transgêneros) que se relacionam afetiva e/ou sexualmente com outros homens (cisgêneros ou transgêneros). [...]
>
> **B**issexual. Identidade referente a pessoas (cisgêneras ou transgêneras) que se relacionam afetiva e/ou sexualmente com mais de um gênero. [...]
>
> **T**ransexual/**T**ransgênera/**T**rans. Identidade referente à pessoa que se identifica com gênero diferente do atribuído no momento do seu nascimento. [...]
>
> *Queer*. Queer talvez seja o termo mais complexo de se explicar no universo das culturas de língua portuguesa, tanto que não há, até hoje, tradução satisfatória. [...] Em certa medida, "*queer*" seria um termo guarda-chuva [...].
>
> **I**ntersexo. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da sua seção de Direitos Humanos, as pessoas intersexo são aquelas nascidas com características sexuais (incluindo órgãos genitais, gônadas e padrões cromossômicos) que não se encaixam nas concepções binárias de sexo. [...]
>
> **A**ssexual. Identidade referente à pessoa que não se sente atraída afetiva e/ou sexualmente por outras pessoas, independentemente do gênero. No entanto, esse termo também pode ser considerado um guarda-chuva, porque, na verdade, inclui pessoas com pouco interesse ou com interesses muito específicos em relação à sexualidade.
>
> + (mais). O símbolo "+" é utilizado para representar as pessoas e os debates que a sociedade e os movimentos ainda não conseguiram absorver ou identificar. Incluem-se aqui pessoas que não se sentem representadas por nenhuma das letras componentes da sigla LGBTQIA+. A sexualidade é fluida, e são diversas as maneiras de se compreender no mundo e demonstrar afeto.

Fonte: BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos. **Cadernos LGBTQIA+ Cidadania**, Volume 1: Promoção e Defesa dos Direitos das Pessoas LGBTQIA+. Brasília: MDH, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mdh/pt-br/navegue-por-temas/lgbt/campanhas-lgbtqia/lgbtqia-cidadania/publicacoes/cardeno_lgbtqia-cidadania_vol-1_-promocao-e-defesa-dos-direitos-das-pessoas-lgbtqia.pdf. Acesso em: 12 out. 2024.

Crianças, adolescentes e adultos que não se encaixam na heterocisnormatividade são frequentemente estigmatizados e até mesmo diagnosticados com algum distúrbio de saúde, uma concepção equivocada e que viola os Direitos Humanos fundamentais. A Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU e a Constituição Brasileira garantem a igualdade em dignidade e direitos para todos os seres humanos. Isso inclui os Direitos Sexuais e Reprodutivos, que defendem, entre outros aspectos, o direito de escolha do parceiro sexual, a expressão da orientação sexual e a identidade de gênero sem discriminação ou violência. Em 2011, o Supremo Tribunal Federal (STF) reconheceu a união estável entre casais do mesmo sexo como entidade familiar, equiparando-a à união estável heterossexual. Desde 2019, a homofobia e a transfobia são consideradas crimes.

No Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) oferece gratuitamente o processo de transição de gênero e o acesso a exames e tratamentos relacionados com a saúde sexual e reprodutiva para todas as pessoas, independentemente da identidade de gênero.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fique por dentro

Cartilha de direitos da comunidade LGBTQIAPN+: Entendendo a diversidade e contribuindo para assegurar os direitos da comunidade LGBTQIAPN+

CARTILHA de direitos da comunidade LGBTQIAPN+: entendendo a diversidade e contribuindo para assegurar os direitos da comunidade LGBTQIAPN+. Brasília, DF: Comissão Anamatra, 2022. Disponível em: https://www.anamatra.org.br/images/LGBTQIA/CARTILHAS/Cartilha_Comiss%C3%A3o_LGBTQIAPN.pdf. Acesso em: 12 out. 2024.

Cartilha elaborada pela Associação Nacional de Magistrados da Justiça do Trabalho, abordando direitos e conquistas da comunidade LGBTQIAPN+, contribuindo na luta contra o preconceito e a discriminação na sociedade.

Sistema genital

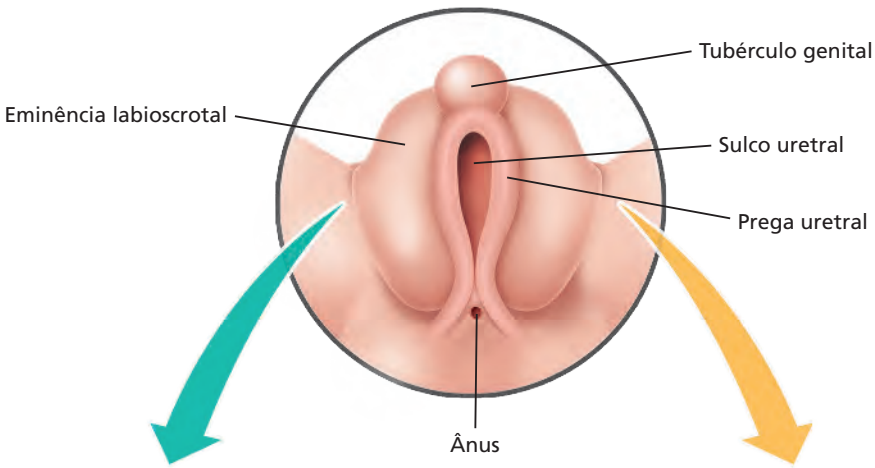
O sistema genital relaciona-se à função de reprodução e tem grande influência do sistema hormonal. Os órgãos do sistema genital localizados no interior do abdômen compõem a **genitália interna** e os visíveis externamente, a **genitália externa**.

O sistema genital começa a se desenvolver ainda na fase fetal, após a sexta semana de gestação. Se o feto apresentar cromossomos sexuais XY, desenvolve-se o sistema genital masculino; se apresentar XX, o feminino. Isso se deve à presença no cromossomo Y do gene SRY (região determinante do sexo do cromossomo Y, do inglês, ***s**ex-determining **r**egion of the **Y** chromosome*), cuja ação promove a diferenciação dos testículos. Uma vez formados, os testículos começam a secretar principalmente a testosterona (hormônio sexual masculino, um androgênio), que influencia o desenvolvimento das demais estruturas do sistema genital masculino. Existem casos em que alterações no número de cromossomos sexuais ou em sua estrutura, assim como alterações hormonais e do gene SRY, interferem no desenvolvimento do sistema genital, mas estes não serão analisados aqui.

Compare, na figura a seguir, como se diferenciam as estruturas das genitálias externas masculina e feminina.

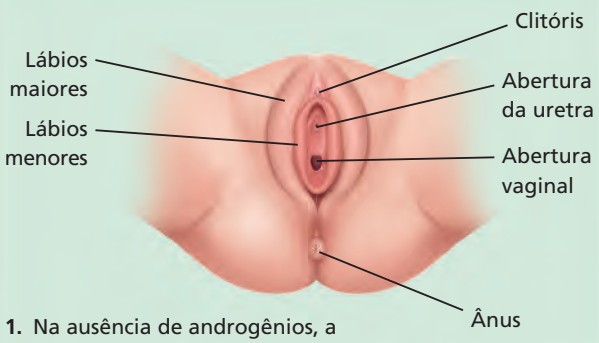
Diferenciação das genitálias externas masculina e feminina

Estágio bipotencial (feto de 6 semanas)



GENITÁLIA FEMININA

Ao nascimento

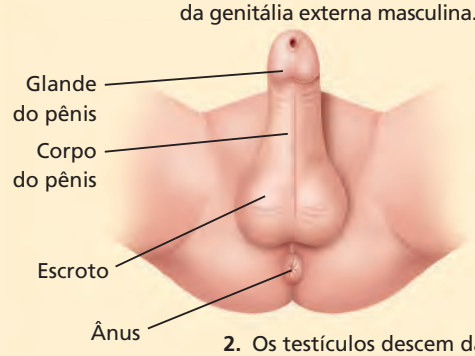


1. Na ausência de androgênios, a genitália externa é feminilizada.

GENITÁLIA MASCULINA

Ao nascimento

1. Androgênios induzem o desenvolvimento da genitália externa masculina.



2. Os testículos descem da cavidade abdominal para o escroto.

Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação do desenvolvimento da genitália externa no feto de seis semanas e no nascimento. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

As características do sistema genital com as quais o bebê nasce correspondem às **características sexuais primárias**. Se tiver a genitália externa masculina, o bebê é considerado do sexo biológico masculino; e se tiver a feminina, o bebê é considerado do sexo biológico feminino. Quando essa definição binária não é bem clara, o bebê é considerado intersexo.

Na puberdade, a ação dos hormônios promove tanto o amadurecimento das gônadas quanto o surgimento das **características sexuais secundárias**, que diferenciam externamente indivíduos do sexo masculino e feminino. Nessa fase também ocorre o período de estirão, quando o aumento de estatura é acentuado.

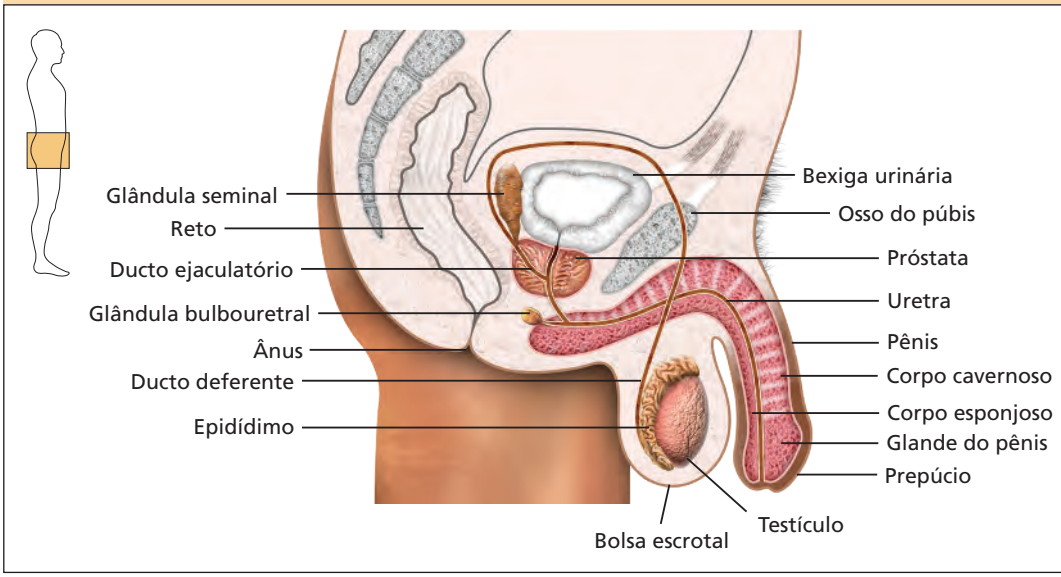
A testosterona liberada a partir da puberdade promove o desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas, entre elas, aumento do pênis e dos testículos, crescimento da barba e de pelos no corpo, nas axilas e no púbis, engrossamento da voz, aumento da massa óssea e muscular, alargamento do tórax e dos ombros, entre outras alterações. Além do testículo, a glândula suprarrenal produz testosterona, a qual colabora nesse processo, mas em menor quantidade. Pequenas quantidades de testosterona também são produzidas pelos ovários.

A testosterona é um hormônio esteroide anabolizante natural que promove o aumento da massa muscular e óssea. Esteroides anabolizantes sintéticos podem ser empregados em algumas situações clínicas sob estrita prescrição e controle médico. Não devem ser utilizados para finalidades estéticas e sem acompanhamento médico. Esse uso é ilícito e traz graves problemas à saúde, como tumores no fígado, infertilidade, agressividade excessiva e depressão. Em testes esportivos *antidoping*, a presença desses hormônios é investigada e, se for detectada, o atleta é penalizado.

A liberação de estrógenos e de progesterona na puberdade promove o desenvolvimento das características sexuais secundárias femininas, entre elas o aumento das glândulas mamárias, das mamas e da genitália externa, surgimento de pelos no púbis e nas axilas, aumento da largura dos quadris e distribuição de gordura corporal, que tende a se concentrar nas nádegas, nos quadris e nas coxas. Além desses aspectos externos, tem início a menstruação, e a primeira é denominada **menarca**.

Os órgãos do sistema genital masculino estão ilustrados a seguir.

Sistema genital masculino



Fonte: POSTLETHWAIT, J.; HOPNSON, J. **Life**. Boston: Cengage Learning, 2011.

Representação em vista lateral e em corte do sistema genital masculino e algumas estruturas de outros sistemas do corpo (bexiga urinária, ossos, reto e ânus). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: RODRIGO FIGUEIREDO/ARQUIVO DA EDITORA; SILHUETA: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Esse sistema é composto de:

- dois **testículos:** onde ocorre a formação de espermatozoides, processo chamado **espermatogênese**, e a secreção de testosterona;
- dois **epidídimos:** com ductos enovelados responsáveis pelo armazenamento e pela maturação dos espermatozoides, quando eles adquirem mobilidade e se tornam aptos à fecundação; os testículos e os epidídimos estão alojados na **bolsa escrotal** (ou **escroto**);
- dois **ductos deferentes:** cada ducto parte de um epidídimo, sai da bolsa escrotal e penetra na cavidade abdominal;
- dois **ductos ejaculatórios:** cada um deles é basicamente a continuação de um ducto deferente;
- **uretra:** canal que atravessa o pênis; é comum aos sistemas genital e urinário;
- **pênis:** órgão que contém a uretra, dois **corpos cavernosos** e um **corpo esponjoso**, formados por tecidos irrigados, que se enchem de sangue na ereção. A **glande** protege a abertura da uretra e facilita a penetração do pênis na relação sexual; ela é envolvida externamente pelo **prepúcio**, dobra de pele rica em glândulas lubrificantes;
- glândulas anexas: duas **glândulas seminais** (vesículas seminais), **próstata** e duas **glândulas bulbouretrais**.

Com a estimulação sexual levando à ejaculação, contrações rítmicas da musculatura lisa dos ductos conduzem os espermatozoides para serem liberados pela abertura da uretra no pênis, com secreções das glândulas sexuais anexas, compondo o **sêmen** (do latim, *semen* = semente). As **glândulas seminais** são as primeiras a contribuir com a secreção viscosa e alcalina que neutraliza a acidez da uretra e do sistema genital feminino. A acidez pode inativar e matar os espermatozoides. Além disso, fornece frutose, importante fonte de energia para os espermatozoides. Em seguida, a **próstata** adiciona sua secreção leitosa, ligeiramente ácida e rica em enzimas como o antígeno específico da próstata (PSA), medido em exames de rotina para risco de câncer dessa glândula. Por fim, as **glândulas bulbouretrais** secretam uma substância alcalina e muco que lubrifica o trajeto da uretra e a extremidade do pênis.

Estima-se que o volume médio em uma ejaculação varie entre 2,5 mL e 5 mL de sêmen, contendo entre 50 e 150 milhões de espermatozoides por mL. Cerca de 10% do volume do sêmen é composto de espermatozoides. Embora apenas um espermatozoide fecunde o ovócito, o número elevado compensa a alta mortalidade no trajeto até o gameta feminino. Em geral, os espermatozoides não duram mais que 48 horas dentro do sistema genital feminino.

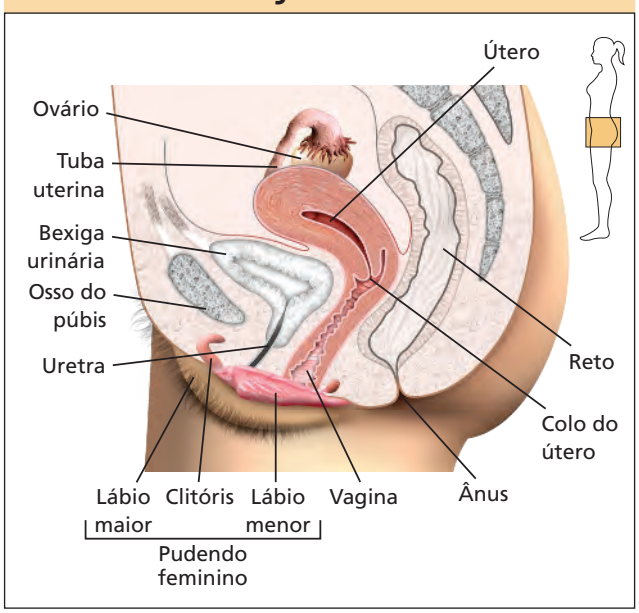
Os órgãos do sistema genital feminino estão ilustrados na figura ao lado.

Esse sistema é composto de:

- dois **ovários:** órgãos que produzem gametas femininos (ovócitos), processo denominado **ovogênese** ou **ovulogênese**, e que sintetizam hormônios sexuais **estrógenos** e **progesterona**;
- duas **tubas uterinas:** ductos que conectam os ovários ao útero e é onde ocorre a fecundação;
- **útero:** órgão muscular onde o bebê se desenvolve em caso de gestação. Se não houver fecundação, parte de sua parede interna, o **endométrio**, descama na menstruação;
- **vagina:** canal de saída para o fluxo menstrual e para o bebê no parto natural; pode receber o pênis na relação sexual. A abertura é circundada pelo **hímen**, membrana geralmente rompida na primeira relação sexual;
- **pudendo feminino** (vulva): genitália externa formada pelos **lábios maiores** e **menores**, que protegem a abertura da vagina e da uretra, e pelo **clitóris**, órgão erétil importante na estimulação sexual.

Ao contrário do sistema genital masculino, no feminino a uretra não é compartilhada pelos sistemas urinário e genital.

Sistema genital feminino



Fonte: POSTLETHWAIT, J.; HOPNSON, J. **Life**. Boston: Cengage Learning, 2011.

Representação em vista lateral e em corte do sistema genital feminino e de algumas estruturas de outros sistemas do corpo (bexiga urinária, uretra, ossos, reto e ânus). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: RODRIGO FIGUEIREDO/ARQUIVO DA EDITORA; SILHUETA: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

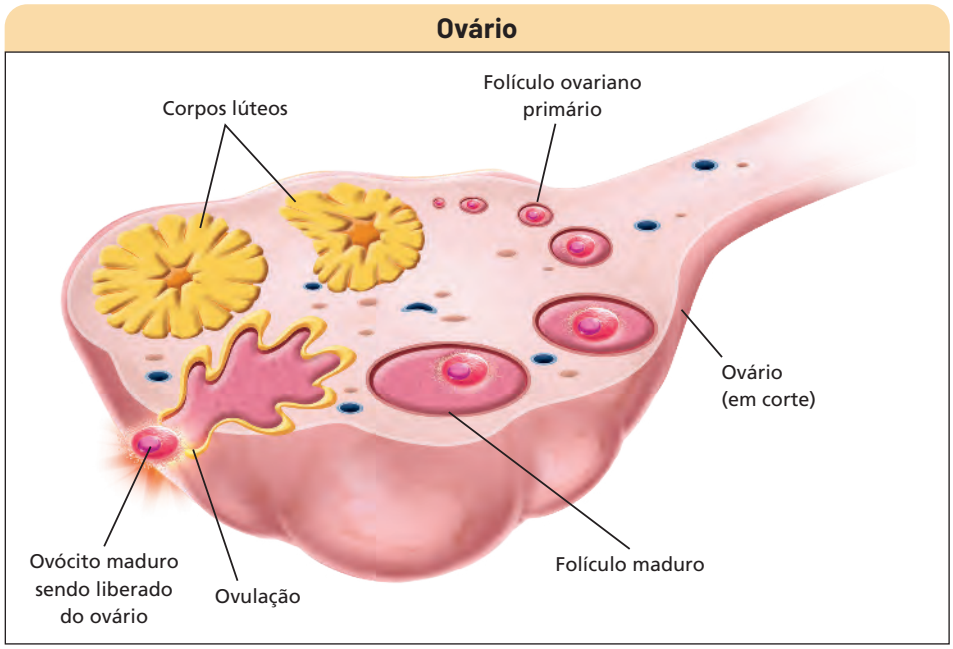
1. Descreva o trajeto de um espermatozoide desde o testículo até sua saída na extremidade do pênis, indicando os ductos por onde ele passa e a sequência de secreções (produzidas pelas glândulas anexas) recebidas no trajeto.
2. Explique o que é o sêmen e o significado de sua composição para o sucesso da fecundação na reprodução.
3. Em qual estrutura do sistema genital feminino ocorre a fecundação?

O controle hormonal da reprodução

A partir da puberdade, o hipotálamo passa a secretar o hormônio liberador de gonadotropina ou **GnRH** (do inglês, ***g*onadotropin-*r*eleasing *h*ormone**), que age na adenoipófise. Em resposta, a adenoipófise produz e libera dois hormônios gonadotrópicos: o **hormônio luteinizante** (LH) e o **hormônio folículo estimulante** (FSH), os quais agem nos testículos e nos ovários.

Nos testículos, o LH estimula a produção de testosterona, que promove o surgimento e a manutenção das características sexuais secundárias masculinas. A testosterona, com o FSH, estimula a espermatogênese.

Nos ovários, o FSH promove a secreção de estrógenos e estimula a maturação dos folículos ovarianos. O hormônio LH induz a ovulação e o folículo que liberou o ovócito transforma-se em **corpo lúteo**.



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: POSTLETHWAIT, J.; HOPNSON, J. **Life**. Boston: Cengage Learning, 2011.

Representação do ovário em corte mostrando a sequência de desenvolvimento de um folículo ovariano desde o folículo primário até a formação do corpo lúteo. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

O corpo lúteo passa a produzir estrógenos e, em menor quantidade, progesterona. Os estrógenos desencadeiam o desenvolvimento e a manutenção das características sexuais secundárias femininas. A progesterona atua com os estrógenos na preparação do útero para uma possível gravidez. Esses hormônios apresentam variações cíclicas e interações complexas ao longo do ciclo reprodutivo ou menstrual, como analisaremos a seguir.

Fases do ciclo menstrual

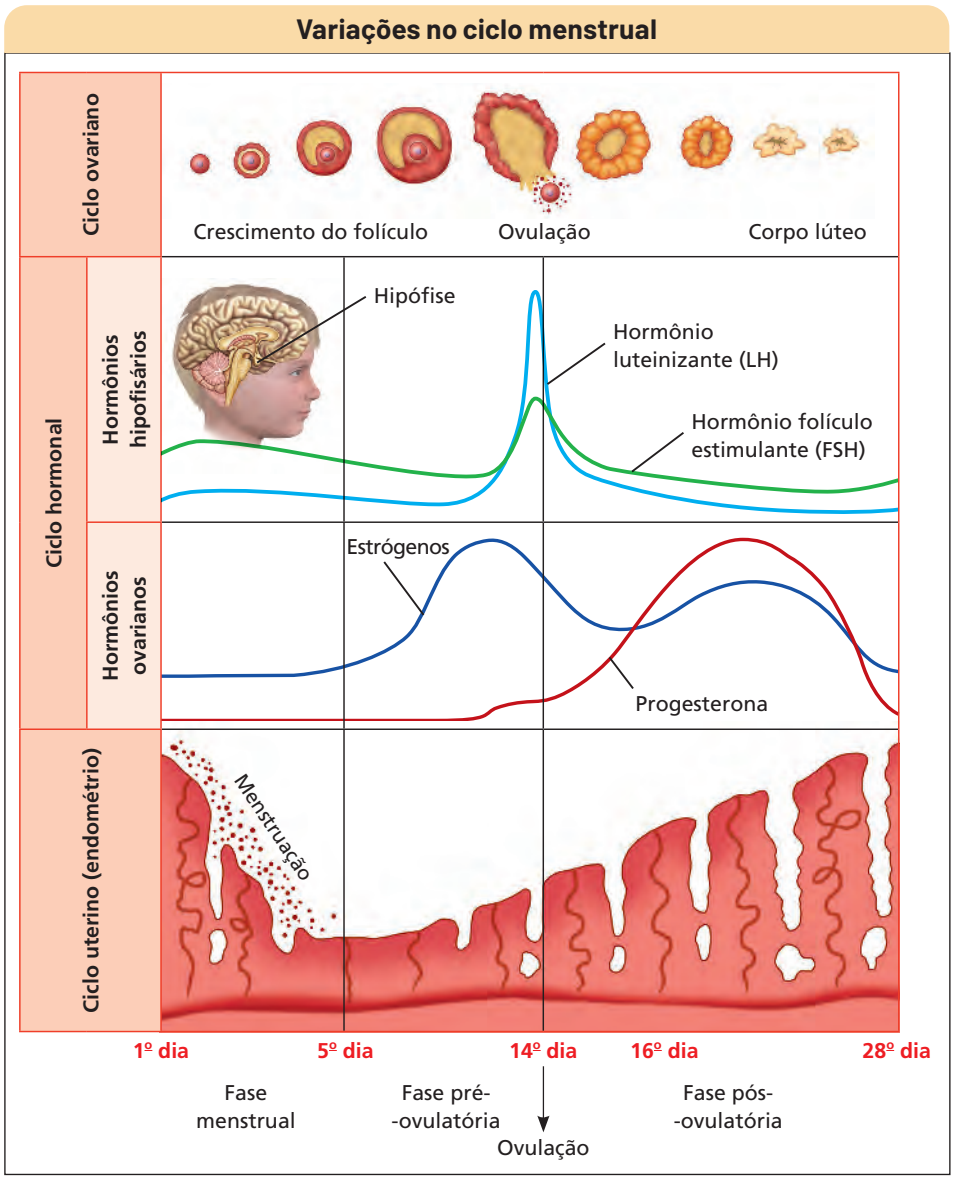
O ciclo menstrual tem duração variável, em torno de 24 a 35 dias, mas, para nossa análise, vamos considerar um ciclo de 28 dias. O primeiro dia do ciclo corresponde ao primeiro dia da menstruação.

A tensão pré-menstrual (TPM) pode ocorrer muitas vezes e suas causas podem estar relacionadas ao aumento dos teores de estrógenos e de progesterona, associados a neurotransmissores cerebrais. Os sintomas podem incluir dor de cabeça, inchaços e dores nas mamas e pernas, ansiedade, alterações de humor e cólicas, que podem ser incapacitantes. Alguns países têm licença menstrual remunerada, em estudo no Brasil, permitindo que a pessoa se afaste do trabalho.

O ciclo menstrual pode ser dividido em quatro fases: fase menstrual ou menstruação, fase pré-ovulatória, ovulação e fase pós-ovulatória.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Analise a imagem a seguir e acompanhe a descrição pelo texto.



Fonte: TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. **Corpo humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

Gráficos da variação dos hormônios hipofisários e ovarianos ao longo do ciclo menstrual. Representações das variações nos folículos ovarianos e da parede uterina (endométrio) ao longo desse ciclo. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA; GRÁFICOS: ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fase menstrual ou menstruação

Nessa fase, o hipotálamo libera GnRH, que estimula a adenoipófise a liberar pequena quantidade de LH e de FSH. Esses hormônios, principalmente o FSH, estimulam o crescimento de alguns folículos ovarianos. A baixa concentração de hormônios ovarianos, sobretudo de progesterona, promove a constrição dos vasos do endométrio, que descama, caracterizando a menstruação.

Durante a menstruação, além da higiene da genitália externa, que deve ser bem feita sempre, o uso de absorventes menstruais (interno ou externo), coletor menstrual, calcinha ou cueca absorventes são importantes para a saúde e o bem-estar. No Brasil, desde 2023, ocorre a distribuição gratuita de absorventes para pessoas que menstruam e que estejam em situação de vulnerabilidade social. Esse avanço reconhece a pobreza menstrual (falta de acesso adequado a produtos necessários durante a menstruação) e suas consequências à saúde, além de reforçar que a menstruação ocorre em mulheres cis, homens trans, algumas pessoas não binárias e intersexuais, entre outras identidades que fazem parte da diversidade sexual.

Fase pré-ovulatória

Nessa fase, sob a influência do FSH, os folículos continuam a se desenvolver e começam a produzir estrógenos, os quais promovem a retroalimentação negativa, inibindo a secreção de GnRH. Nessas condições, a produção de FSH e de LH pela adenoipófise é inibida, mantendo suas concentrações relativamente baixas. A partir do sexto dia do ciclo, geralmente, apenas um folículo prossegue; os demais degeneram. A elevação dos estrógenos promove o crescimento do endométrio no útero.

Ovulação

O folículo dominante em crescimento aumenta a produção de estrógenos que, em alta concentração, estimula a liberação de GnRH pelo hipotálamo. Isso aumenta a produção de FSH e de LH pela adenoipófise, que leva ao amadurecimento final do folículo. A ação do GnRH é maior sobre a produção de LH, ocasionando um pico de sua concentração no sangue, um dia antes da ovulação.

Fase pós-ovulatória

Após a ovulação, o LH promove a transformação do folículo em corpo lúteo, que passa a secretar progesterona e estrógenos. A retroalimentação negativa desses hormônios inibe a produção de LH e de FSH, que ficam com concentrações baixas. Essa queda resulta em desintegração do corpo lúteo e a consequente redução acentuada nas concentrações de estrógenos e progesterona que o corpo lúteo vinha produzindo. Essa baixa concentração hormonal estimula o hipotálamo e a adenoipófise, que passam a secretar seus hormônios, e o ciclo recomeça.

No útero, os estrógenos e a progesterona produzidos pelo corpo lúteo promovem o crescimento do endométrio, preparando-o para uma possível gravidez. Sem fecundação, os níveis hormonais caem e principalmente o baixo nível de progesterona desencadeia a menstruação. O ciclo é interrompido se houver fecundação, iniciando a gravidez.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre

Registre em seu caderno

4. Uma mulher de 30 anos precisou passar por cirurgia de remoção de útero. Quais processos relacionados à reprodução e ao ciclo menstrual foram afetados? Explique.
5. Com base nos gráficos mostrados na figura "Variações no ciclo menstrual", explique o que ocorre com os hormônios no período aproximado entre o 12º dia e o 15º dia do ciclo.
6. A que corresponde o corpo lúteo e qual sua função?

Planejando a vida sexual e reprodutiva

Planejar a vida sexual e reprodutiva de forma saudável é essencial para o autocuidado, visando à promoção do bem-estar físico, emocional e social. Ao fazermos esse planejamento, estamos investindo no desenvolvimento de relacionamentos gratificantes, o que também beneficia as pessoas com quem nos relacionamos. Trata-se de abordagem ampla, que nos inclui e inclui o outro. Nessa abordagem é importante considerar aspectos diversos, como o reconhecimento e a exposição do que consentimos ou não nos relacionamentos; a expressão de desejos e limites; entender e respeitar os desejos e os limites do outro e o que ele consente; e a tomada de decisões compartilhadas sobre questões relacionadas à vida sexual e à reprodução, como a escolha por métodos anticoncepcionais adequados para evitar a transmissão de IST ou a gravidez não planejada e a responsabilidade pelo seu uso correto, entre outros aspectos.

Infecções sexualmente transmissíveis

Como o próprio nome indica, a principal via de transmissão das infecções sexualmente transmissíveis (IST) é a sexual, por sexo oral, vaginal ou anal. A transmissão ocorre quando o ato sexual acontece com uma pessoa contaminada e não há o uso adequado de preservativos externos ou internos. Assim, a principal medida de prevenção é o uso de preservativos em todas as relações sexuais. Buscar por tratamento nos serviços de saúde também é fundamental. As parcerias sexuais devem ser alertadas sempre que uma IST for diagnosticada e elas também devem procurar assistência médica. Desigualdades sociais, econômicas e de acesso à saúde contribuem para a disseminação dessas infecções.

Fique por dentro

Infecções sexualmente transmissíveis

INFECÇÕES sexualmente transmissíveis. **Ministério da Saúde**, Brasília, DF, [20--]. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/i/ist. Acesso em: 12 out. 2024.

O *site* do Ministério da Saúde traz informações e dados a respeito das infecções transmitidas pelo contato sexual, outras formas de contágio, tratamento e como evitá-las.

Formas de prevenção, de diagnóstico e de tratamento de IST são oferecidas gratuitamente no Brasil, pelo SUS. O Ministério da Saúde ainda promove ações e programas relacionados à educação em saúde sexual e reprodutiva.

Entre as IST, vamos analisar a aids e o condiloma acuminado, causados por vírus, e a sífilis e a gonorreia, causadas por bactérias.

- **Aids (síndrome da imunodeficiência adquirida):** causada pelo vírus HIV que ataca determinadas células do sistema imunitário. A transmissão também pode ocorrer via agulhas contaminadas, transfusão de sangue contaminado e na gestação, no parto ou na amamentação. Inicialmente, a infecção, em geral, é assintomática e pode permanecer assim por anos (mas a pessoa já pode transmitir o vírus). A progressão da doença envolve prejuízos no funcionamento do sistema imunitário, o que faz com que mesmo infecções mais simples, que seriam normalmente combatidas facilmente, passam a se manifestar de forma grave. O tratamento com terapia

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

antirretroviral (TARV) suprime a replicação do HIV, reduz a progressão da doença e a transmissão do vírus. Em caso de suspeita de contaminação, como em situações de relação sexual desprotegida com pessoa contaminada ou de estupro, deve-se iniciar a profilaxia pós-exposição (PEP) em 72 horas.

- **Condiloma acuminado:** causado pelo papiloma vírus humano (HPV), também pode ser transmitido no parto. São diversos os tipos de HPV, alguns causam verrugas genitais, câncer de útero, anal ou na orofaringe. Pessoas sem sintomas podem transmitir o vírus. A vacinação é eficaz na prevenção da infecção e na redução do risco de cânceres relacionados ao HPV. A vacina é gratuita pelo SUS para crianças e adolescentes de 9 a 14 anos e para pessoas imunossuprimidas de 9 a 45 anos.
- **Sífilis:** causada pela bactéria *Treponema pallidum*, também pode ser transmitida pelo uso de seringas contaminadas, transfusão de sangue contaminado, durante a gestação, no parto e na amamentação. Quando transmitida durante a gestação ou no parto é chamada **sífilis congênita**. Os sintomas iniciais são úlceras na genitália externa, no ânus ou na cavidade bucal, que podem desaparecer. A infecção pode permanecer latente por vários anos, sem sintomas, mas ainda ser transmissível. Em estágios tardios, surgem lesões generalizadas na pele e em órgãos internos, podendo levar à morte. A sífilis congênita pode causar alterações ósseas, surdez, cegueira e morte. O tratamento é feito com antibióticos.
- **Gonorreia:** causada pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae*, também pode ser transmitida no parto. Entre os sintomas estão dor ao urinar, secreção genital, dor abdominal e sangramento entre períodos menstruais. O tratamento é feito com antibióticos.

Prevenção de IST e da gravidez

A maneira de se evitar as IST é pelo uso correto, nas relações sexuais, de preservativos, os quais são eficazes também na prevenção da gravidez. Eles são feitos de materiais resistentes e impermeáveis e são finos para não comprometer a sensibilidade. São disponibilizados gratuitamente pelo SUS e informações sobre onde retirá-los podem ser obtidas pelo Disque Saúde (136) do Ministério da Saúde.

JOHN SLATER/GETTY IMAGES



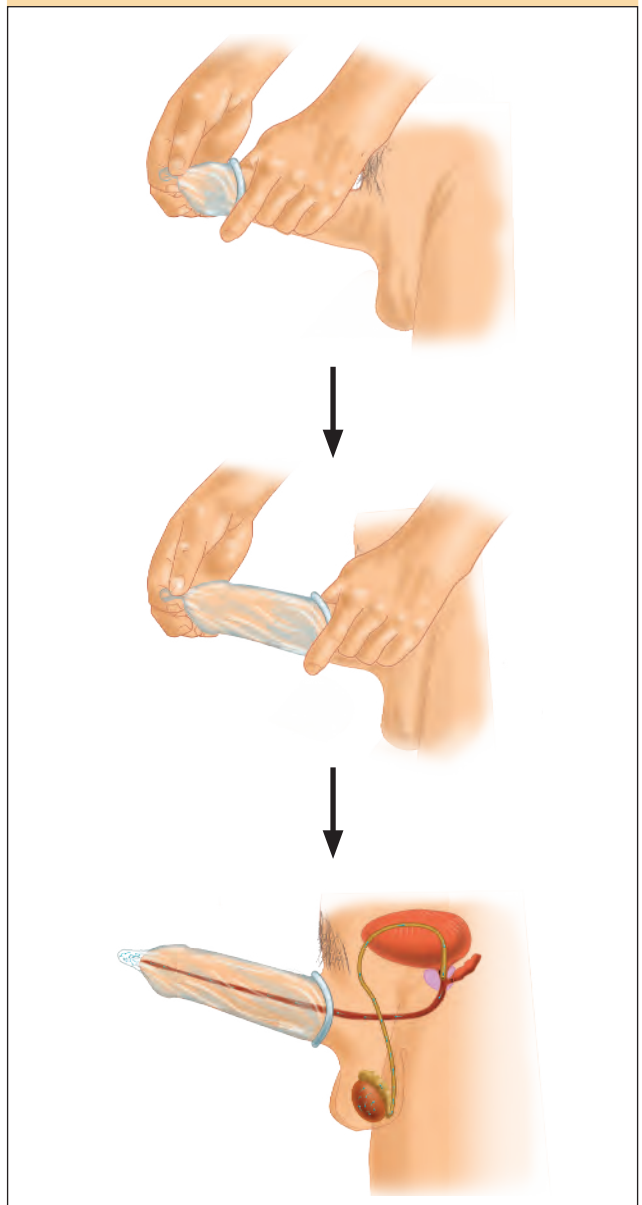
Preservativo externo.

O **preservativo externo** (ou camisinha) é geralmente feito de látex, mas, para pessoas que têm alergia ao látex, há os que são feitos com poliuretano ou poliisopreno.

Esse tipo de preservativo deve ser colocado no pênis ereto, antes da relação. Ao colocar, comprimir com os dedos a pequena bolsa na ponta, para que ela não fique cheia de ar e possa acumular o sêmen na ejaculação. Após a ejaculação, o preservativo deve ser retirado e descartado. O preservativo não deve ser reutilizado.

Colocação de preservativo externo

OSNI DE OLIVEIRA/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Direitos sexuais, direitos reprodutivos e métodos anticoncepcionais**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2009.

Representação do sistema genital masculino em vista lateral (com a ilustração de algumas estruturas internas, na última imagem), mostrando a correta colocação do preservativo externo. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

FOTOS593/SHUTTERSTOCK



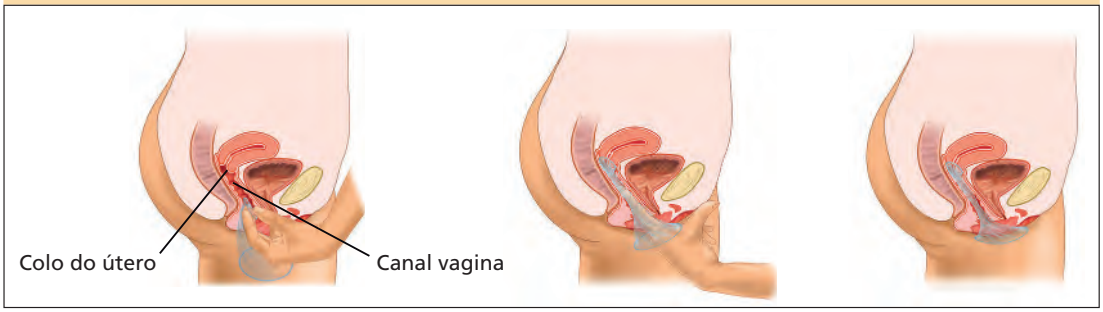
Preservativo interno.

O **preservativo interno** é geralmente feito de polipropileno (menos alergênico que o látex) ou de nitrilo. Ele pode ser inserido até oito horas antes da relação sexual e é seguro para o uso com lubrificantes à base de água ou silicone. Esse preservativo consiste em uma pequena bolsa com um aro na borda e, no lado oposto, outro no fundo cego.

Ele deve ser introduzido na vagina, revestindo-a de modo que o aro da borda fique para fora. Após o ato sexual, deve-se girar o aro externo do preservativo, prendendo o sêmen dentro dele. O preservativo então pode ser retirado e descartado. Ele não deve ser reaproveitado.

Colocação de preservativo interno

OSNI DE OLIVEIRA/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Direitos sexuais, direitos reprodutivos e métodos anticoncepcionais**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2009.

Representação do sistema genital feminino em vista lateral e em corte, mostrando a correta colocação do preservativo interno. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Planejamento familiar

Cada pessoa ou família tem o direito de decidir livremente se quer ou não ter filhos e, em caso positivo, sobre o momento e o número de filhos que deseja ter, o que faz parte do **planejamento familiar**. Esse princípio é aplicável a toda a diversidade de modelos familiares da sociedade atual, o que inclui pais biológicos, pais adotivos, famílias monoparentais (uma única pessoa assume a responsabilidade integral pelos filhos), casais de mesmo gênero e muitos outros.

O planejamento familiar não se restringe apenas à reprodução, mas engloba decisões sobre saúde reprodutiva, contracepção, cuidados pré-natais, apoio parental, entre outros.

A seguir, nosso foco será em alguns dos principais métodos que impedem a gravidez, ou seja, os **métodos anticoncepcionais** ou contraceptivos. Além dos preservativos já mencionados, há diversos outros métodos que impedem a gravidez não planejada, mas eles não evitam a transmissão das IST. Antes de adotar um dos métodos, é fundamental conversar com um profissional da saúde para receber mais orientações a esse respeito, principalmente porque as necessidades e possibilidades variam de acordo com cada caso.

Anticoncepcionais hormonais

Os anticoncepcionais hormonais são medicamentos que contêm hormônios sintéticos semelhantes aos hormônios naturais produzidos pelos ovários – os estrógenos e a progesterona. De forma geral, eles funcionam mantendo os níveis elevados desses hormônios no sangue, o que inibe a secreção do hormônio luteinizante (LH) e do hormônio folículo-estimulante (FSH), impedindo a ovulação. Existem diferentes tipos de anticoncepcional hormonal, incluindo pílulas anticoncepcionais, adesivos, anel vaginal, DIU hormonal, injeções e implantes subcutâneos. Eles são eficientes, mas seu uso deve ser orientado por médicos. Nem todas as pessoas podem utilizá-los, pois há contraindicações e efeitos colaterais.

Anticoncepcional de emergência (AE)

O anticoncepcional de emergência (AE), popularmente chamado de pílula do dia seguinte, contém altas doses de hormônios sexuais femininos e não deve ser utilizado rotineiramente no planejamento da vida sexual. É necessária orientação médica para sua administração, o que deve ocorrer o mais rápido possível

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

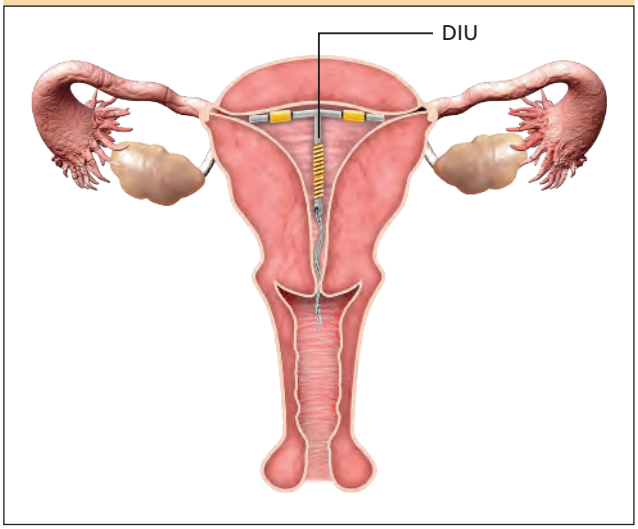
após a relação sexual desprotegida ou em casos de violência sexual, como estupro. De acordo com a Lei n. 11.340/2006, qualquer relação sexual forçada, mesmo que praticada pelo marido ou parceiro, é crime violento.

A eficácia do AE é maior nas primeiras 72 horas, mas pode ser utilizado até cinco dias após a relação. Essa pílula impede ou retarda a ovulação e, caso a ovulação tenha ocorrido, faz com que o muco cervical fique mais espesso, dificultando a chegada do espermatozoide até o ovócito. Contudo, ela não interrompe uma gravidez que já tenha iniciado.

Dispositivo intrauterino

O dispositivo intrauterino (DIU) é colocado no interior do útero por um médico. Ele pode ser de cobre ou conter hormônios, comumente a progesterona. A liberação de íons de cobre ou da progesterona diminui as chances de fecundação. É um método contraceptivo bastante eficiente e pode permanecer no útero por alguns anos sem a necessidade de troca.

DIU



RODRIGO FIGUEIREDO/ARQUIVO DA EDITORA

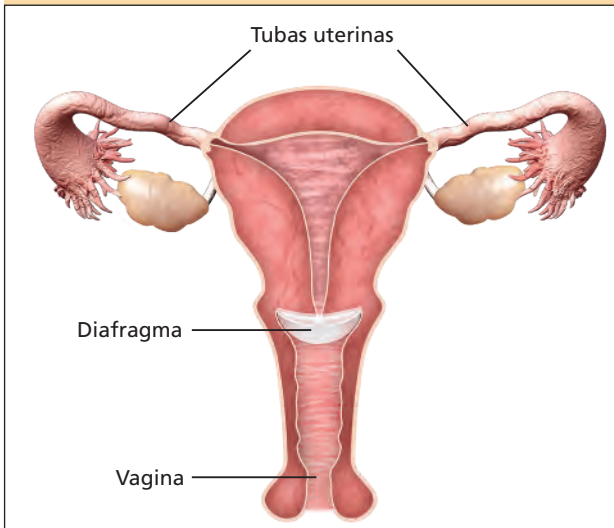
Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Direitos sexuais, direitos reprodutivos e métodos anticoncepcionais**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2008.

Representação esquemática do sistema genital feminino em vista frontal e em corte, mostrando o DIU dentro do útero. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Diafragma

O **diafragma**, uma cúpula de látex ou silicone com um aro elástico na borda, é inserido na vagina antes da relação sexual, bloqueando a passagem dos espermatozoides para o útero. Geralmente é utilizado em concomitância com gel espermicida para aumentar sua eficiência contraceptiva. Deve ser removido algumas horas após a relação sexual. Pode ser reutilizado se mantido em boas condições e se for higienizado adequadamente. Sua indicação deve ser feita por profissionais da saúde.

Diafragma



RODRIGO FIGUEIREDO/ARQUIVO DA EDITORA

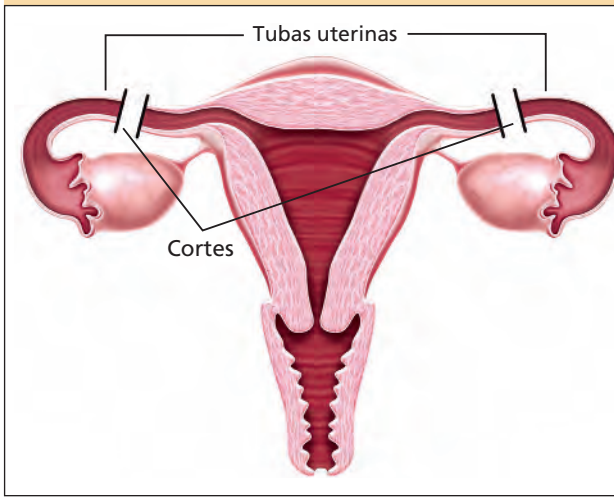
Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Direitos sexuais, direitos reprodutivos e métodos anticoncepcionais**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2008.

Representação esquemática do sistema genital feminino em vista frontal e em corte, mostrando a posição correta do diafragma. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Laqueadura tubária

Laqueadura ou ligadura tubária é um procedimento cirúrgico em que as tubas uterinas são cortadas e fechadas, o que interrompe a passagem do ovócito em direção ao útero. Essa cirurgia é realizada apenas em situações especiais, sob recomendação médica.

Laqueadura tubária



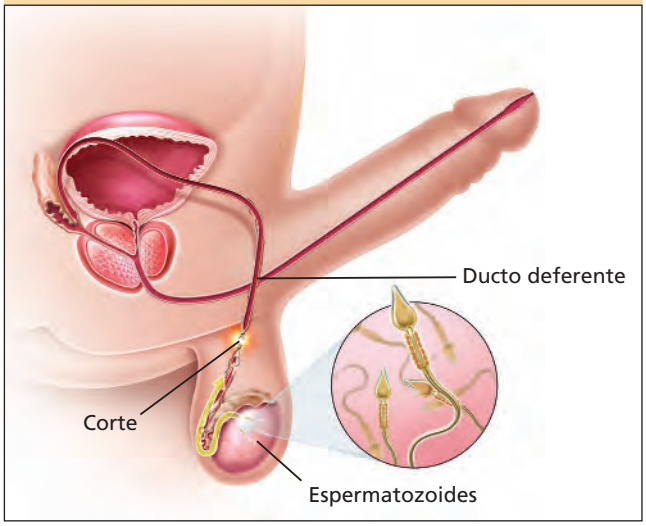
ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Direitos sexuais, direitos reprodutivos e métodos anticoncepcionais**. Brasília DF: Ministério da Saúde, 2008.

Representação esquemática do sistema genital feminino em vista frontal e em corte, mostrando a realização de laqueadura tubária. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Deferentectomia



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Deferentectomia (vasectomia)

Realizada em casos especiais, sob recomendação médica, a deferentectomia ou vasectomia é um procedimento cirúrgico em que os ductos deferentes são cortados e fechados, impedindo a saída dos espermatozoides pelo pênis. Ela não interfere em outras funções do sistema genital masculino nem no desempenho sexual da pessoa.

Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Direitos sexuais, direitos reprodutivos e métodos anticoncepcionais**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2008.

Representação esquemática do sistema genital masculino em vista lateral e mostrando algumas estruturas internas, além do local do corte na deferentectomia (espermatozoides mostrados ampliados no destaque). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

7. Os anticoncepcionais hormonais inibem a produção de FSH e de LH pela hipófise e, por consequência, a ovulação. Qual é o nome do mecanismo homeostático que inibe a secreção dos hormônios hipofisários? Explique como esse processo ocorre.

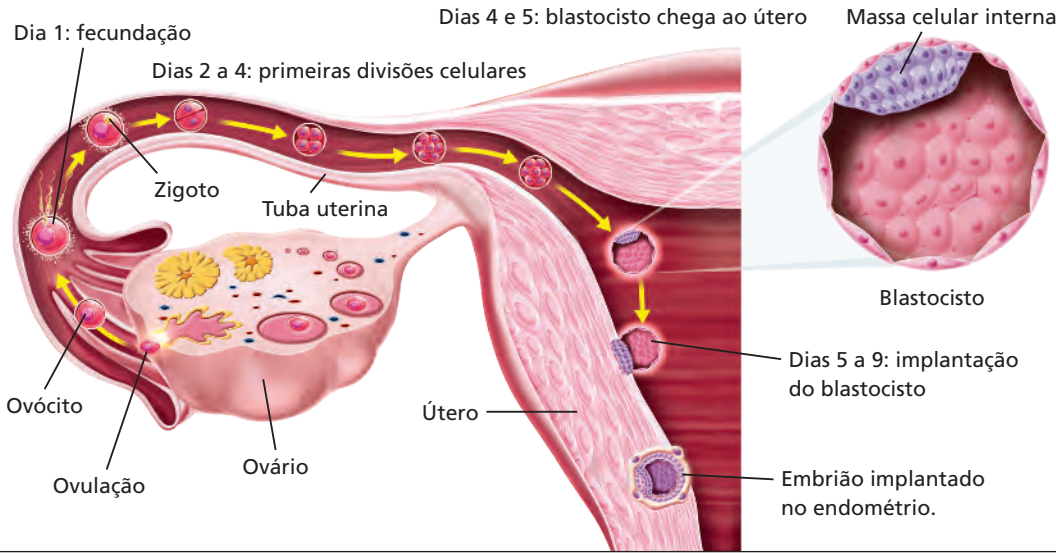
8. O que pode ser feito por um casal para evitar gravidez?

Gravidez e parto

A gravidez começa após a fecundação e dura aproximadamente 40 semanas, contando do primeiro dia do último ciclo menstrual.

Após a fecundação na tuba uterina, o embrião se desenvolve até a fase de blastocisto. É nessa fase que o embrião chega ao útero transportado pelo batimento dos cílios do epitélio interno da tuba uterina. No útero, ocorre a implantação do blastocisto no endométrio, iniciando a formação da placenta e dando continuidade ao desenvolvimento do embrião.

Fecundação, desenvolvimento e implantação do blastocisto



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de vista frontal e em corte de parte do útero, do ovário e da tuba uterina, com o resumo dos eventos iniciais da gravidez. No destaque, representação do blastocisto em vista interna. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A placenta é um órgão que se origina da interação entre a membrana extraembrionária córion e a parede interna do útero, tendo assim origem fetal e materna. Através dela há passagem por difusão de nutrientes e gás oxigênio do corpo da pessoa gestante para o feto e de produtos do metabolismo do feto para a pessoa gestante.

Além da placenta e do córion, diferenciam-se as membranas extraembrionárias alantoide e a vesícula vitelina, muito reduzidas, e o âmnio, bem desenvolvido. O âmnio forma a bolsa amniótica preenchida pelo líquido amniótico, que protege o feto contra choques mecânicos e desidratação.

À medida que o feto se desenvolve, ele se mantém unido à placenta pelo **cordão umbilical**, que contém vasos sanguíneos da pessoa gestante e do feto.

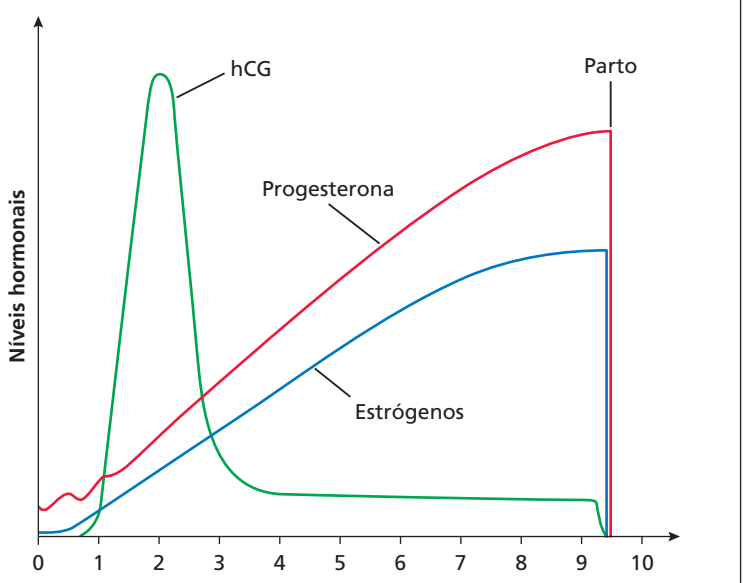
Logo que a placenta se forma, ela passa a secretar o hormônio **gonadotropina coriônica** (hCG), detectável no sangue ou na urina da pessoa gestante, indicando gravidez nos testes clínicos. Sua concentração aumenta muito no início da gravidez. Esse hormônio atua sobre o corpo lúteo impedindo sua degradação e estimulando-o a secretar mais estrógenos e progesterona. Depois, a placenta assume a síntese desses hormônios e a produção de hCG diminui, o que leva à desintegração do corpo lúteo.

Durante a gravidez, estrógenos e progesterona aumentam continuamente. Os estrógenos estimulam o crescimento da musculatura uterina, importante no parto, e a progesterona impede a contração uterina.

A queda acentuada desses hormônios desencadeia o trabalho de parto, influenciado também pela ocitocina, produzida no hipotálamo, armazenada na neuroipófise, de onde é liberada para o sangue, estimulando as contrações uterinas. Após o parto, a ocitocina continua sendo importante durante a amamentação. A sucção do bebê estimula a liberação de ocitocina, que promove a produção de leite, facilitando a amamentação.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Variação hormonal na gravidez



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

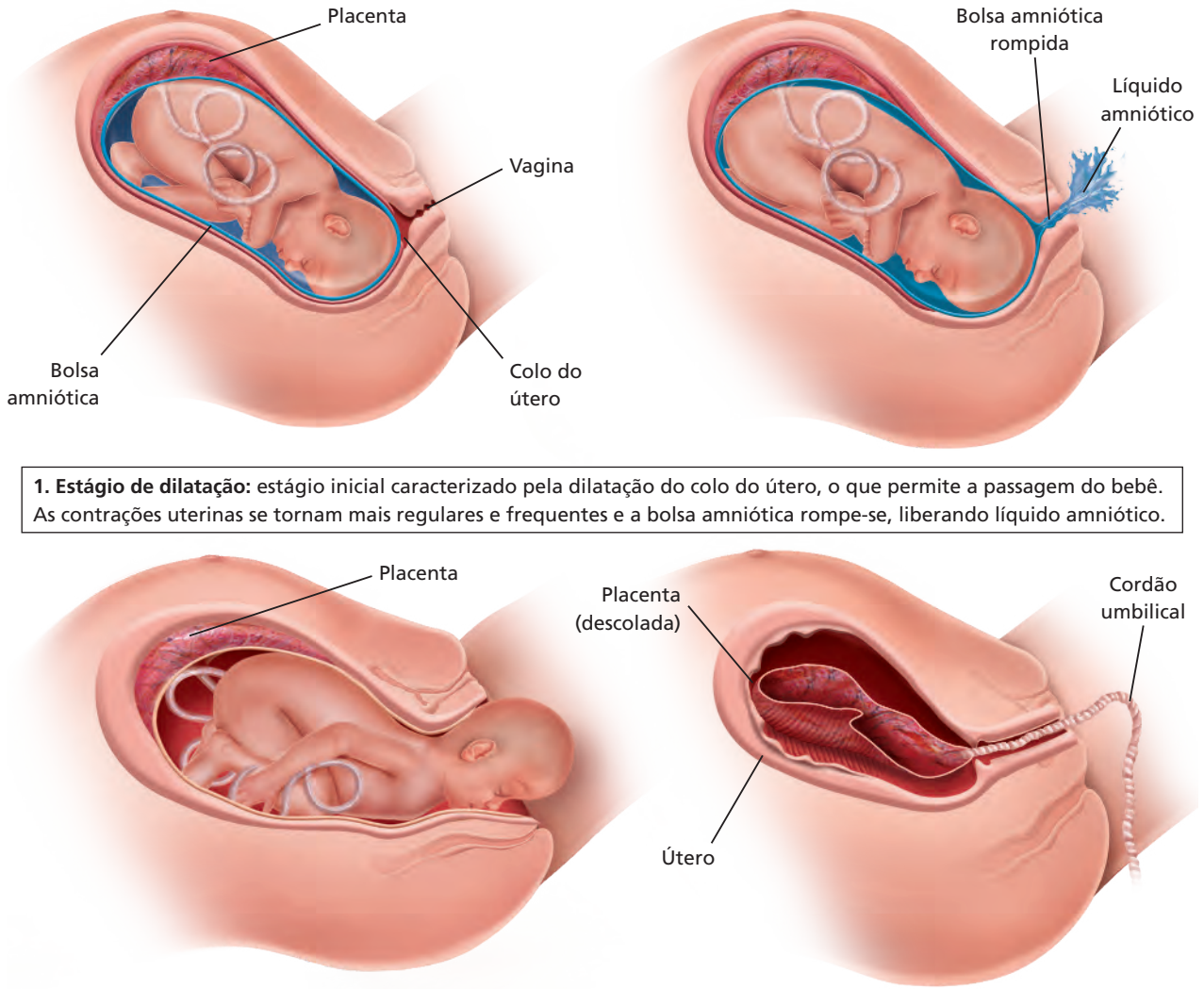
Fonte: WIDMAIER, E. P.; RAFF, H.; STRANG, K. T. **VANDER, SHERMAN & LUCIANO Fisiologia humana:** os mecanismos das funções corporais. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

Gráfico das variações hormonais ao longo da gravidez.

Parto

O **parto natural** (normal ou vaginal) geralmente ocorre em três estágios: dilatação, expulsão e placentário, respectivamente.

Parto natural



1. Estágio de dilatação: estágio inicial caracterizado pela dilatação do colo do útero, o que permite a passagem do bebê. As contrações uterinas se tornam mais regulares e frequentes e a bolsa amniótica rompe-se, liberando líquido amniótico.

2. Estágio de expulsão: inicia-se após o colo do útero estar completamente dilatado; o bebê é empurrado por contrações uterinas para o canal vaginal. A pessoa gestante pode colaborar nesse momento.

3. Estágio placentário: após o nascimento do bebê, há a expulsão da placenta e do cordão umbilical. As contrações uterinas continuam ajudando a liberar a placenta do útero. Uma vez que a placenta é expulsa, o processo de parto é considerado completo e o cordão umbilical pode ser cortado. A cicatriz deixada pelo cordão umbilical no abdômen do bebê corresponde ao umbigo.

Fonte: WIDMAIER, E. P.; RAFF, H.; STRANG, K. T. **VANDER, SHERMAN & LUCIANO Fisiologia humana:** os mecanismos das funções corporais. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

Representação da sequência de eventos em um parto natural. (Imagens sem escala; cores fantasia.)

O parto natural é o mais saudável para o bebê e para quem o gestou, que, por sua vez, se recupera mais rapidamente. No entanto, em casos especiais, como de risco à vida da pessoa gestante ou do bebê, pode ser necessário o parto por **cesariana**, procedimento cirúrgico em que o bebê e a placenta são retirados por meio de incisões no abdômen e no útero, depois fechadas com pontos.

No Brasil, o **parto humanizado** e seguro é um direito e é oferecido nas maternidades do SUS, tanto para parto natural quanto cesariana. Esse modelo coloca a pessoa gestante como protagonista, respeitando suas escolhas e garantindo sua saúde e bem-estar, sem intervenções desnecessárias, com procedimentos fundamentados em evidências científicas. Entre outras garantias, a pessoa gestante tem direito a um acompanhante de sua escolha antes, durante e depois do trabalho de parto, além de cuidados com a amamentação logo após o nascimento do bebê.

Procedimentos invasivos realizados sem necessidade durante o parto são considerados violência obstétrica e devem ser denunciados pelo Disque Direitos Humanos (100), do Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania, ou pelo Disque Saúde (136), do Ministério da Saúde.

ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Registre em seu caderno

EM FOCO Gravidez na adolescência

Forme um grupo com três ou quatro colegas e analisem inicialmente o cartaz a seguir, refletindo a respeito da mensagem que ele transmite. Depois, leiam os dois textos.



MB IMAGES/ISTOCK/GETTY IMAGES, MINISTÉRIO DA SAÚDE/GOVERNO FEDERAL

Reprodução de cartaz de campanha de prevenção à gravidez precoce promovida pelo governo federal em 2022.

Texto 1

A gravidez precoce compromete as oportunidades de desenvolvimento das adolescentes, pois a evasão do sistema educacional gera um obstáculo para a conclusão da educação formal, o que, consequentemente, repercute em desvantagens em relação ao trabalho e à inserção produtiva, bem como as torna vulneráveis a pobreza, violência, criminalidade e exclusão social.

Fonte: MIQUILENA, M. E. Evasão escolar devido à gravidez na adolescência. **CAF Banco de Desenvolvimento da América Latina**, Caracas, 18 jan. 2021. Disponível em: https://www.caf.com/pt/conhecimento/visoes/2021/01/evasao-escolar-devido-a-gravidez-na-adolescencia/. Acesso em: 12 out. 2024.

Texto 2

[...]

Mães adolescentes acabam, por vezes, exercendo menos direitos básicos, como educação, saúde, lazer e trabalho. Quando adultas, enfrentam mais dificuldade para ter um trabalho remunerado e conseguir autonomia.

[...]

Além da ênfase nas mães adolescentes, a oficial de programa para Saúde Reprodutiva e Direitos do UNFPA [Fundo de População das Nações Unidas] no Brasil, Anna Cunha, chamou atenção para a importância da corresponsabilidade masculina. "É necessário trabalhar o empoderamento de meninas e desconstruir masculinidades tóxicas. A corresponsabilidade é importante para desconstruir a mentalidade que coloca os meninos no papel de não ter responsabilidade sobre prevenção ou paternidade. É também papel dos jovens homens se responsabilizar por prevenir uma gravidez não intencional ou uma infecção sexualmente transmissível (IST).

[...]

Fonte: TAXA de gravidez na adolescência no Brasil está acima da média mundial, aponta ONU. **Nações Unidas Brasil**, Brasília, DF, 20 fev. 2020. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/85146-taxa-de-gravidez-na-adolesc%C3%AAncia-no-brasil-est%C3%A1-acima-da-m%C3%A9dia-mundial-aponta-onu. Acesso em: 12 out. 2024.

1. O que pode ser inferido sobre as possíveis consequências sociais da gravidez na adolescência conforme indicado nos textos?
2. Pesquisem mais informações a respeito da gravidez precoce na região onde vocês vivem. Relacionem pontos que gostariam de saber mais e, se possível, entrevistem médicos, assistentes sociais e psicólogos para obter mais esclarecimentos. Conversem com seus pais ou responsáveis. De posse dos dados, em data a ser definida pelo professor, troquem ideias com os demais grupos.
3. Após as discussões das apresentações propostas na atividade anterior, elaborem uma reportagem que vise conscientizar os jovens da comunidade acerca da importância de se evitar a gravidez precoce. Apresentem argumentos consistentes e embasados em dados e conhecimentos científicos, não deixem de analisar questões sociais e evitem estereótipos e preconceitos. Cuidem para que a mensagem não seja direcionada apenas para o público feminino. Procurem também associar a prevenção da gravidez aos métodos anticoncepcionais e destacar a importância dos preservativos na prevenção de IST. A reportagem poderá ser veiculada em forma de vídeo ou *post*, visando à divulgação nas redes sociais da escola ou, caso não seja possível, como um produto gráfico impresso para ser afixado na escola e em outros locais adequados da comunidade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Em relação aos métodos anticoncepcionais, é correto afirmar que: 1. Alternativa **c**.

a. a camisinha masculina tem ação espermicida.
b. a pílula de emergência pode ser utilizada de maneira recorrente, sem riscos à saúde.
c. a pílula anticoncepcional impede a ovulação.
d. o dispositivo intrauterino (DIU) impede a chegada de espermatozoides no útero.
e. o diafragma interrompe a ligação dos ovários com as tubas uterinas.

2. (PUC-GO) A puberdade é caracterizada como sendo uma fase de transformações advindas do período de maturação biológica, marcada pela transição da infância para a fase adulta. Várias mudanças morfológicas e fisiológicas podem ser observadas durante esse período, incluindo alterações hormonais.

Na puberdade masculina, o hormônio luteinizante (LH) influencia diretamente na (marque a única alternativa correta) 2. Alternativa **c**.

a. inibição da produção de espermatozoides.
b. síntese e crescimento de cabelos e barba.
c. produção do hormônio testosterona.
d. aceleração do crescimento.

3. (FAMERP)

Em novembro de 2021, uma mulher grávida que estava indo para a maternidade ficou presa em um engarrafamento causado por um acidente entre dois caminhões. Ela foi levada para o quartel do Corpo de Bombeiros em Niterói, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, e já chegou em trabalho de parto. O bebê acabou nascendo dentro do carro, com a ajuda dos bombeiros.

(https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2021/11/10/gravida-engarrafamento-niteroi.ghtml. Adaptado.)

O parto natural fora do ambiente hospitalar pode acontecer devido a eventos fisiológicos de natureza involuntária. Esse processo ocorre devido à liberação 3. Alternativa **b**.

a. da progesterona, pelo útero, que induz a descamação do endométrio.
b. da ocitocina, pela neuroipófise, que estimula as contrações uterinas.
c. da prolactina, pela tireoide, que provoca o relaxamento do colo uterino.
d. do cortisol, pelas adrenais, que induz a desintegração vascular do útero.
e. da gonadotrofina coriônica, pelos ovários, que estimula a dilatação da vagina.

4. (Enem) Um homem submetido à vasectomia tem a conexão dos testículos com a uretra interrompida em função do corte dos canais deferentes. Esse método contraceptivo é considerado definitivo quando a cirurgia é realizada corretamente.
Esse método contraceptivo é eficiente porque 4. Alternativa **d**.

a. interrompe a liberação de sêmen.
b. cessa a produção de espermatozoides.
c. inibe a atividade hormonal dos testículos.
d. impede a passagem de espermatozoides para o sêmen.
e. modifica a atividade das glândulas produtoras de sêmen.

5. (Enem)

Muitas mulheres sofrem com desconfortos nos dias que antecedem a menstruação, a chamada tensão pré-menstrual. Entre outros sintomas, podem ocorrer alterações de humor. Atualmente, acredita-se que os sintomas são resultado da queda na concentração do neurotransmissor serotonina, que, por sua vez, está relacionado com a diminuição na produção dos hormônios ovarianos estrógeno e progesterona, observada nessa fase do ciclo feminino.

DIMMOCK, P. W. *et al*. Efficacy of Selective Serotonin-Reuptake Inhibitors in Premenstrual Syndrome: a Systematic Review. **The Lancet**, n. 9 236, 2000 (adaptado).

A redução da produção desses hormônios nessa fase está relacionada com o(a) 5. Alternativa **a**.

a. regressão do corpo lúteo ovariano.
b. diminuição na produção de ocitocina.
c. liberação do gameta feminino na ovulação.
d. aumento nos níveis dos hormônios LH e FSH.
e. elevação nos níveis sorológicos de adrenalina.

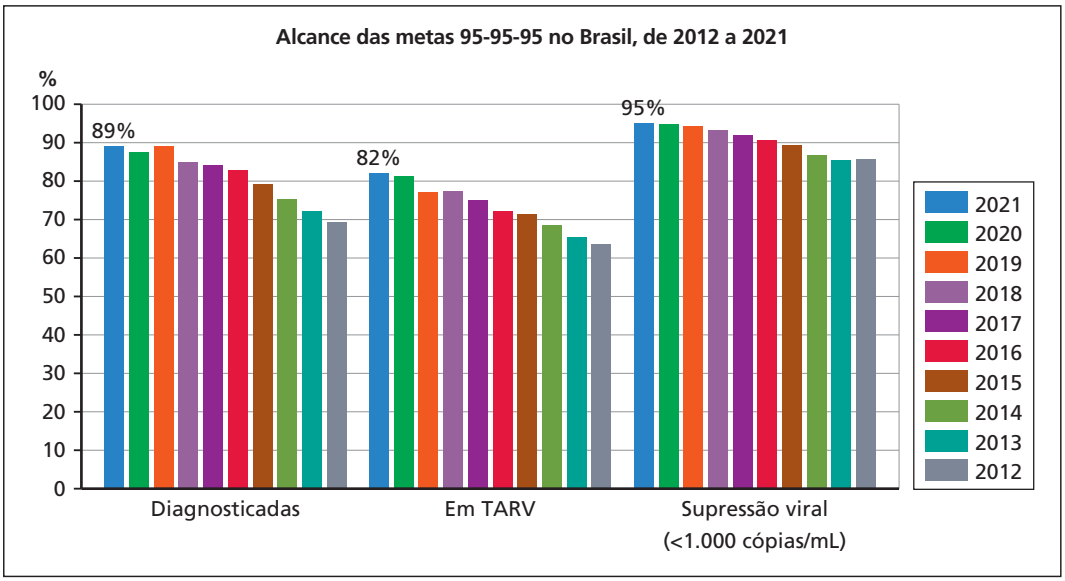
6. Imagine que um atleta de alto rendimento foi flagrado em um teste *antidoping* por uso de esteroides anabolizantes. Quais seriam os possíveis efeitos colaterais, prejudiciais à saúde, que ele poderia enfrentar?

7. Um casal jovem está procurando um método contraceptivo eficaz, mas não quer ou não pode utilizar métodos hormonais. Eles desejam um método que possa ser utilizado no momento da relação sexual e que também previna a transmissão de IST. Considerando a situação desse casal, quais seriam as opções de métodos contraceptivos mais adequadas?

8. Uma das ações do Ministério da Saúde voltadas ao combate à aids está relacionada com as metas 95-95-95 do Programa Conjunto das Nações Unidas sobre o HIV/aids (Unaids), que visa eliminar a epidemia de aids até 2030. A cascata de cuidado com pessoas com HIV vai desde o diagnóstico até a redução dos níveis do vírus por meio do tratamento antirretroviral. O objetivo das metas é que 95% das pessoas infectadas com HIV no país sejam diagnosti-

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

cadas; 95% das pessoas diagnosticadas estejam em terapia antirretroviral (TARV); e 95% das pessoas em terapia tenham carga viral suprimida. Analise o gráfico a seguir, que mostra o *status* do alcance das metas 95-95-95 no Brasil a cada ano, desde 2012 até 2021. Em seguida, responda às questões.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Doenças de Condições Crônicas e Infecções Sexualmente Transmissíveis. **Relatório de monitoramento clínico do HIV**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/aids/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/2022/relatorio-de-monitoramento-clinico-do-hiv-setembro-2022.pdf/view. Acesso em: 12 out. 2024.

a. Com base no gráfico apresentado, comente a evolução dos cuidados contínuos relacionados ao HIV de 2012 até 2021.

b. Segundo o gráfico, em 2021, qual era a situação do país em relação a essas metas?

c. Com base no gráfico, o que teria ocorrido com a aids caso os pesquisadores não tivessem desenvolvido medicamentos antirretrovirais? O que você pode concluir a respeito da importância do investimento no desenvolvimento científico e tecnológico e seus benefícios para a sociedade?

9. Em uma comunidade, há um aumento preocupante no número de casos de infecções sexualmente transmissíveis (IST), principalmente entre adolescentes e jovens adultos. Elabore um *slogan* como forma de abordar essa questão com a comunidade, a fim de colaborar para evitar a propagação das IST e proteger os grupos vulneráveis. Os *slogans* são frases curtas e impactantes que transmitem uma mensagem central de forma clara, criando conexão e empatia com o público.

10. Em uma comunidade escolar circulam diversas informações falsas (*fake news*) sobre métodos contraceptivos, e muitos adolescentes estão sendo influenciados por essas informações enganosas e tomando decisões inadequadas sobre sua saúde reprodutiva. Medidas educativas e de conscientização precisam ser implementadas visando trazer dados confiáveis, pautados na Ciência, para combater a desinformação. Quais propostas você poderia sugerir para resolver essas questões? Elabore argumentos para defender suas ideias.

11. Imagine que uma pessoa, ao nascer, recebeu o nome de João, mas, com o passar dos anos, começou a perceber que não se identificava com sexo masculino, passando a adotar o nome de Ana. Converse com os colegas e respondam: Como vocês acham que essa pessoa deve ser chamada pelos familiares e demais pessoas? Por que acham isso?

12. Forme um grupo com quatro colegas e pesquisem uma notícia relacionada a uma situação de intolerância contra pessoas LGBTQIAPN+. Analisem o ocorrido e discutam o que poderia ter sido feito para evitá-lo. Depois, com a coordenação do professor, formem uma roda de conversa com os demais colegas e troquem ideias e reflexões sobre como condutas discriminatórias podem impactar a juventude LGBTQIAPN+ e o que vocês poderiam fazer para promover na escola um ambiente voltado para a cultura da paz, com respeito e igualdade de direitos para todos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

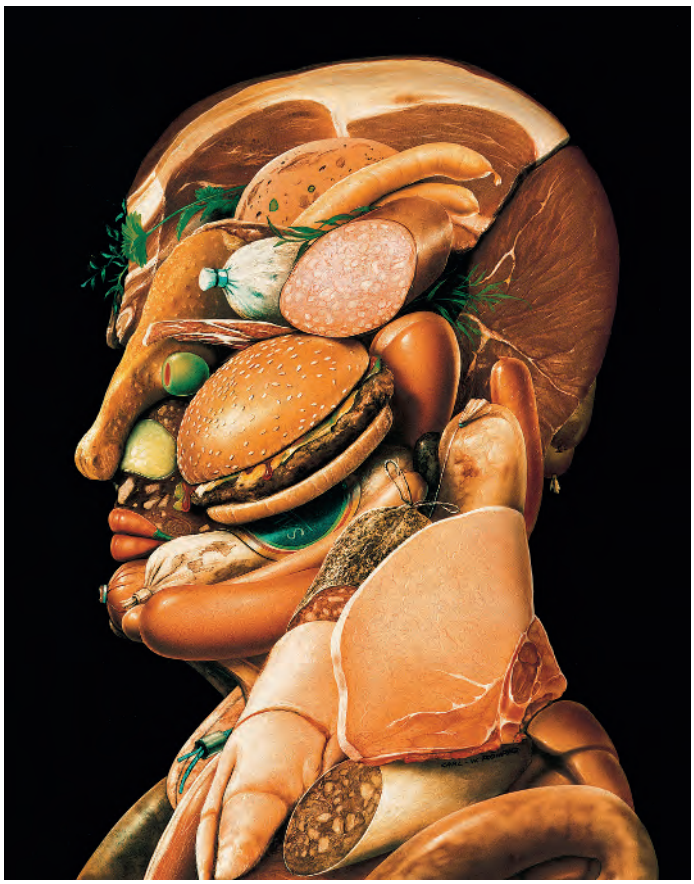
Capítulo 19

Nutrição e saúde

ODS 2

ODS 3

O artista alemão Carl-W. Röhrig (1953-) criou, em 1989, *Der Hamburgermann* ("O homem hambúrguer", pintura de técnica mista sobre papelão, 40 cm × 30 cm), que representa alimentos processados e ultraprocessados comuns na alimentação atual e associados ao desenvolvimento de distúrbios nutricionais.



© RÖHRIG, CARL-W./AUTVIS, BRASIL, 2024
FOTO: AKG-IMAGES/FOTOARENA. LOCALIZAÇÃO: COLEÇÃO PARTICULAR

Durante o desenvolvimento da abertura, fique atento a qualquer tipo de manifestação de preconceito, promovendo o acolhimento, a empatia e o respeito à diversidade.

Fique por dentro

Guia alimentar para a população brasileira

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: 12 out. 2024.

Diante do preocupante quadro nutricional da população mundial, o Ministério da Saúde publicou o *Guia alimentar para a população brasileira*, um documento que compila orientações sobre alimentação saudável e sustentável, levando-se em conta a valorização dos alimentos tradicionais e o desestímulo aos alimentos ultraprocessados.

A **nutrição** é uma área da Ciência que estuda o modo como os alimentos e seus nutrientes se relacionam com a saúde e as doenças. Ela também explora os motivos pelos quais escolhemos alguns alimentos em detrimento de outros, ou seja, a dieta que adotamos e o correspondente balanço nutricional.

A alimentação desequilibrada leva a distúrbios e doenças nutricionais, sendo os mais comuns a obesidade e a desnutrição. O desenvolvimento dessas condições está associado a questões políticas, econômicas, sociais e culturais e não se deve apenas ao indivíduo e suas escolhas. A fome e a desnutrição são problemas decorrentes, entre outros fatores, da insegurança alimentar e nutricional; por isso, um dos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU (ODS2) é justamente erradicar a fome e a má nutrição até 2030. No caso da obesidade, há ainda outros fatores a serem considerados, como a genética e o estilo de vida mais sedentário.

Neste capítulo, vamos analisar o sistema digestório, os tipos de alimento, alimentação e vida saudáveis, desnutrição e obesidade, bem como alguns transtornos alimentares, doenças graves em que questões emocionais estão presentes, como é o caso da bulimia, da anorexia e do transtorno de compulsão alimentar periódica. Soluções milagrosas para dietas têm sido muito divulgadas nas mídias sociais, sendo esse um dos temas que envolve desinformação, importante de ser combatida.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sistema digestório

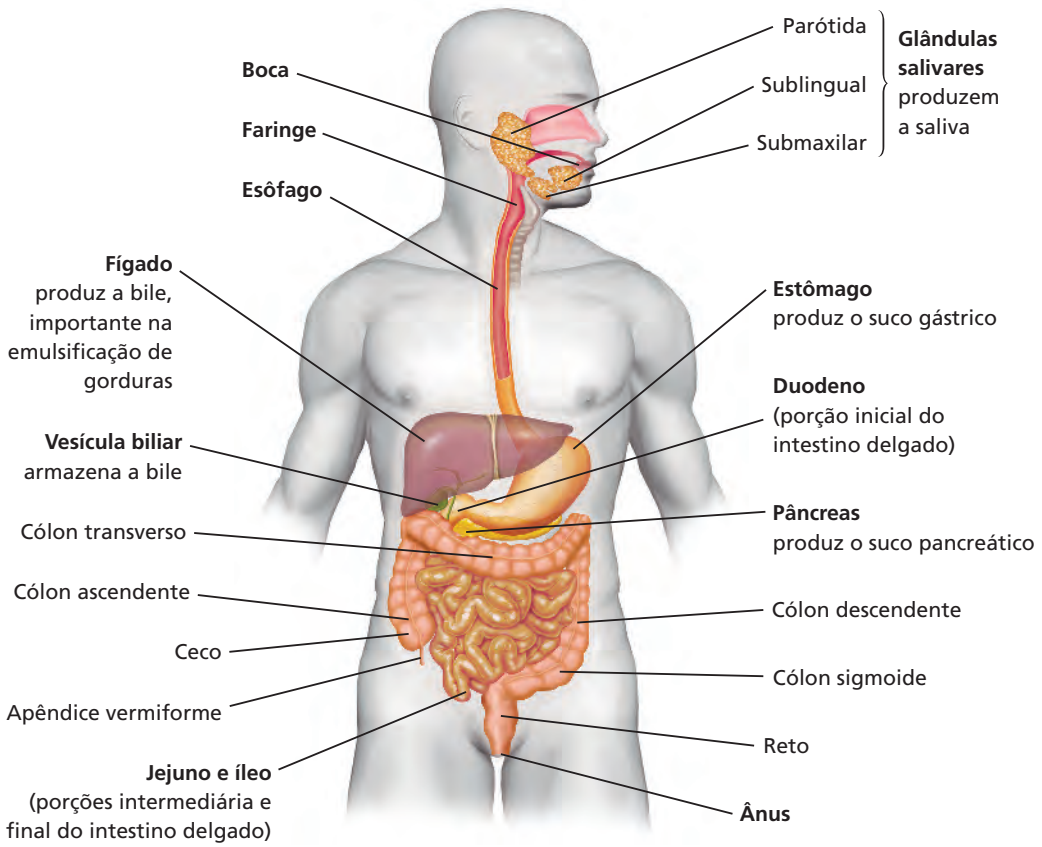
O sistema digestório humano corresponde basicamente a um tubo que se inicia na boca e termina no ânus, ao qual estão associadas glândulas anexas (glândulas salivares, pâncreas e fígado). Nesse trajeto, existem regiões especializadas nas diferentes funções do processo digestivo.

Ao longo do sistema digestório, as substâncias orgânicas ficam submetidas a fenômenos físicos e químicos e as inorgânicas ficam submetidas somente a fenômenos físicos.

Os **fenômenos físicos** compreendem a trituração do alimento em partículas menores pela **mastigação** e sua movimentação ao longo do tubo digestório por meio da **deglutição** e do **peristaltismo**. Além disso, eles facilitam a mistura dos alimentos com os sucos digestivos.

Os **fenômenos químicos** transformam os componentes orgânicos em seus constituintes básicos por meio do rompimento de ligações químicas, processos que envolvem enzimas digestivas.

Anatomia do sistema digestório



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. **Modern Biology**. New York: Holt Rinehart & Winston, 2007.

Representação esquemática do sistema digestório humano. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A digestão na boca

A digestão tem início na boca, onde ocorrem a mastigação e a atuação da enzima digestiva contida na saliva chamada **ptialina** ou **amilase salivar**. Ela age sobre o amido, degradando-o em moléculas menores, como o dissacarídeo maltose. A saliva é produzida pelas glândulas salivares, cujos ductos se abrem no interior da cavidade bucal, onde o pH é aproximadamente 7, nível adequado para a ação da ptialina.

A massa formada pelo alimento mastigado e insalivado é chamada **bolo alimentar**. A língua empurra esse bolo alimentar para a faringe, no processo de deglutição. Por meio de movimentos peristálticos da faringe e do esôfago, o bolo alimentar chega ao estômago.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

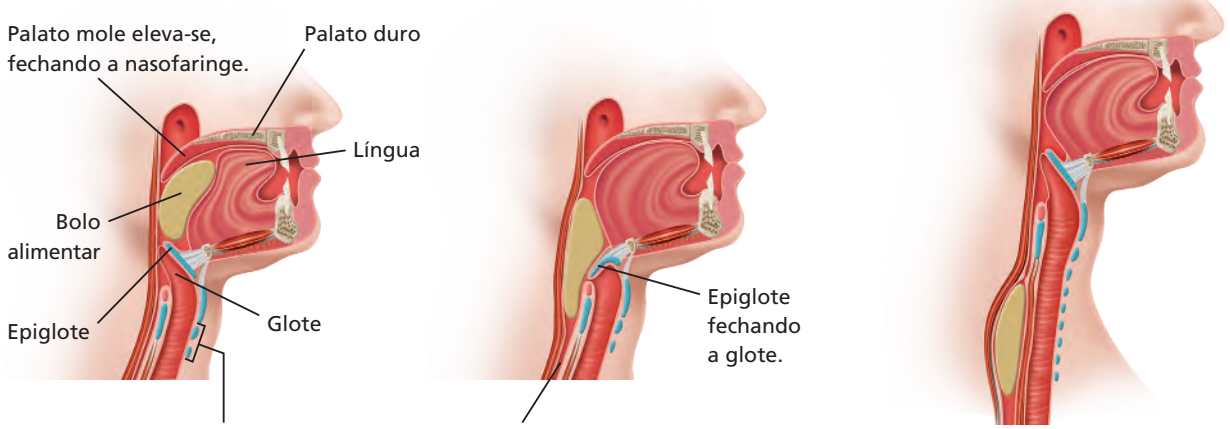
O ato de engolir é complexo e é um ato reflexo disparado quando o bolo alimentar é empurrado pela língua para o fundo da boca, como resumido na figura a seguir.

Deglutição

A À medida que o bolo alimentar é empurrado pela língua para o fundo da boca, o palato mole veda a nasofaringe, disparando o reflexo da deglutição.

B A respiração é inibida à medida que o bolo alimentar passa pela via aérea fechada pela epiglote.

C O alimento passa por movimentos peristálticos para o esôfago, chegando por meio desses movimentos até o estômago.



Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representações em corte da região da cabeça e do pescoço para mostrar o processo de deglutição em **A**, **B** e **C**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Caso ocorra falha nessa passagem para o esôfago e o alimento vá para a laringe e a traqueia, a pessoa se engasga e geralmente a tosse resolve o problema, mas há casos graves em que a pessoa pode até mesmo morrer por asfixia, se não for socorrida a tempo. Por isso, alguns procedimentos de emergência devem ser tomados ao verificar que uma pessoa se encontra seriamente engasgada, como bater nas costas dela com as mãos abertas e, caso não resolva, aplicar a **manobra de Heimlich** explicada no vídeo indicado no boxe "Fique por dentro".

Fique por dentro

Aprenda a fazer a manobra de Heimlich, que pode ajudar quem está engasgado

APRENDA a fazer a Manobra de Heimlich, que pode ajudar quem está engasgado. São Paulo: [*s. n.*], 2021. 1 vídeo (10 min). Publicado pelo canal do Dr. Kalil. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=DmDkdMSHA6g. Acesso em: 12 out. 2024.

Nesse vídeo, profissionais ensinam como fazer a manobra de Heimilich em adultos e em crianças e como fazer a manobra em si mesmo, caso esteja sozinho.

A digestão no estômago

O esôfago atravessa o diafragma e chega ao estômago, onde o alimento é temporariamente armazenado e parte da digestão ocorre. Um anel muscular (**esfíncter da cárdia**) impede o retorno do alimento para o esôfago. Pessoas cujo esfíncter não fecha completamente podem apresentar **refluxo**, quando o suco gástrico volta para o esôfago, causando lesões nesse órgão.

No estômago, a principal enzima digestiva é a **pepsina**, produzida por glândulas da parede estomacal. O suco gástrico, rico em ácido clorídrico ($HC\ell$) produzido por células do estômago, tem pH ácido (em torno de 2), importante para a ação da pepsina, além de matar microrganismos ingeridos na alimentação. A pepsina transforma proteínas em polipeptídeos menores no processo de transformação chamado **quimificação**, em que o bolo alimentar se modifica em **quimo**.

Outras células produzem muco e bicarbonato que protegem a mucosa gástrica da ação digestiva do próprio suco gástrico. Bactérias como a *Helicobacter pylori* podem comprometer essa proteção, levando à gastrite e à úlcera péptica.

Entre o estômago e o intestino delgado, outro anel muscular, o **esfíncter pilórico**, mantém-se fechado durante a digestão gástrica. Após a digestão, o quimo passa para o duodeno empurrado pelos movimentos peristálticos, e o esfíncter se abre. Em seguida, ele se fecha, impedindo o refluxo do quimo para o estômago durante o processo de digestão no duodeno.

A digestão no intestino delgado

A etapa seguinte do processamento alimentar ocorre no intestino delgado, principalmente no duodeno, primeiro trecho do intestino delgado, com cerca de 25 centímetros (cm) de comprimento, onde o fígado e o pâncreas lançam, no duodeno, secreções fundamentais à digestão.

O **fígado**, além de outras funções importantes, produz a **bile**, estocada na **vesícula biliar**. A bile é liberada no duodeno e é composta de resíduos do metabolismo do colesterol, produtos da degradação de hemoglobina (bilirrubina), e de sais biliares. Embora não contenha enzimas digestivas, a bile desempenha função na digestão, emulsionando gorduras, ou seja, separa a gordura em diminutas partículas que ficam suspensas em água, o que facilita a ação de enzimas digestivas.

A parte exócrina do **pâncreas** produz o suco pancreático, liberado no duodeno. Esse suco contém íons hidrogenocarbonato, que neutralizam o pH ácido do quimo recém-chegado (pH sobe para perto de 8), além de diversas enzimas que se somam às produzidas no intestino delgado.

A transformação final do alimento no intestino delgado é chamada **quilificação**, quando o quimo se torna **quilo**. Este contém os produtos da digestão, resíduos não digeridos, água e minerais. Os componentes nutritivos assimiláveis do quilo são absorvidos ao longo de todo o intestino delgado, que inclui, além do duodeno, mais duas regiões: o jejuno e o íleo, respectivamente, as porções intermediária e final.

No processo de digestão, os ácidos nucleicos são digeridos em seus componentes por meio da ação de nucleases produzidas pelo pâncreas e pela mucosa do intestino delgado, principalmente do duodeno.

Resumo das enzimas digestivas

O quadro a seguir resume as principais enzimas digestivas, suas fontes, ação e locais onde atuam.

Enzima	Órgão onde é produzida	Órgão onde atua	Ação
Ptialina ou amilase salivar	Glândulas salivares	Boca	Amido → maltose
Pepsina	Estômago	Estômago	Proteínas → peptídeos
Amilase pancreática	Pâncreas	Intestino delgado	Amido → maltose
Lipase pancreática	Pâncreas	Intestino delgado	Lipídios → ácidos graxos e glicerol
Tripsina	Pâncreas	Intestino delgado	Proteínas → peptídeos
Quimiotripsina	Pâncreas	Intestino delgado	Proteínas → peptídeos
Nuclease	Pâncreas e intestino delgado	Intestino delgado	Ácidos nucleicos → nucleotídeos
Peptidase	Intestino delgado	Intestino delgado	Peptídeos → aminoácidos
Maltase	Intestino delgado	Intestino delgado	Maltose → glicose
Lactase	Intestino delgado	Intestino delgado	Lactose → galactose e glicose
Sacarase	Intestino delgado	Intestino delgado	Sacarose → frutose e glicose

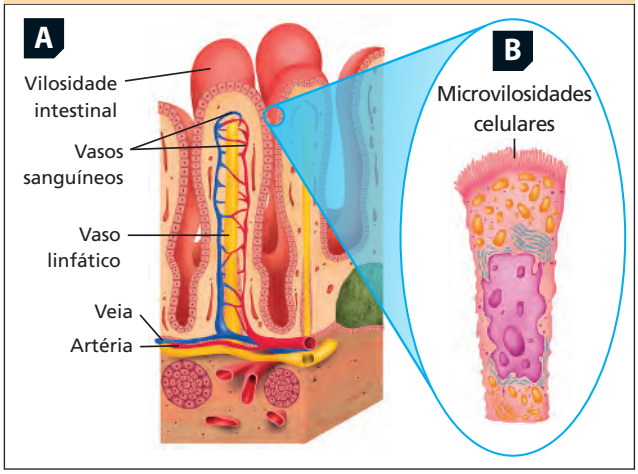
Algumas pessoas não produzem ou produzem em pequenas quantidades lactase na fase adulta, levando a um caso de **intolerância à lactose** que gera diarreia e cólicas, entre outros sintomas. Pessoas com esse quadro não devem ingerir leite e seus derivados que contenham lactose. Por esse motivo, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) estabelece regras para a rotulagem de alimentos com lactose, alertando sobre a presença desse componente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A absorção do alimento no intestino delgado

A absorção dos nutrientes ocorre por meio da mucosa intestinal, e o processo é facilitado pela presença de dobras denominadas **vilosidades**; em escala microscópica, cada célula da mucosa apresenta **microvilosidades** na membrana plasmática voltada para a luz intestinal. As vilosidades e as microvilosidades aumentam a superfície da mucosa, facilitando a absorção.

Vilosidades intestinais e microvilosidades



ALEXANDRE DE SOUZA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Representação esquemática de vilosidades intestinais com os vasos sanguíneos e linfáticos associados **(A)** e, no detalhe, célula da mucosa intestinal com as microvilosidades **(B)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A maioria dos nutrientes absorvidos passa para capilares sanguíneos nas vilosidades e é transportada diretamente para o fígado pela veia porta hepática. Essa rota direta é importante, pois o fígado atua como filtro biológico, degradando fármacos e inativando toxinas antes de elas chegarem às demais partes do corpo pela circulação sanguínea sistêmica.

Além disso, o fígado exerce inúmeras outras funções, como degradação do álcool ingerido; armazenamento de glicose na forma de glicogênio e quebra do glicogênio em glicose quando necessário; participação no metabolismo de gordura; produção de fatores de coagulação do sangue; destruição de microrganismos por meio de células de defesa; síntese de ureia que é eliminada na urina. Cerca de 80% do total do colesterol presente no sangue é produzido pelo fígado, e o restante vem da dieta; o fígado também degrada o colesterol, quando necessário.

No intestino delgado, ocorre também a absorção de água, vitaminas, íons e sais minerais. As vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) requerem lipídios para serem absorvidas, ao passo que as hidrossolúveis (vitaminas C e do complexo B) não dependem de lipídios para sua absorção. Ácidos graxos com mais de 10 carbonos são incorporados em partículas diminutas chamadas quilomícrons nas células intestinais e passam para os capilares linfáticos das vilosidades intestinais. Eles são transportados pelo sistema linfático e liberados na circulação sanguínea.

Doença celíaca

A doença celíaca é uma condição autoimune que provoca inflamação no intestino delgado. O sistema imunitário do indivíduo é ativado pela presença de glúten, um conjunto de proteínas presentes em cereais, como trigo, cevada e centeio. O processo inflamatório compromete a absorção dos nutrientes. Os sintomas variam e podem incluir diarreia, prisão de ventre, perda de massa corporal, anemia, cólicas, desconforto abdominal, entre outros. Não há cura para a doença celíaca. O tratamento mais eficaz é evitar a ingestão de alimentos com glúten, cuja presença deve ser informada nos rótulos dos produtos industrializados.

A digestão no intestino grosso

As células do intestino grosso não produzem enzimas digestivas, mas há nele diversas espécies de bactérias não patogênicas que fazem parte da microbiota intestinal. Essas bactérias têm múltiplas funções, como competir com bactérias patogênicas, o que previne infecções; fermentar fibras vegetais não digeridas pelas enzimas do trato digestório; quebrar carboidratos complexos e proteínas por meio da fermentação, formando ácidos graxos de cadeia curta que são absorvidos; e sintetizar vitaminas, como a vitamina K e algumas do complexo B. A ação de algumas bactérias produz gases intestinais, causando flatulência.

Manter a microbiota intestinal saudável é fundamental para a saúde humana, e uma dieta equilibrada em nutrientes, vitaminas, minerais e rica em fibras desempenha papel central nisso.

A porção inicial do intestino grosso é o **ceco intestinal** pouco desenvolvido. Na junção dele com o intestino delgado, há a **valva ileocecal**, cuja função é impedir o retorno do quilo para o íleo. Associado ao ceco, está o **apêndice vermiforme**, uma pequena bolsa estreita e alongada que não tem função ligada à digestão na espécie humana. Depois do ceco, o intestino grosso é basicamente dividido em **cólon ascendente**, **cólon transverso**, **cólon descendente, cólon sigmoide** e **reto**, terminando no ânus. Nessas regiões, ocorre a absorção de íons, minerais, vitaminas, água e pequenas moléculas orgânicas produzidas pelas bactérias intestinais. As fezes são formadas e conduzidas ao longo do intestino grosso até o reto e são eliminadas pelo ânus.

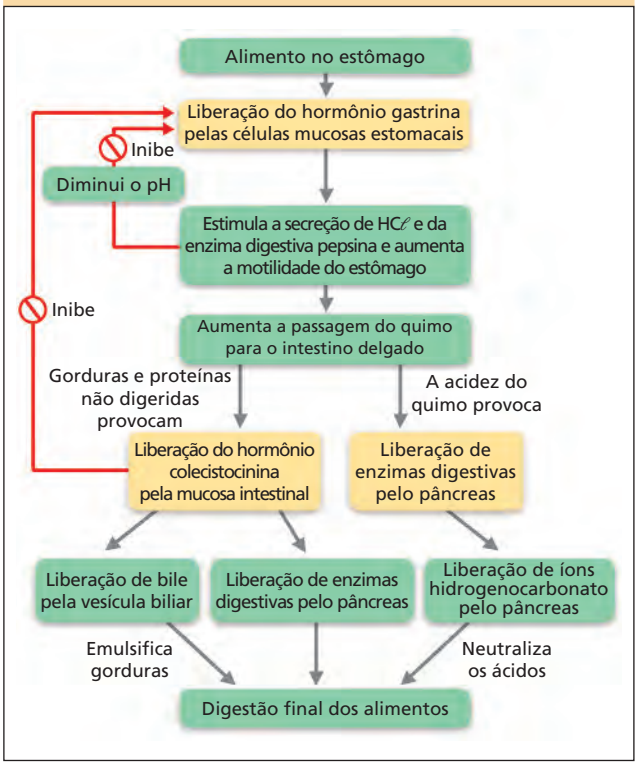
Tanto o intestino delgado quanto o intestino grosso produzem muco, importante para a proteção da parede intestinal.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Controle dos processos digestivos

Os processos digestivos são controlados pelo sistema nervoso autônomo e por hormônios. Um exemplo de controle autônomo é a produção aumentada de saliva quando pensamos em algum alimento saboroso. O controle hormonal, por sua vez, envolve diversos hormônios agindo em determinadas partes e em momentos distintos. A figura a seguir resume a ação de alguns hormônios gastrointestinais, mostrando os pontos onde ocorre a retroalimentação negativa nos processos homeostáticos.

Ação de hormônios na digestão



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PURVES, W. K. *et al*. **Vida**. A ciência da Biologia. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Resumo da ação de alguns hormônios gastrointestinais no processo digestivo.

O controle do apetite

O controle da ingestão de alimento e da massa corporal envolve fatores psicológicos, sociais e fisiológicos. Estímulos sensoriais, como visão, cheiro e gosto da comida, bem como o estresse, também influenciam o apetite.

No aspecto fisiológico, a leptina, produzida pelo tecido adiposo, regula a massa corporal a longo prazo, informando ao hipotálamo sobre as reservas energéticas. A curto prazo, hormônios como a grelina, produzida pelo estômago, estimulam o apetite antes das refeições, enquanto o GLP-1, liberado no duodeno, inibe a fome após a digestão. Novas descobertas sobre esses hormônios têm ampliado as pesquisas no controle da obesidade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre — Registre em seu caderno

1. Diferencie fenômenos físicos de fenômenos químicos da digestão.
2. Indique qual é o local de produção das seguintes enzimas digestivas: ptialina, pepsina, tripsina, lactase e sacarase.
3. Como se estabelece o pH ácido no interior do estômago? Por que o estômago não é ele próprio digerido pelo suco gástrico que contém?
4. Explique a função da bile no processo de digestão e diga onde ela é produzida, armazenada e liberada.

Alimentos

Os alimentos são fontes de **nutrientes**, substâncias necessárias para o bom funcionamento do metabolismo. **Macronutrientes**, representados pelos carboidratos, proteínas e lipídios, são necessários em maiores quantidades, assim como os minerais cálcio, potássio e sódio. Já os **micronutrientes**, como ferro, zinco e vitaminas, são requeridos em menores quantidades. **Fibras**, presentes em alimentos vegetais, não são digeridas, mas ajudam a reduzir a absorção de gordura e a digestão de carboidratos, além de estimular o peristaltismo e diminuir o risco de câncer intestinal.

Glicídios

Os **glicídios** são importantes fontes energéticas. Incluem o açúcar e o amido. Alimentos ricos em glicídios são os doces em geral, tubérculos, grãos, cereais, massas, pães e as frutas. A glicose é armazenada no corpo na forma de glicogênio por meio da glicogênese ou, quando em excesso, na forma de gordura por meio da lipogênese.

Lipídios

Os **lipídios** são moléculas apolares, insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos. Eles incluem gorduras, óleos, esteroides (como colesterol e cortisol) e fosfolipídios.

Gorduras e óleos são compostos de moléculas de triacilglicerol (três cadeias de ácidos graxos, ligadas a uma molécula de glicerol) e são importantes substâncias de reserva de energia.

Os ácidos graxos podem ser **insaturados** (têm uma ou mais ligações duplas na cadeia carbônica), encontrados em peixes e óleos vegetais e com tendência a ser fluidos em temperatura ambiente; ou **saturados** (sem ligações duplas na cadeia carbônica, sendo saturados com hidrogênio), encontrados em carnes vermelhas e laticínios e com tendência a ser sólidos em temperatura ambiente.

O colesterol não é solúvel no sangue, mas é transportado por lipoproteínas solúveis em água: o **HDL-colesterol** (do inglês *High-Density Lipoprotein* ou lipoproteína de alta densidade), que remove o excesso de colesterol dos tecidos corporais, levando-o para o fígado, onde será degradado (o chamado "bom colesterol"), e o **LDL-colesterol** (do inglês *Low-Density Lipoprotein* ou lipoproteína de baixa densidade), que transporta o colesterol para as células (o "mau colesterol"). Em excesso, o LDL contribui para a formação de placas de gordura nos vasos sanguíneos, aumentando os riscos de doenças cardiovasculares.

Há ácidos graxos considerados essenciais pois não são sintetizados pelo corpo, devendo ser obtidos da alimentação. Eles são insaturados e estão representados pelo **ômega-3** (ácido linolênico), encontrado principalmente em peixes, e pelo **ômega-6** (ácido linoleico), encontrado principalmente em óleos vegetais.

Entre as gorduras, há as chamadas **trans** (hidrogenada), raras na natureza, mas produzidas por processos industriais com adição de hidrogênio (hidrogenação), transformando óleos em gordura sólida e com maior prazo de validade. Os rótulos dos alimentos devem informar a presença desse tipo de gordura, cuja ingestão deve ser evitada, pois são prejudiciais à saúde. Elas aumentam os níveis de LDL no sangue e reduzem os níveis de HDL.

Exemplos de alimentos ricos em lipídios são: manteiga, margarina, leite integral, abacate, azeitona, azeite, entre outros óleos.

Proteínas

As **proteínas** são fundamentais na construção de nosso corpo (**proteínas estruturais**), na regulação das reações metabólicas (**enzimas**) e na defesa contra agentes estranhos (**anticorpos**). Proteínas também são usadas para liberar energia, embora não seja a principal função. A carência proteica tem impacto direto no crescimento e na imunidade natural.

Aminoácidos diversos unidos em diferentes quantidades e sequências específicas compõem cada tipo de proteína. Há um total de 20 tipos diferentes de aminoácido empregados na síntese de proteínas. O corpo humano pode sintetizar a maioria deles, mas alguns não podem ser sintetizados pelo corpo e devem ser obtidos da dieta. Por isso, são considerados aminoácidos essenciais e estão representados pela isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina e histidina.

Destinos dos macronutrientes orgânicos após a digestão

Após a digestão, há o que se chama de estado alimentado (ou estado absortivo), quando os nutrientes são absorvidos e armazenados. No período entre refeições, fala-se em estado de jejum (ou estado pós-absortivo), quando o corpo utiliza reservas armazenadas para obter energia.

Analise o quadro a seguir, que apresenta um resumo dos destinos dos macronutrientes orgânicos nesses dois estados do metabolismo.

Destinos dos macronutrientes no metabolismo nos estados alimentado e de jejum

Nutriente	Absorvido como	Metabolismo no estado alimentado	Metabolismo no estado de jejum
Carboidratos	Primariamente glicose; também frutose e galactose	• Utilizados imediatamente para a produção de energia por meio, principalmente, das vias aeróbias (glicólise e ciclo do ácido cítrico). • Utilizados para a síntese de lipoproteína no fígado. • Armazenados como glicogênio no fígado e nos músculos esqueléticos (glicogênese). • Excesso convertido em gordura e armazenado nos adipócitos (lipogênese).	• Quebra de polímeros de glicogênio (glicogenólise) para a síntese de glicose no fígado e nos rins ou para glicose-6-fosfato, utilizada na glicólise.
Gorduras	Ácidos graxos, triacilgliceróis e colesterol	• Primariamente estocados como triacilgliceróis no fígado e no tecido adiposo (lipogênese). • O colesterol é utilizado para a síntese de esteroides ou como componente de membranas. • Os ácidos graxos são utilizados para a síntese de lipoproteínas.	• Quebra de triacilgliceróis em ácidos graxos e glicerol (lipólise). • Os ácidos graxos são utilizados para a síntese de ATP por meio da via aeróbia.
Proteínas	Primariamente aminoácidos mais alguns pequenos peptídeos	• A maioria dos aminoácidos vai para os tecidos para a síntese proteica (destino principal). • Se necessários para a energia, os aminoácidos são convertidos no fígado para a síntese de intermediários da via aeróbia do metabolismo (desaminação). • Excesso convertido em gordura e armazenado nos adipócitos (lipogênese).	• Quebra de proteínas em aminoácidos. • Desaminação de aminoácidos no fígado para a produção de ATP ou utilizados para a síntese de glicose (gliconeogênese).

Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana:** uma abordagem integrada. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Vitaminas

As **vitaminas** são componentes orgânicos não calóricos que agem em pequenas quantidades como coadjuvantes em reações metabólicas, regulando processos químicos fundamentais para o bom funcionamento do organismo. Há doses diárias recomendadas para a ingestão de vitaminas. Há 13 vitaminas importantes, das quais quatro são lipossolúveis (A, D, E e K) e nove são hidrossolúveis (complexo B – B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12 – e vitamina C). As lipossolúveis podem ser estocadas no tecido adiposo e no fígado, o que não ocorre com as hidrossolúveis. No caso das lipossolúveis, se ingeridas em excesso, podem originar hipervitaminoses, com efeitos prejudiciais à saúde. Cada vitamina tem funções específicas. Por exemplo, as vitaminas C e E atuam como antioxidantes, pois previnem lesões celulares que podem contribuir para o envelhecimento e o desenvolvimento de doenças, incluindo alguns tipos de câncer. Além disso, a vitamina C, presente especialmente em frutas cítricas, é importante para a síntese de colágeno; sua carência leva à doença escorbuto, cujos sintomas incluem fadiga, sangramento das gengivas e cicatrização lenta de feridas.

Minerais

Os **minerais** são nutrientes inorgânicos e não fornecem energia, participam como cofatores de enzimas em inúmeras reações do metabolismo e, em alguns casos, da composição de estruturas do corpo, como acontece com cálcio e fosfato que compõem os ossos do esqueleto. Há também minerais que entram na constituição de proteínas, como o ferro da hemoglobina das hemácias e da mioglobina dos miócitos. A falta de ferro na alimentação pode levar a um tipo de anemia chamado ferropriva, pois há redução na síntese de hemoglobina e de hemácias, o que causa palidez, cansaço, falta de apetite e fraqueza. Alguns íons minerais podem ser prejudiciais à saúde se forem ingeridos em quantidade exagerada, como é o caso do sódio, presente no sal de cozinha e em muitos alimentos processados. O potássio também é importante na contração muscular, juntamente com o cálcio, e atua na síntese de glicogênio e de proteínas.

Água

A **água** é essencial na dieta. Além de repor o que é perdido na transpiração, todas as reações químicas do corpo ocorrem em meio aquoso. Essa substância constitui boa parte do nosso corpo, tanto em volume quanto em massa (o percentual fica perto de 60% a 70%, variando bastante por conta da idade, da quantidade de gordura corporal, do sexo, entre outros fatores). A água é o solvente presente no citoplasma de todas as células e veículo transportador das substâncias pelo nosso corpo. Além disso, é um importante componente do mecanismo de resfriamento do corpo, que ocorre essencialmente pela produção e evaporação do suor na superfície da pele.

Tipos de alimento quanto ao processamento

Os alimentos podem ser classificados quanto ao processamento em alimentos frescos ou *in natura*, minimamente processados, processados e ultraprocessados.

- **Alimentos frescos** ou ***in natura*:** são de origem animal ou vegetal e não passam por processamento antes do preparo. Exemplos: ovos, frutas, verduras e legumes.
- **Minimamente processados:** sofrem algum tipo de beneficiamento (secagem, congelamento, moagem, pasteurização, corte e embalagem), mas sem a adição de sal, açúcar, gorduras ou outras substâncias. Exemplos: carnes resfriadas, arroz, feijão, farinhas e leite pasteurizado.
- **Processados:** passam por processos que alteram sua composição nutricional com novos componentes e tratamentos semelhantes aos culinários. Os alimentos processados devem ser consumidos com moderação. Exemplos: produtos em conserva, com adição de sal, vinagre ou açúcar, defumados.
- **Ultraprocessados:** sofrem intensa alteração em sua composição por processos industriais e adição de substâncias com finalidades diversas. Ao ler a composição de um produto alimentício, é fácil reconhecer se ele é ultraprocessado, pois, geralmente, apresenta ingredientes com nomes pouco familiares. É comum a presença de gorduras vegetais hidrogenadas, xarope de frutose, espessantes, emulsificantes, corantes, aromatizantes, realçadores de sabor e outros aditivos. Seu consumo deve ser evitado. Exemplos: bolachas, sorvetes, balas, cereais açucarados e refrigerantes.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre — Registre em seu caderno

5. Qual é a importância das fibras na alimentação e como elas contribuem para a saúde?
6. Qual é a importância de uma alimentação balanceada?

Características de uma dieta nutritiva

A demanda por nutrientes e energia varia conforme critérios como sexo, idade, grau de atividade física e perfil individual. O acompanhamento médico ou nutricional é essencial para a avaliação correta da necessidade de cada pessoa.

A relação entre a quantidade de nutrientes e o conteúdo energético de um alimento é chamada **densidade nutricional**. Refrigerantes, por exemplo, têm baixa densidade nutricional em razão do alto teor de açúcar e da falta de outros nutrientes. Por sua vez, verduras e frutas têm densidade mais alta, fornecendo mais nutrientes por quilocaloria (kcal).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A energia dos alimentos e a demanda energética do nosso corpo são medidas em calorias (cal) ou em joules (J). Uma caloria (1 cal) é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 g de água em 1 °C. A energia de que o corpo precisa é fornecida pelos macronutrientes orgânicos, sendo que carboidratos e proteínas fornecem 4 kcal/g, e as gorduras, 9 kcal/g.

Ao analisar as necessidades de cada pessoa, uma dieta nutritiva precisa ser:

- **adequada** – oferecer quantidades suficientes de quilocalorias, nutrientes essenciais e fibras;
- **moderada** – não ingerir quantidades exageradas de alimentos para as necessidades diárias. A melhor alternativa é dar preferência para alimentos de alta densidade nutricional;
- **balanceada** – conter proporções adequadas dos diversos nutrientes;
- **variada** – diversificar os alimentos consumidos, atendendo assim às demandas de nutrientes e evitando o desenvolvimento de uma deficiência crônica de alguns nutrientes.

WITTHAYA PRASONGSIN/GETTY IMAGES



A família tem papel fundamental na apresentação de alimentos *in natura* e no estabelecimento de hábitos saudáveis nos filhos.

Não só no Brasil, como também no mundo inteiro, a população nos últimos anos piorou seus hábitos alimentares, aumentando muito o consumo de gorduras (sobretudo as de má qualidade), açúcares e alimentos industrializados que contêm sódio acima da quantidade recomendável.

A escolha dos alimentos é fortemente influenciada por uma série de fatores, como custo, conveniência, disponibilidade, familiaridade, sabor e valor nutritivo. Infelizmente, a escolha com base no valor nutritivo não é a mais frequente. As crianças e os adolescentes são mais vulneráveis, atraídos pelas embalagens vistosas, pelos sabores agradáveis e pela praticidade dos alimentos ultraprocessados. Esses aspectos podem potencializar a má alimentação, trazendo prejuízos à saúde, destacando-se a obesidade, a diabetes e a hipertensão.

A falta de fibras e de micronutrientes em razão da carência de frutas, verduras e legumes na dieta acarreta o mau funcionamento de vários órgãos e contribui para a ocorrência de uma série de doenças, afetando o desempenho escolar em crianças e jovens e ocasionando pouca disposição para o trabalho em adultos, por exemplo.

O *Guia alimentar para a população brasileira,* do Ministério da Saúde, traz diversas informações e diretrizes para uma alimentação saudável, recomendando que, ao escolher os alimentos, se dê preferência para aqueles *in natura* ou minimamente processados em vez dos processados e que se evitem os ultraprocessados. Além dos cuidados com a alimentação, a atividade física é fundamental para manter um estilo de vida saudável. Os benefícios do exercício incluem melhora do sono, aumento de massa muscular, equilíbrio e flexibilidade, redução do estresse e manutenção da saúde mental.

Fique por dentro

Efeito da alimentação e exercício na saúde

Comer & exercitar-se. **PhET Interactive Simulations**, Colorado, [20--] Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/eating-and-exercise/latest/eating-and-exercise.html?simulation=eating-and-exercise&locale=pt_BR. Acesso em: 12 out. 2024.

O *site* permite simular o efeito da alimentação e da atividade física na quantidade de gordura e massa corporal ao longo do tempo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

OBJETO DIGITAL Carrossel de imagens: Influências culturais na alimentação brasileira

Registre em seu caderno

EM FOCO Cultura alimentar

ODS 2

No Rio Negro, tradição culinária indígena alimenta estudantes e exporta cultura

[...]

A rica cultura alimentar da floresta perdeu prestígio diante da pressão cultural, midiática e mercadológica para uma dita integração com um suposto mundo civilizado. Esta lógica se impõe desde cedo inclusive nas instituições da rede pública de ensino. O cardápio da merenda escolar dos amazônidas é composto por produtos ultraprocessados, como feijoada enlatada e salsicha congelada. Além da baixa qualidade nutricional e dos altos teores de gordura e sódio, esses alimentos não raro chegam às bases fora das condições adequadas de consumo, vencidos ou estragados.

[...]

Continua

Continuação

Após o reconhecimento como patrimônio cultural do Brasil, em 2010, os povos indígenas buscaram acesso a novas políticas públicas para salvaguardar os costumes e a biodiversidade que caracteriza o Sistema Agrícola Tradicional. [...]

FELIPE ABREU/ACERVO DO FOTÓGRAFO



Costela de tambaqui com farinha de mandioca, rodelas de cubiu e vinagrete de formiga saúva. Exemplo de prato da culinária indígena do Rio Negro (AM).

[...]

Em 2009, o Governo Federal sancionou uma lei que obriga estados e municípios a usarem, pelo menos, 30% do orçamento do Plano Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) para a compra de alimentos produzidos por agricultura familiar, com prioridade para assentamentos da reforma agrária, comunidades indígenas e quilombolas. Nos municípios da bacia do Rio Negro, isso abriu uma oportunidade para estimular a demanda pelos produtos do sistema agrícola tradicional – o que viria acontecer apenas dez anos depois.

[...]

Neste formato, os agricultores têm canal direto com os professores. Pelas manhãs, levam, até as escolas de suas comunidades, a colheita de suas roças ou mesmo o peixe fresco que fora pescado ao nascer do sol do mesmo dia. E recebem um valor justo pelas mercadorias, além da garantia de compra. Mantém-se, assim, a estabilidade da função econômica do PNAE ao produtor, que se beneficia também na perspectiva da logística, uma vez que economiza tempo e dinheiro para transportar os alimentos.

[...]

Fonte: SILVA, L. F.; ABREU, F. No Rio Negro, tradição culinária indígena alimenta estudantes e exporta cultura. **National Geographic**, [*s. l.*], 27 set. 2022. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2022/09/culinaria-fortalece-a-cultura-e-a-economia-dos-povos-indigenas-do-rio-negro. Acesso em: 12 out. 2024.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Quais são os principais desafios enfrentados pela cultura alimentar indígena na região do Rio Negro?
2. Por que os alimentos ultraprocessados são tão comuns na alimentação das pessoas, mesmo sabendo que esse grupo de alimentos deveria ser evitado ou consumido em quantidades baixas?
3. Como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) contribui para a revitalização da cultura alimentar tradicional nas escolas da bacia do Rio Negro? Cite um benefício adicional que esse programa pode trazer para as comunidades locais.



Desnutrição

A desnutrição é um problema de saúde pública causado pela ingestão inadequada de nutrientes. Ela afeta todas as idades e é mais comum em regiões com escassez de alimentos. É considerada uma doença de natureza clínica, social e multifatorial, cujas raízes estão na pobreza e na falta de assistência do poder público. Há a desnutrição primária (por deficiência proteico-calórica) e a secundária (por conta de condições médicas). A desnutrição pode ser aguda (rápida e grave) ou crônica (de longo prazo). O diagnóstico precoce e o tratamento são essenciais para evitar complicações graves para a saúde, incluindo o comprometimento do crescimento e do desenvolvimento, a fraqueza do sistema imunitário, atrasos no desenvolvimento cognitivo e até mesmo a morte.

De acordo com o "Inquérito nacional sobre insegurança alimentar no contexto da pandemia da covid-19 no Brasil (2º VIGISAN)", 58,7% da população brasileira enfrenta algum grau de insegurança alimentar. Desses, 15,5% vivem em situação de fome, sem acesso adequado a alimentos. As maiores porcentagens de insegurança alimentar ocorreram nos estados das regiões Norte e Nordeste, exceto Rondônia, Bahia, Rio Grande do Norte e Paraíba. De acordo com esses dados, em 2022, a fome no Brasil atingiu 33,1 milhões de brasileiros, um aumento de 14 milhões em relação a 2021. A desnutrição infantil é preocupante, sobretudo em populações vulneráveis. Condições precárias levaram ao aumento de anemia, diarreia e desnutrição crônica em crianças. Em 2023, os indígenas Yanomami enfrentaram uma crise sanitária por conta do avanço do garimpo ilegal e da falta de políticas adequadas. Populações quilombolas também enfrentam desvantagens socioeconômicas e agravos nutricionais.

A fome e a desnutrição são problemas muito sérios e, segundo o último relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) publicado em 2022 sobre a situação da segurança alimentar e nutricional no mundo, os

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

números globais de fome subiram para aproximadamente 828 milhões de pessoas em 2021, um aumento de 46 milhões de pessoas em relação a 2020. Mais de 30 milhões de crianças sofrem de desnutrição, com 8 milhões em estado severo.

Além dos problemas sociais e econômicos, essas populações enfrentam conflitos regionais, impactos contínuos da covid-19 e escassez de serviços de saúde e nutrição. Agências da ONU estão envolvidas em um plano de ação global sobre definhamento infantil para prevenir, detectar e tratar a desnutrição aguda em países afetados: Afeganistão, Burkina Faso, Chade, República Democrática do Congo, Etiópia, Haiti, Quênia, Madagascar, Mali, Níger, Nigéria, Somália, Sudão do Sul, Sudão e Iêmen.

MELANIE STETSON FREEMAN/THE CHRISTIAN SCIENCE MONITOR/AP PHOTO/IMAGEPLUS



Criança se alimenta de um sachê de comida terapêutica em Madagascar. A ONU pede ação urgente para salvar vidas em países atingidos pela crise alimentar.

Obesidade

No capítulo 15, ao tratarmos do tecido adiposo, analisamos brevemente a questão da obesidade, doença crônica e multifatorial, considerada uma epidemia de difícil tratamento, envolvendo profissionais de diversas áreas médicas. Pessoas que convivem com a obesidade enfrentam desafios que vão além do controle de massa corporal, caso da discriminação, do preconceito, do *bullying* e da depressão.

A preocupação com a massa corporal e a busca por soluções milagrosas acabam levando as pessoas a acreditarem em recomendações de dietas "milagrosas" divulgadas nas redes sociais, que oferecem riscos à saúde por falta de comprovação científica. É essencial reconhecer e combater essa desinformação.

Transtornos alimentares

Segundo pesquisadores do Grupo de Obesidade e Transtornos Alimentares (Gota), do Instituto de Psiquiatria (Ipub) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), os transtornos alimentares (TA):

> [...] são síndromes psiquiátricas caracterizadas por alterações no comportamento alimentar, preocupação excessiva com o peso e insatisfação com a imagem corporal, impactando a saúde e a qualidade de vida dos indivíduos. Os TA mais estudados são a anorexia nervosa, a bulimia nervosa e o transtorno da compulsão alimentar. [...]
>
> [...]
>
> **Fonte:** MORAES, C. E. F.; MARAVALHAS, R. A.; MOURILHE, C. O papel do nutricionista na avaliação e tratamento dos transtornos alimentares. **Revista Debates in Psychiatry**, São Paulo, v. 9, n. 3, jul.-set. 2019. Disponível em: https://revistardp.org.br/revista/article/view/51. Acesso em: 12 out. 2024.

Na **anorexia nervosa**, a pessoa mesmo magra se enxerga obesa, o que a leva a se recusar a comer, causando danos à saúde. Na **bulimia**, a pessoa ingere grandes quantidades de alimentos seguidas de vários artifícios para evitar a consequência do ganho de massa corporal, como indução de vômito, uso de laxativos e exagero nas atividades físicas. Esses artifícios também podem ser constatados na anorexia nervosa.

As causas desses transtornos são diversas e passam pela pressão social de valorização do corpo magro como ideal de beleza. Além dos profissionais cujo reconhecimento na carreira envolve a redução de massa corporal (modelos, atletas, artistas etc.), os adolescentes fazem parte do grupo de risco. A família precisa observar principalmente as meninas que tentam ocultar o emagrecimento vestindo roupas largas e soltas e usando subterfúgios para evitar estarem presentes nas refeições em casa.

No **transtorno da compulsão alimentar**, as pessoas consomem grande quantidade de alimento em período curto, de forma compulsiva, sem controle, até se sentirem desconfortavelmente saciadas, o que ocorre de forma episódica. Estão ausentes os comportamentos de indução de vômitos, uso de laxantes, diuréticos, exercício excessivo ou jejum, diferindo assim da bulimia. Esse transtorno gera depressão e é mais comum em pessoas obesas.

Em todos esses casos, o tratamento dos pacientes não é simples e pode exigir um trabalho de equipe multidisciplinar, com a participação de psicólogo, psiquiatra e nutricionista, além do apoio da família.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

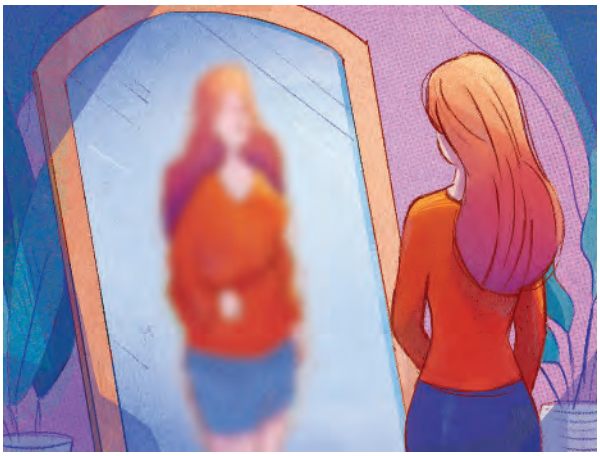
Aplique e registre — Registre em seu caderno

7. De que maneira a insegurança alimentar pode impactar populações específicas do Brasil?
8. Discuta os desafios enfrentados por pessoas com obesidade e os riscos associados à busca por soluções rápidas para perda de massa e medidas corporais.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Quando a aparência vira produto

CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA



Distúrbios de autoimagem são comuns no mundo atual, em especial entre as mulheres.

A busca por um padrão de beleza socialmente construído, muitas vezes considerado um referencial de corpo saudável, faz parte da história humana; entretanto, segundo pesquisadores, as redes sociais estão intensificando essa relação, forçando a busca por um padrão inalcançável. Filtros e outros tipos de manipulação digital, fotos com iluminação e ângulos ideais, além de cirurgias, procedimentos estéticos, maquiagens, cintas modeladoras e horas dedicadas a exercícios físicos levam para o mundo digital corpos que não são reais ou são inacessíveis para a maioria das pessoas.

Considerando as elevadas taxas de uso das redes sociais por jovens e o fato de a adolescência ser uma fase importante de construção de autoimagem, essa população pode sofrer grande impacto por conta das redes sociais. A comparação do corpo real com padrões inalcançáveis gera uma sensação de inadequação, tanto autoimposta como provocada por outros – quando a pessoa sofre algum tipo de preconceito, violência ou *bullying*. Ainda são necessários mais estudos, mas os pesquisadores têm percebido uma correlação positiva entre o excesso de uso de redes sociais e os distúrbios da imagem corporal, os transtornos alimentares (como bulimia e anorexia), a baixa autoestima, a vergonha do corpo e a piora da saúde mental.

Além de interferir na relação dos jovens em seus grupos sociais, a aparência, a autoimagem e a confiança podem afetar sua entrada e permanência no mercado de trabalho. Dessa forma, a obesidade pode ser um fator que afeta homens e mulheres de maneira diferente. O estudo brasileiro "Impacto da obesidade adulta no mercado de trabalho brasileiro: uma análise das diferenças entre homens e mulheres" identificou que a obesidade interfere negativamente na participação no mercado de trabalho e no salário de mulheres; os dados para os homens foram menos conclusivos. Entre as possíveis causas, estaria o fato de parte das mulheres obesas ter menor desempenho em alguns trabalhos e maior número de dias afastadas do trabalho por conta de problemas de saúde e necessidade de se ausentar para o tratamento deles. Outro fator seria a discriminação sofrida por essas mulheres no ambiente de trabalho.

1. ODS 5 Redes sociais têm contribuído para o surgimento de distúrbios de imagem corporal em adolescentes. Discuta com os colegas possíveis ações e atitudes a serem realizadas por escolas, famílias, amigos e pelo próprio adolescente que possam promover a autoaceitação de sua imagem corporal. Discuta como essa pressão social pode divergir entre gêneros. Anote no caderno suas principais ideias.
2. Se você é usuário de redes sociais, já se deparou com anúncios ou recomendações (por *influencers*, por exemplo) de produtos voltados à aparência, como aplicativo de exercício, aplicativo de dieta? Você considera que a quantidade de anúncios é elevada? Já teve vontade de comprar algum desses produtos por impulso? Acredita que esses tipos de anúncio deveriam ser regulados de alguma maneira? Justifique suas respostas.
3. A pressão por uma aparência padrão também está presente no mercado de trabalho, podendo ditar até as roupas, os acessórios ou o tipo de penteado a serem utilizados. Discuta com os colegas se você consideraria mudar seu estilo de roupas e acessórios para procurar um emprego ou se já passou por uma situação como essa. Vocês consideram que essas restrições correspondem a formas de discriminação ou de restrição à liberdade de expressão?
4. Muitas vezes, o corpo magro é considerado sinônimo de corpo saudável, gerando discriminação das pessoas acima do peso. Você considera que sua escola tem infraestrutura adequada a pessoas com diferentes estruturas corporais? Acredita que deveria haver uma legislação específica que criminalize a discriminação de pessoas pela massa corporal e que garanta a existência, em locais públicos, de equipamentos adequados ao tamanho de todas as pessoas? Discuta com os colegas sobre situações de discriminação que vocês vivenciaram ou observaram e sugiram possíveis caminhos para evitar essas situações.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

LUCAS, M. S.; FAVORETTO, C. K.; BONDEZAN, K. L. Impacto da obesidade adulta no mercado de trabalho brasileiro: uma análise das diferenças entre homens e mulheres. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 32, n. 1 (77), p. 225-258, janeiro-abril 2023.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. No sistema digestório, a quimificação e a quilificação ocorrem, respectivamente: 1. Alternativa **b**.

a. na boca e no estômago.

b. no estômago e no intestino delgado.

c. no estômago e no intestino grosso.

d. no intestino delgado e no intestino grosso.

e. no estômago e no fígado.

2. (Unicamp-SP) O Programa Mundial de Alimentos da Organização das Nações Unidas (PMA-ONU) foi agraciado com o prêmio Nobel da Paz em 2020. No Brasil, um dos maiores produtores de alimentos do mundo, quatro em cada 10 famílias não tiveram acesso diário, regular, e permanente à quantidade suficiente de comida em 2017 e 2018. A fome é declarada quando a desnutrição é generalizada e quando as pessoas começam a morrer por falta de alimentos nutritivos e suficientes. A diversidade dos alimentos ingeridos garante nutrientes para o desempenho ideal das funções do organismo.

Fonte: UNITED NATIONS [UN]. World Food Program. *What is famine?* Disponível em https://www.wfp.org/stories/what-is-famine. Acessado em 08/06/2021.

Assinale a alternativa correta sobre os nutrientes e sua importância para a saúde humana. 2. Alternativa **c**.

a. A hidrólise dos carboidratos essenciais fornece aminoácidos para a formação das proteínas, as quais têm função construtora de diferentes tecidos.

b. Os lipídios contêm desoxirriboses e ácidos graxos, constituem as membranas plasmáticas e participam da síntese de colesterol no organismo.

c. Os sais minerais são substâncias inorgânicas essenciais para diversas funções do organismo, como a síntese de glicogênio, de proteínas e de vitaminas.

d. As vitaminas atuam como antioxidantes e são substâncias energéticas cuja composição fornece ao organismo glicídios utilizados na respiração celular.

3. (Enem) Os mais antigos cozinhavam o feijão na panela de ferro a fim de acabar com a palidez de seus filhos. Alguns chegavam até a colocar um prego enferrujado nesse cozimento para liberar o ferro contido nele. Sabe-se que esse elemento pode ser encontrado na sua forma metálica ou iônica, sendo essencial para a manutenção da vida humana.

As estratégias citadas eram utilizadas com o objetivo de: 3. Alternativa **b**.

a. tratar a diarreia.

b. prevenir a anemia.

c. evitar as verminoses.

d. remediar o raquitismo.

e. combater a febre amarela.

4. (Enade)

Desnutrição entre crianças quilombolas

Cerca de três mil meninos e meninas com até 5 anos de idade, que vivem em 60 comunidades quilombolas em 22 Estados brasileiros, foram pesados e medidos. O objetivo era conhecer a situação nutricional dessas crianças. [...]

De acordo com o estudo, 11,6% dos meninos e meninas que vivem nessas comunidades estão mais baixos do que deveriam, considerando-se a sua idade, índice que mede a desnutrição. No Brasil, estima-se uma população de 2 milhões de quilombolas.

A escolaridade materna influencia diretamente o índice de desnutrição. Segundo a pesquisa, 8,8% dos filhos de mães com mais de quatro anos de estudo estão desnutridos. Esse indicador sobe para 13,7% entre as crianças de mães com escolaridade menor que quatro anos. A condição econômica também é determinante. Entre as crianças que vivem em famílias da classe E (57,5% das avaliadas), a desnutrição chega a 15,6%; e cai para 5,6% no grupo que vive na classe D, na qual estão 33,4% do total das pesquisadas.

Os resultados serão incorporados à política de nutrição do País. O Ministério de Desenvolvimento Social prevê ainda um estudo semelhante para as crianças indígenas.

BAVARESCO, Rafael. UNICEF/BRZ. Boletim, ano 3, n. 8, jun. 2007.

O boletim da UNICEF mostra a relação da desnutrição com o nível de escolaridade materna e a condição econômica da família. Para resolver essa grave questão de subnutrição infantil, algumas iniciativas são propostas:

I. distribuição de cestas básicas para as famílias com crianças em risco;

II. programas de educação que atendam a crianças e também a jovens e adultos;

III. hortas comunitárias que ofereçam não só alimentação de qualidade, mas também renda para as famílias.

Das iniciativas propostas, pode-se afirmar que 4. Alternativa **e**.

a. somente I é solução dos problemas a médio e longo prazo.

b. somente II é solução dos problemas a curto prazo.

c. somente III é solução dos problemas a curto prazo.

d. I e II são soluções dos problemas a curto prazo.

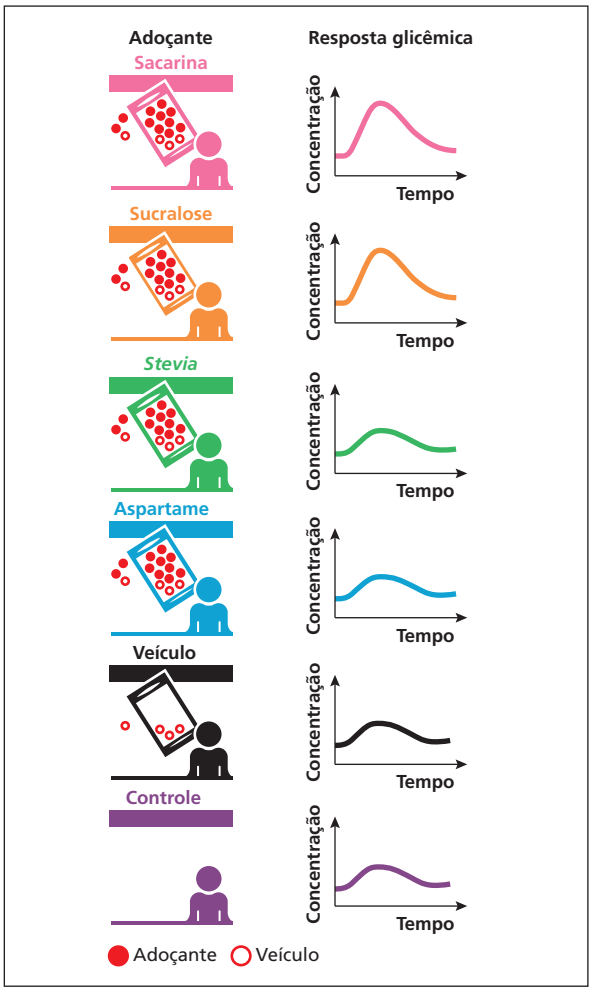
e. II e III são soluções dos problemas a médio e longo prazo.

5. (Unicamp-SP) A resposta glicêmica é a curva da concentração de glicose, em função do tempo, no sangue. Ela é utilizada como uma forma de classificar os alimentos com base no seu potencial de elevar a glicose (açúcar) no sangue. Pesquisadores da Universidade de Johns Hopkins (EUA) testaram os efeitos de quatro adoçantes na resposta glicêmica de indivíduos saudáveis. Cada

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

grupo foi exposto a uma condição, conforme a figura a seguir, acompanhando-se a resposta glicêmica.

Com base nas informações da figura e do texto, pode-se concluir que a preocupação da OMS quanto ao uso de adoçantes não nutritivos: 5. Alternativa **d**.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

a. precisaria ser complementada por um alerta sobre um risco aumentado de diabetes tipo 2, pois os adoçantes provocam o aparecimento de glicose no sangue.

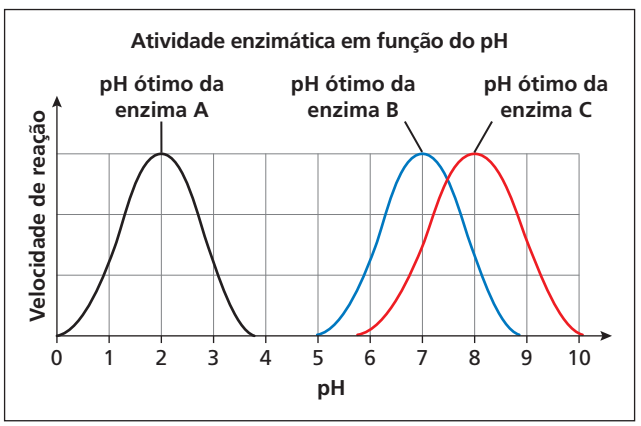
b. não precisaria ser complementada por um alerta sobre um risco aumentado de diabetes tipo 2, pois os adoçantes não provocam o aumento de glicose no sangue.

c. não precisaria ser complementada por um alerta sobre um risco aumentado de diabetes tipo 2, pois apenas dois adoçantes não provocaram o aparecimento de glicose no sangue.

d. precisaria ser complementada por um alerta sobre um risco aumentado de diabetes tipo 2, pois dois adoçantes provocaram um aumento de glicose no sangue.

6. Durante as grandes navegações, nos séculos XV e XVI, marinheiros enfrentavam uma doença que causava sangramentos nas gengivas, fraqueza e, muitas vezes, levava à morte. Em 1747, o médico escocês James Lind (1716-1794) conduziu um experimento com doze marinheiros afetados por essa doença, separando-os em grupos e oferecendo a um dos grupos frutas cítricas frescas. Apenas o grupo que recebeu essas frutas apresentou melhora significativa. A aceitação de que essa dieta poderia curar a doença não foi imediata, mas em 1776, um importante navegador britânico, James Cook (1728-1779), decidiu testar essas ideias em suas expedições, resultando na saúde de sua tripulação. Anos depois, descobriu-se que nessas frutas há uma substância que prevenia a doença. Qual era a doença enfrentada pelos marinheiros e que tipo de substância foi crucial para a prevenção dessa condição?

7. A atividade enzimática depende de alguns fatores, como o pH. Cada enzima tem atividade ideal em torno de um pH ótimo, considerando que fora desse valor a atividade enzimática é reduzida ou totalmente inibida. Sabendo disso, analise os gráficos a seguir, que mostram a velocidade de reações reguladas pela ação de três enzimas digestivas. Identifique cada uma das enzimas, justificando sua resposta.

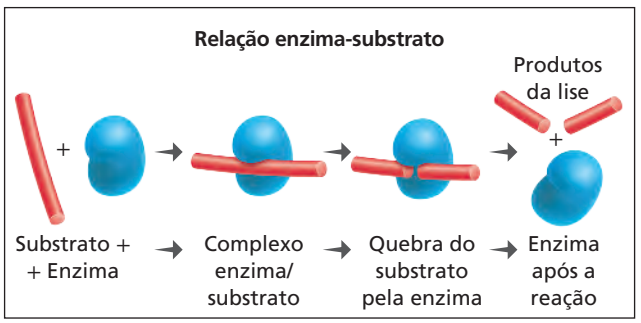


ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fontes: elaborado com base em CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008; PURVES, W. K. *et al*. **Vida**: A ciência da Biologia. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Velocidade de reação de três enzimas em função do pH.

8. O esquema a seguir mostra, de forma simplificada, a ação de enzimas em seus respectivos substratos. Nesses casos, a reação química acelerada pelas enzimas é uma lise, ou seja, uma reação de quebra da molécula.



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Fundamentos da Biologia celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação esquemática da reação enzima e substrato. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Responda:

a. Se o esquema estivesse representando o que acontece na cavidade bucal durante a ingestão de um alimento, quais seriam a(s) enzima(s), o(s) substrato(s) e o(s) produto(s)?

b. Se o esquema estivesse representando o que acontece no estômago após a chegada do alimento, que moléculas estariam presentes no esquema? Sob que condições a enzima estaria ativada?

c. Se o esquema estivesse representando a quebra de uma molécula de gordura em ácidos graxos e glicerol, que região do sistema digestório humano poderia estar representada? Justifique.

9. Analise a imagem do rótulo de determinado alimento.

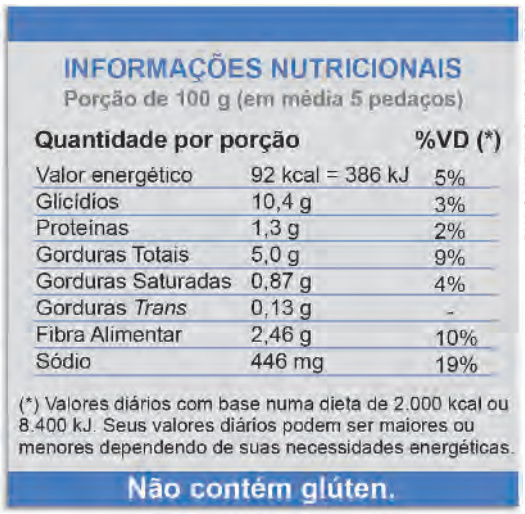
a. Imagine que você vá comer oito pedaços desse alimento e, então, responda:

- quantos gramas de gordura total você estará ingerindo?
- quantas quilocalorias você estará ingerindo?
- qual é a quantidade de sódio que estará ingerindo?

Em seguida, forneça a %VD de cada um desses nutrientes em uma dieta de 2.000 kcal.

b. A quantidade de 1 g de gordura contém 9 kcal, 1 g de glicídio contém 4 kcal e 1 g de proteína contém 4 kcal. Com essas informações, calcule a quantidade em kcal de uma porção de alimento que contenha 22 g de glicídio, 2 g de proteína e 10 g de gordura. Calcule também quanto essa porção de alimento representa em %VD para a necessidade diária em kcal, considerando o valor padrão de 2.000 kcal.

c. Que componentes desse alimento são indesejáveis? Justifique.



INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS

Porção de 100 g (em média 5 pedaços)

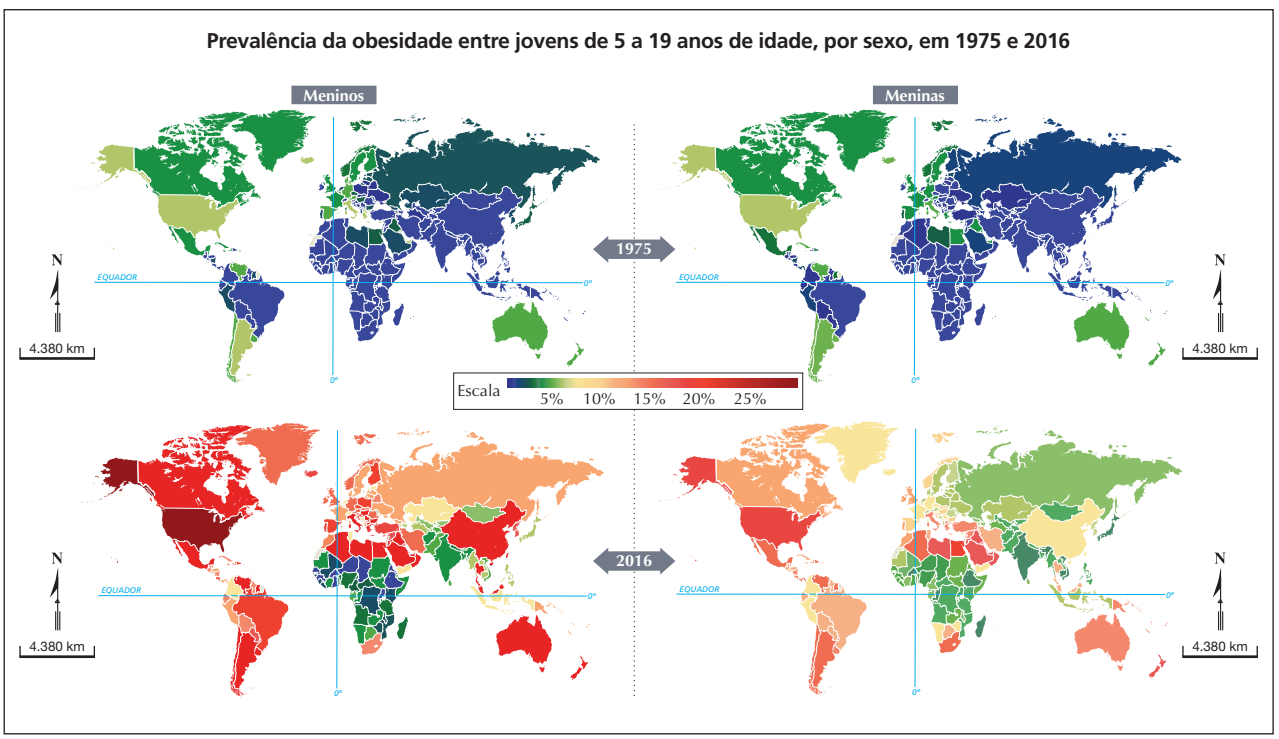
Quantidade por porção		%VD (*)
Valor energético	92 kcal = 386 kJ	5%
Glicídios	10,4 g	3%
Proteínas	1,3 g	2%
Gorduras Totais	5,0 g	9%
Gorduras Saturadas	0,87 g	4%
Gorduras *Trans*	0,13 g	-
Fibra Alimentar	2,46 g	10%
Sódio	446 mg	19%

(*) Valores diários com base numa dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Não contém glúten.

PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

10. Analise o seguinte mapa.



Prevalência da obesidade entre jovens de 5 a 19 anos de idade, por sexo, em 1975 e 2016

Fonte: ABARCA-GÓMEZ, L. *et al.* Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. **The Lancet**, Londres, v. 390, n. 10113, dez. 2017. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29029897/. Acesso em: 12 out. 2024.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Mapa comparativo da prevalência de obesidade entre meninos e meninas de 5 a 19 anos entre 1975 e 2016.

Interprete os componentes presentes na imagem de "O homem hambúrguer" da abertura deste capítulo e responda: Que relação é possível estabelecer entre a escolha dos alimentos pelo artista e o cenário evidenciado pelos mapas?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 20

Sistema imunitário, vacinas e soros



PROSTOCK-STUDIO/SHUTTERSTOCK

Manter a alimentação saudável é um dos fatores que fortalecem as defesas naturais do corpo contra doenças e infecções.

Em capítulos anteriores, analisamos a importância de manter um estilo de vida saudável, como alimentação equilibrada e exercícios regulares e adequados a cada pessoa. Esses aspectos propiciam o bom funcionamento do organismo, cujos sistemas operam de modo integrado, o que inclui o **sistema imunitário** (imunológico ou imune).

Nosso corpo está constantemente em contato com vários tipos de **agentes infecciosos** ou **patógenos**, como vírus e bactérias, que podem causar doenças. Esses agentes estão por toda parte e o contato com eles pode acontecer de diferentes maneiras, como ao tocar em superfícies, respirar o ar e consumir alimentos contaminados. Apesar disso, nem sempre a doença que esses agentes causam se manifesta, pois há mecanismos de defesa que entram em ação, combatendo-os. Esses mecanismos também reconhecem células danificadas ou alteradas, como células cancerosas, e agem para eliminá-las. Essas ações são desempenhadas pelo sistema imunitário, do qual fazem parte os leucócitos do sangue, certas células do tecido conjuntivo, o sistema linfático, a pele e as mucosas.

Neste capítulo, vamos estudar os mecanismos de defesa do corpo e, com base na compreensão deles, discutir a ação de vacinas e soros.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sangue e células de defesa

Caso considere procedente, converse com o professor do componente curricular de Química para trabalhar o conteúdo de misturas e separações, e com o professor do componente curricular de Física para trabalhar o conteúdo de movimento circular e densidade.

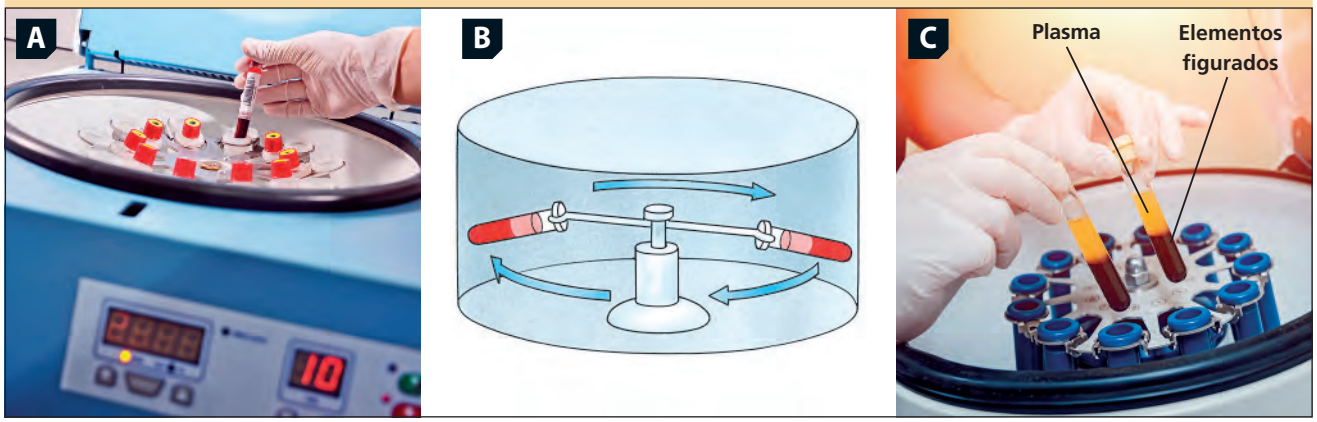
Quando se analisa uma amostra de sangue a olho nu, seu aspecto é de uma solução homogênea, de coloração vermelha. No entanto, quando essa amostra é analisada ao microscópio, nota-se que o sangue é formado por duas partes: uma líquida, o plasma; e uma sólida, os elementos figurados. Estes são formados pelas hemácias (eritrócitos ou glóbulos vermelhos), que nos mamíferos são células anucleadas, pelos leucócitos (glóbulos brancos), que são células nucleadas, e pelas plaquetas (trombócitos), que são pedaços anucleados de células. Assim, em nível microscópico, o sangue é uma mistura heterogênea.

Para separar os componentes de uma mistura líquida heterogênea, pode-se utilizar um processo de **centrifugação**, que separa os componentes por diferenças de densidade. Para isso, amostras devidamente preparadas são colocas ao redor do eixo de rotação de um aparelho chamado centrífuga. Este gira em alta velocidade num movimento circular uniforme, o que estabelece uma força centrífuga, que, ao atuar sobre os componentes da mistura, separa-os por diferenças de densidade. Os mais densos formam uma fração que se sedimenta na parte inferior da amostra e os menos densos ficam na parte superior. A velocidade de rotação pode variar dependendo do material e dos objetivos do estudo e é medida em número de rotações por minuto (rpm).

A centrifugação é muito empregada em diversos processos industriais (fabricação de óleos vegetais, por exemplo), domésticos (máquinas de secar roupa, por exemplo), e em laboratórios de pesquisa.

No caso do estudo do sangue, amostras de sangue devidamente preparadas são colocadas em tubos de ensaio e dispostos na centrífuga que, ao girar, separa a parte sólida (elementos figurados), que se sedimenta na porção inferior, da líquida (o plasma), que forma o sobrenadante na porção superior.

Centrifugação do sangue



Amostras de sangue sendo colocadas em uma centrífuga **(A)**, centrifugando **(B)** e após a centrifugação **(C)**.

FOTOS: (A): EVGENIY KALINOVSKIY/SHUTTERSTOCK; (B): DORLING KINDERSLEY/GETTY IMAGES; (C): ROMAN ZAIETS/SHUTTERSTOCK

O plasma corresponde a cerca de 57% do volume total do sangue. Ele é formado basicamente por água (cerca de 91%), em que se encontram dissolvidas proteínas plasmáticas (cerca de 7%) e outros solutos, como íons, aminoácidos, ácidos graxos, glicerol, glicídios, vitaminas e resíduos nitrogenados.

As hemácias contêm hemoglobina, pigmento vermelho que faz o transporte da maior parte do gás oxigênio e de pequena parte do gás carbônico. Elas são as mais numerosas, variando entre 3,9 milhões e 6,5 milhões de células por mm^3 de sangue.

As plaquetas são pequenos pedaços de células importantes na coagulação do sangue. São as menos numerosas, variando entre 150 mil a 450 mil plaquetas por mm^3 de sangue.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Já os leucócitos são células nucleadas cuja função é a defesa do organismo. São vários os tipos de leucócito e eles podem dar origem a outros tipos celulares de defesa, como resumido a seguir.

	Granulócitos (apresentam grânulos no citoplasma)			Agranulócitos (não apresentam grânulos no citoplasma)	
	Neutrófilos	**Eosinófilos**	**Basófilos**	**Linfócitos**	**Monócitos**
Representação					
Principais funções	Reconhecem e fagocitam elementos estranhos ao organismo. Além de estarem presentes no sangue, migram para tecidos infectados adjacentes.	Pequena capacidade de fagocitose, tendo papel mais importante em doenças alérgicas ou provocadas por vermes parasitas intestinais, quando aumentam em número.	Liberam heparina (anticoagulante) e histamina (substância vasodilatadora liberada em processos alérgicos e inflamatórios).	• linfócitos B: participam da produção de anticorpos migrando para os tecidos e modificando-se em plasmócitos; • linfócitos T (diferenciam-se no timo): atuam em respostas imunitárias célula a célula; • células NK (do inglês *natural killer*, ou "assassinas naturais"): reconhecem e destroem células infectadas por vírus e células tumorais.	Reconhecem e fagocitam elementos estranhos ao organismo. Permanecem pouco tempo no sangue, migrando para os tecidos, onde se diferenciam em macrófagos, que possuem grande capacidade de fagocitose. Nos tecidos conjuntivos, existem macrófagos que são residentes permanentes, e os que são temporários.

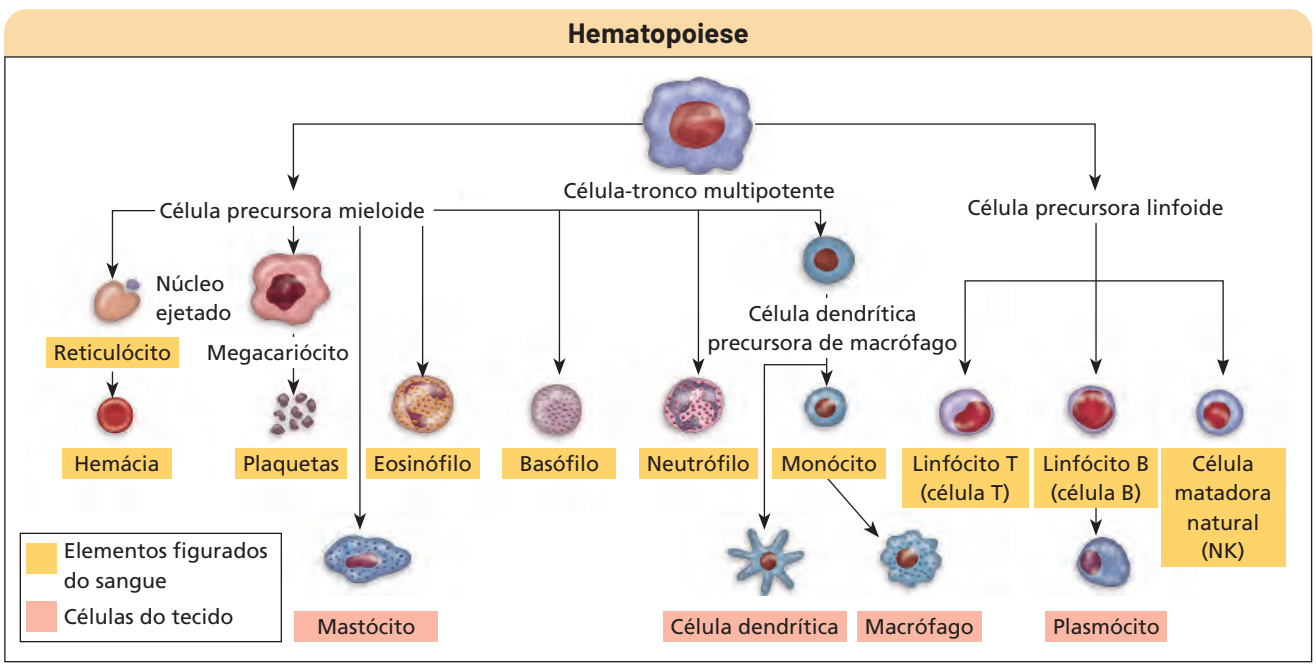
ILUSTRAÇÕES: PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Principais tipos de leucócito. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

No sistema de defesa, além dessas células, há as **células dendríticas** e os **mastócitos**, que se localizam no tecido conjuntivo. As **células dendríticas** estão presentes em vários locais do corpo e têm a capacidade de fagocitar elementos estranhos ao organismo. Os **mastócitos**, assim como os basófilos, são ricos em histamina.

Em adultos, as células do sangue, os mastocitos e as células dendríticas são constantemente produzidos a partir de células-tronco multipotentes presentes na medula óssea vermelha. O processo de formação dessas células é chamado **hematopoiese** (do grego, *hemato* = sangue; *poiese* = formação). Quando se multiplicam, as células-tronco geram células-filhas como elas, que se mantêm multipotentes, e outras que se diferenciam.



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fontes: TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. **Corpo humano**: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. ALBERTS, B. *et al.* **Biologia molecular da célula**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Representação do processo de hematopoiese. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Sistema linfático

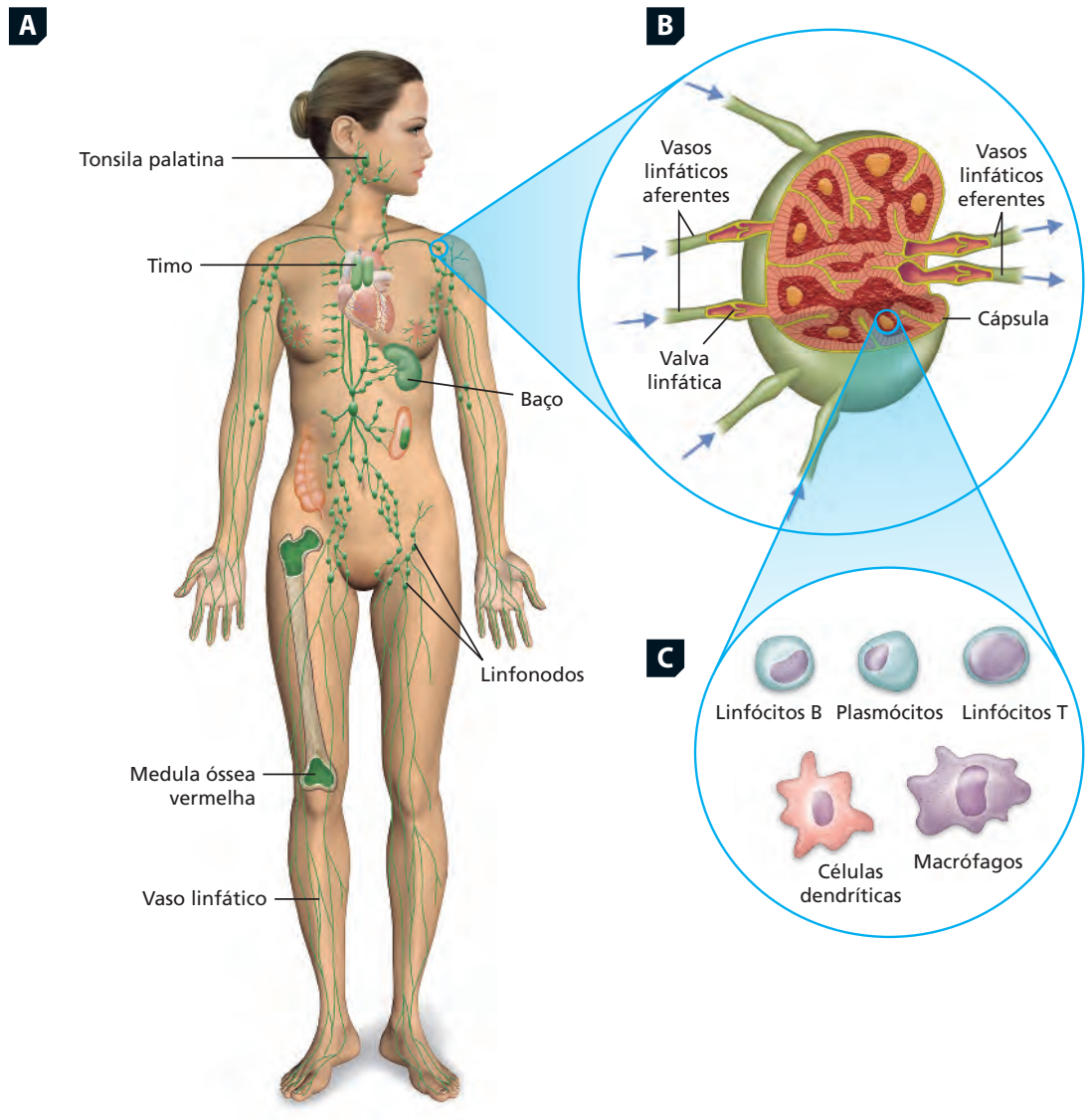
O sistema linfático consiste na linfa, nos vasos linfáticos, nos linfonodos, na **medula óssea vermelha**, no **timo**, no **baço**, e nas **tonsilas** (uma tonsila faríngea ou adenoide, duas tonsilas palatinas e duas tonsilas linguais).

São três as principais funções desse sistema:

- Drenagem do excesso de líquido no corpo;
- Transporte para o sangue de lipídios e vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K) absorvidos no intestino;
- Participação nas respostas imunitárias específicas.

No trajeto desde os capilares linfáticos até chegar à corrente sanguínea, a linfa passa ao menos por um linfonodo, que atua como filtro, removendo partículas estranhas, células mortas, bactérias e outros patógenos da linfa, ajudando a evitar a disseminação de infecções pelo corpo. Em casos de infecção, os linfonodos aumentam de tamanho, sendo muitas vezes palpáveis nas regiões do pescoço, das axilas e da virilha. Esses linfonodos aumentados são popularmente chamados ínguas.

Sistema linfático



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fonte: TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. **Corpo humano**: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

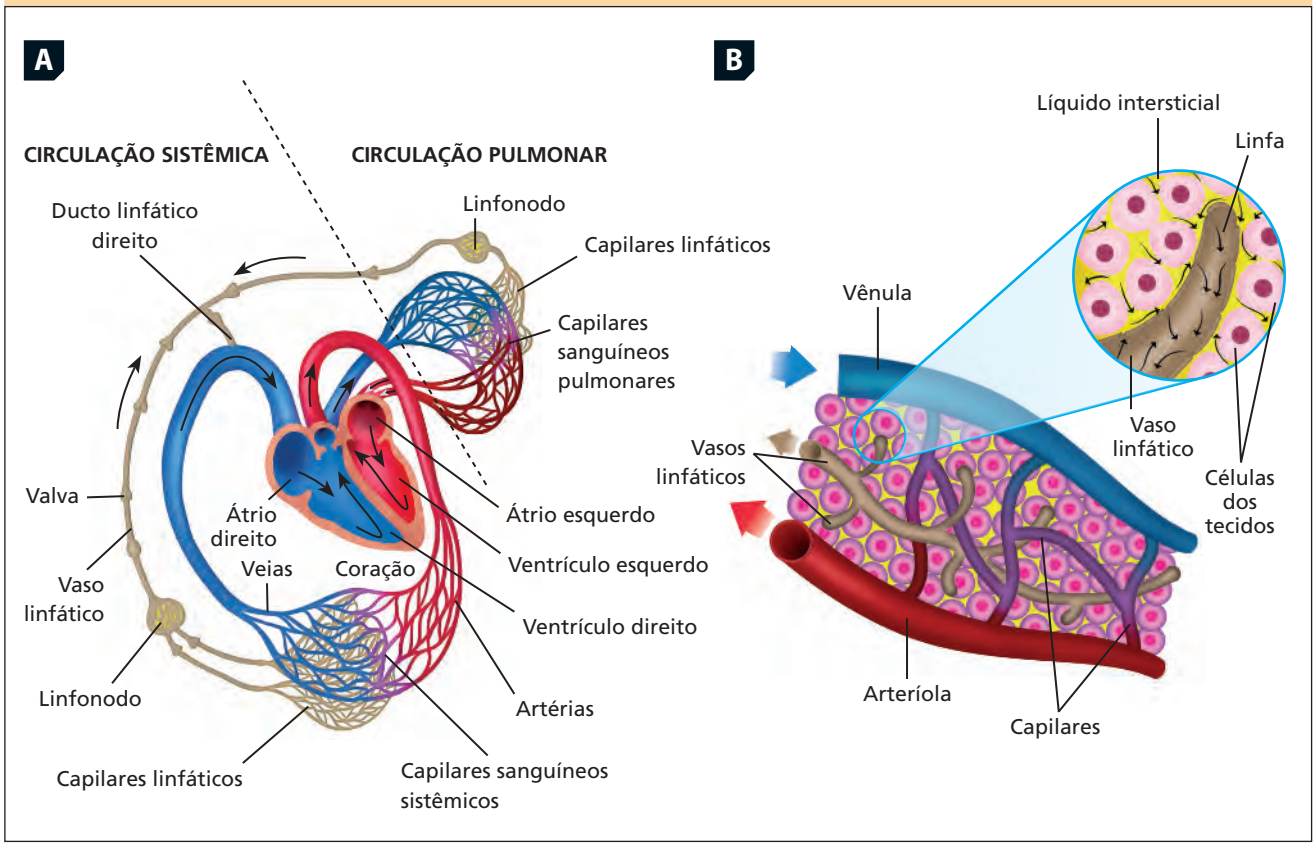
Representação do sistema linfático **(A)**, de um linfonodo com parte removida para visualização de suas estruturas internas; as setas azuis indicam o sentido da linfa **(B)**, e de células presentes nos linfonodos **(C)**. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A linfa se forma a partir do fluido intersticial, que é o líquido existente entre as células dos tecidos. Esse fluido é derivado do plasma que sai dos capilares sanguíneos, sendo formado principalmente por água, nutrientes, oxigênio e outras moléculas pequenas. A maior parte do fluido retorna aos capilares sanguíneos, enquanto o restante é absorvido pelos capilares linfáticos, formando a linfa.

Os capilares linfáticos possuem fundo cego e paredes muito finas formadas por uma camada de células achatadas. Essas células estão organizadas de maneira a deixar pequenos espaços que permitem a entrada de moléculas e partículas maiores, como os quilomícrons que analisamos no capítulo anterior. Os capilares linfáticos se unem formando vasos linfáticos de maior diâmetro, que se reúnem em vasos progressivamente mais largos, chegando aos ductos linfáticos principais. Estes drenam a linfa na circulação venosa, na junção das veias subclávia com a veia jugular, próximo ao coração.

O fluxo da linfa é unidirecional, garantido por valvas presentes nos vasos linfáticos.

Interação entre os sistemas vasculares linfático e sanguíneo



ALEXANDRE DE SOUZA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. **Corpo humano:** fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Representação da relação entre os sistemas vasculares linfático e sanguíneo **(A)** e da relação entre células dos tecidos, líquido intersticial, linfa, capilares linfáticos em fundo cego e vasos sanguíneos **(B)**. As setas indicam o sentido da movimentação dos fluidos. A cor azul representa o sangue venoso; a vermelha, o sangue arterial; a marrom-clara, a linfa; e a amarela, o líquido intersticial. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

O baço atua como filtro biológico de agentes noviços e como um dos locais em que há a remoção e a destruição de hemácias velhas ou danificadas.

As tonsilas ajudam a proteger o corpo contra agentes estranhos ao corpo que são inalados ou ingeridos.

No timo, são produzidos hormônios como a timosina e a timopoietina que atuam na maturação e na diferenciação dos linfócitos T, influenciando o desenvolvimento e a função de outros órgãos linfáticos e células imunitárias em todo o corpo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Associe as células de defesa da **coluna A** com as funções citadas na **coluna B**, de modo a evidenciar corretamente a relação entre elas. I-a; II-d; III-c; IV-b

Coluna A (células de defesa)	Coluna B (funções)
I. Monócito	**a.** Fagocitose e diferenciação em macrófagos nos tecidos
II. Basófilo	**b.** Origina plasmócitos que produzem anticorpos
III. Neutrófilo	**c.** Fagocitose
IV. Linfócito B	**d.** Libera histamina em processos inflamatórios

2. Na avaliação médica da saúde de uma pessoa, um dos exames que se pode pedir é o hemograma, que fornece vários dados do sangue do paciente comparados com valores de referência. Imagine um jovem de 20 anos cujo hemograma apresentou os seguintes resultados:

Leucócitos totais: 16.000/mm³ (valores de referência: 4.000 a 11.000/mm³)
Neutrófilos: 55% (valores de referência: 50% a 70%)
Eosinófilos: 12% (valores de referência: 1% a 4%)
Basófilos: 2% (valores de referência: 0% a 1%)
Monócitos: 4% (valores de referência: 2% a 8%)
Linfócitos totais: 27% (valores de referência: 20% a 40%)
Hemácias: 5,2 milhões/mm³ (valores de referência: 4,5 a 6,5 milhões/mm³)
Plaquetas: 250.000/mm³ (valores de referência: 150.000 a 450.000/mm³)

Explique aos estudantes que os valores de referência podem variar entre os diferentes laboratórios de análises clínicas devido a fatores como métodos e equipamentos utilizados, e populações de referência. No entanto, as variações são geralmente pequenas e os valores indicam intervalos considerados indicativos de condição saudável. Todavia, a análise dos resultados sempre deve ser realizada por profissionais da saúde.

a. Analise os resultados fornecidos e identifique quais foram os dados alterados.

b. Embora possamos interpretar os resultados de um hemograma, é essencial lembrar que apenas médicos podem fornecer um diagnóstico preciso e seguro, levando em consideração o quadro clínico completo e outros exames complementares do paciente. Tendo isso em mente e se restringindo apenas aos dados fornecidos, qual poderia ser a causa mais provável dessas alterações, com base na função dos elementos figurados do sangue? Justifique.

Mecanismos de defesa

Os mecanismos de defesa podem ser classificados em duas categorias: inespecíficos e específicos.

- **Mecanismos de defesa inespecíficos** (**imunidade inata**): a pessoa já nasce com eles. Esse tipo de imunidade propicia uma resposta rápida e inespecífica, ou seja, não diferencia um agente infeccioso de outro. Nesses mecanismos, participam a pele, as mucosas e todas as células de defesa, exceto os linfócitos B e T e os plasmócitos.
- **Mecanismos de defesa específicos** (**imunidade adquirida**): as respostas são mais lentas, porém específicas para o agente causador da infecção, e podem gerar proteção por longo período. Esses agentes causadores funcionam como **antígenos**, ou seja, substâncias estranhas ao corpo e que estimulam a resposta de defesa contra eles; isso é feito por meio da produção de células e de **anticorpos** específicos. Nesses mecanismos participam os linfócitos B e T e os plasmócitos.

A seguir, cada tipo de imunidade será abordado com mais detalhes.

Imunidade inata

A pele e as mucosas formam a **primeira linha de defesa** por serem barreiras quase impenetráveis. A **pele** reveste o exterior do corpo e as **mucosas** revestem cavidades de órgãos como o nariz, a boca, o estômago, os intestinos; e as vias urinárias e genitais.

Além de serem uma barreira física, tanto a pele quanto as mucosas funcionam como uma **barreira química**, pois nelas há a produção de substâncias que agem reduzindo as chances de um microrganismo penetrar o corpo. É o caso, por exemplo, do suor, que, além de deixar a pele com pH entre 3 e 5, dificultando o desenvolvimento de certas bactérias, contém **lisozima**, uma enzima que ataca e destrói a parede celular de bactérias, que acabam morrendo.

Apesar de serem barreiras importantes, os patógenos podem conseguir penetrar o corpo principalmente em locais onde há lesões, mesmo que pequenas, na pele e nas mucosas. Nesse caso, entra em ação a **segunda linha de defesa inespecífica**, que envolve, além de **substâncias antimicrobianas**, as células matadoras naturais (**NK**), as que têm capacidade de fagocitose, genericamente chamadas **fagócitos**, representadas principalmente pelos

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

neutrófilos, monócitos, macrófagos e células dendríticas, e as demais células de defesa que não sejam linfócito B ou T.

As substâncias antimicrobianas são peptídeos e proteínas que agem destruindo diretamente os patógenos ou impedindo sua multiplicação. É o caso dos **interferons**, grupo de proteínas produzido por células infectadas por vírus. Ao serem liberados, estimulam células vizinhas a produzir substâncias que dificultam a infecção viral, limitando a multiplicação do vírus no corpo. Certos tipos de interferons intensificam a atividade dos macrófagos e das células NK, que destroem células infectadas.

As células NK saem dos capilares, mas não realizam fagocitose. Elas liberam proteínas que promovem a ruptura da membrana plasmática das células-alvo, o que as destrói. Agem preferencialmente em células infectadas por vírus e em células cancerosas.

Os fagócitos saem dos capilares sanguíneos para o local da infecção atraídos por substâncias liberadas pelos patógenos e pelas células infectadas ou danificadas; essas substâncias funcionam como alarmes químicos. Os principais fagócitos que agem diretamente nesse combate são os neutrófilos do sangue e os macrófagos presentes no tecido conjuntivo.

As células dendríticas são importantes elos entre os sistemas inato e adquirido. Elas reconhecem, fagocitam e digerem elementos estranhos ao corpo. No processo de digestão sobram resíduos da degradação das proteínas do patógeno. Esses resíduos migram para a superfície das células dendríticas, que, a partir de então, ficam ativadas. Assim ativas, elas migram para os órgãos linfáticos, principalmente para os linfonodos, onde vão estimular os linfócitos T do sistema de defesa adquirido.

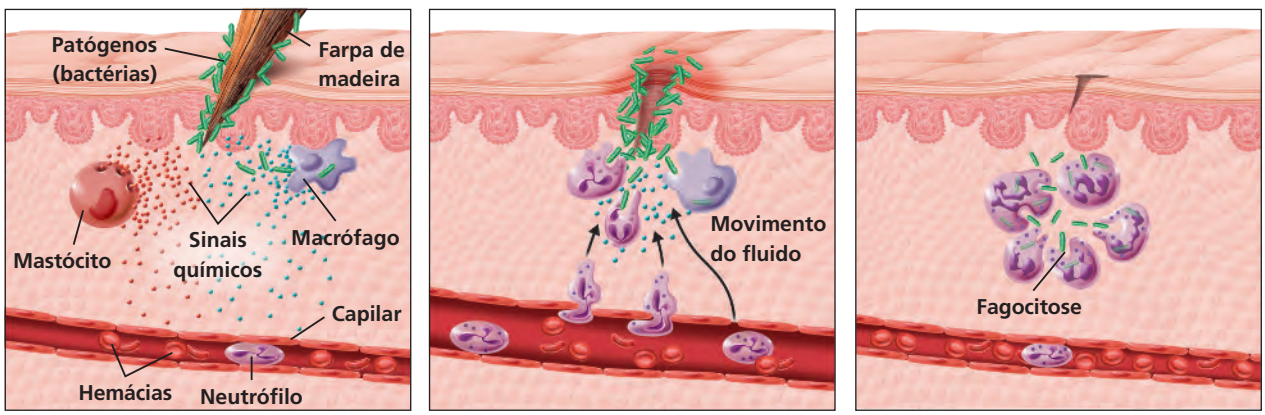
Resposta inflamatória

A resposta inflamatória é um tipo de resposta inata. Ela é complexa e envolve vários tipos de molécula sinalizadora e fagócitos, sendo caracterizada por dor, vermelhidão, calor e inchaço (edema) nos tecidos envolvidos.

Na inflamação local, quando há uma infecção ou machucado – como um corte –, mastócitos, macrófagos e células dos tecidos lesados liberam sinais químicos que promovem a dilatação de vasos sanguíneos. Com isso, há aumento do fluxo de sangue e a região afetada fica avermelhada e mais quente. Esses sinais também promovem aumento da permeabilidade dos vasos sanguíneos, propiciando a saída de leucócitos do seu interior e de plasma, este último causando inchaço. Nesse local, proteínas antimicrobianas do plasma combatem o patógeno, o que estimula a liberação de histamina tanto pelos mastócitos quanto pelos basófilos do sangue, atraindo neutrófilos.

Os neutrófilos chegam em grande número e fagocitam as células-alvo, mas no processo acabam morrendo. Em seguida, monócitos saem do sangue e passam para o tecido conjuntivo, diferenciando-se em macrófagos, que fagocitam os patógenos, as células danificadas dos tecidos e os neutrófilos mortos. Por fim, os macrófagos também morrem e no local pode se formar um conjunto de células mortas e de fluido, que é o **pus**. Em alguns dias, o pus é absorvido e os tecidos regeneram.

Resposta inflamatória local



1. No local da lesão, mastócitos liberam histamina, que promove a vasodilatação dos capilares ao redor. Macrófagos liberam outras moléculas sinalizadoras, que aumentam o fluxo sanguíneo.

2. Capilares dilatados tornam-se mais permeáveis, permitindo a passagem de fluido contendo peptídeos antimicrobianos, que passam para o tecido. Sinais químicos das células imunitárias atraem neutrófilos e, depois, também monócitos, que se diferenciam em macrófagos.

3. Os fagócitos digerem os patógenos e os detritos celulares no local e o tecido se regenera. Em alguns casos, antes da regeneração do tecido, pode ocorrer a formação de pus, que é constituído de fluido e células mortas. O pus é posteriormente absorvido pelo corpo durante o processo de regeneração do tecido.

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Representação dos principais eventos na resposta inflamatória local na pele. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Quando a inflamação é maior, a resposta pode ser generalizada no corpo, sendo chamada **sistêmica**. Nesses casos, as células lesionadas produzem substâncias químicas que chegam pelo sangue até a medula óssea vermelha, onde estimulam a liberação de grande número de leucócitos para a corrente sanguínea.

Um exemplo de resposta inflamatória sistêmica é a **febre**, em que há aumento da temperatura corporal em função da presença de substâncias genericamente chamadas **pirogênios** (do grego, *pyro* = fogo). Essas substâncias são produzidas principalmente pelos macrófagos, no processo de degradação de um patógeno, passando para o sangue. Ao chegarem ao hipotálamo, induzem a produção de **prostaglandina**, que altera o termostato corporal, elevando a temperatura.

A elevação da temperatura intensifica a fagocitose e os efeitos dos interferons, além de acelerar processos de regeneração das áreas lesadas do corpo. Temperaturas altas, no entanto, podem causar **desnaturação proteica**, processo em que proteínas perdem a forma e a função, com danos ao corpo. Assim, apesar de o aumento de temperatura ser uma forma de defesa do corpo, ele não pode ser excessivo nem durar muito tempo. Por isso é importante procurar orientação médica aos primeiros sinais de febre, pois só esses profissionais podem avaliar o melhor procedimento a seguir.

Imunidade adquirida

A imunidade adquirida diferencia-se da inata por dois fatores básicos: a **especificidade** e a **memória**. Em função dessas características são desenvolvidas as vacinas, que abordaremos mais adiante. A especificidade refere-se à capacidade que o sistema imunitário tem de reconhecer e eliminar um antígeno, e a memória refere-se à capacidade de reconhecer o mesmo antígeno e reagir caso o organismo seja exposto a ele novamente.

As respostas específicas

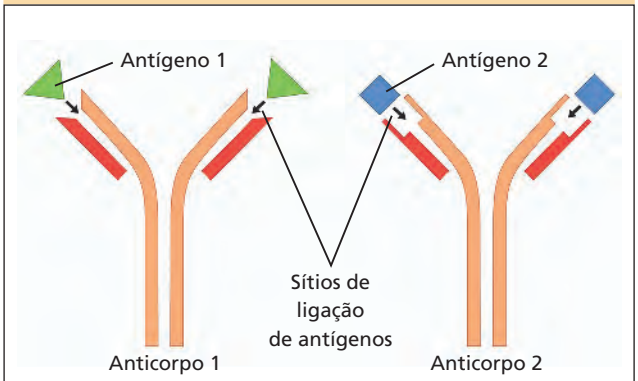
As células dendríticas ativadas chegam aos linfonodos e apresentam o antígeno aos linfócitos T, ativando-os, para combater o antígeno específico. Por isso, as chamamos de **apresentadoras de antígenos**, papel também desempenhado por macrófagos.

Muitos desses linfócitos T ativados passam da linfa para o sangue, indo agir no local da infecção, sendo chamados **linfócitos T citotóxicos**, pois eles se unem às células infectadas e as destroem, mas não realizam a fagocitose. Eles também têm a capacidade de reconhecer células tumorais e destruí-las antes que formem um tumor maligno. Além disso, os linfócitos T citotóxicos são importantes na rejeição de órgãos transplantados.

Outros linfócitos T que também tenham sido apresentados aos antígenos permanecem nos linfonodos e recebem o nome de **linfócitos T auxiliares**. Esse nome se deve ao fato de participarem da ativação de linfócitos T citotóxicos e de linfócitos B. Estes também podem ser ativados diretamente pelos antígenos. Os linfócitos B ativados modificam-se em plasmócitos, que vão produzir e liberar **anticorpos**. Ao reagir contra o antígeno, o anticorpo o torna inativo ou mais fácil de ser fagocitado.

Anticorpos ou imunoglobulinas são moléculas proteicas cujos sítios de reconhecimento e de ligação compõem encaixes específicos para o antígeno contra o qual a molécula foi produzida. Ao longo da vida, o corpo humano é capaz de produzir anticorpos diferentes em resposta aos antígenos com os quais entra em contato.

Anticorpos



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Representação de dois anticorpos mostrando que cada um deles reage especificamente com um antígeno. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Dessa forma, na primeira exposição a um antígeno específico, tanto linfócitos B quanto T dividem-se, formando clones como resposta a ele. Uma parte dos clones entra em ação na defesa imunitária, enquanto a outra fica armazenada no corpo como **células de memória** imunológica. Assim, se o mesmo antígeno penetrar o corpo novamente, linfócitos T e B já estarão prontos para agir contra ele e entrarão rapidamente em ação. Isso explica por que a resposta imunológica é mais rápida na segunda exposição ao mesmo antígeno. A memória imunológica pode durar meses ou anos.

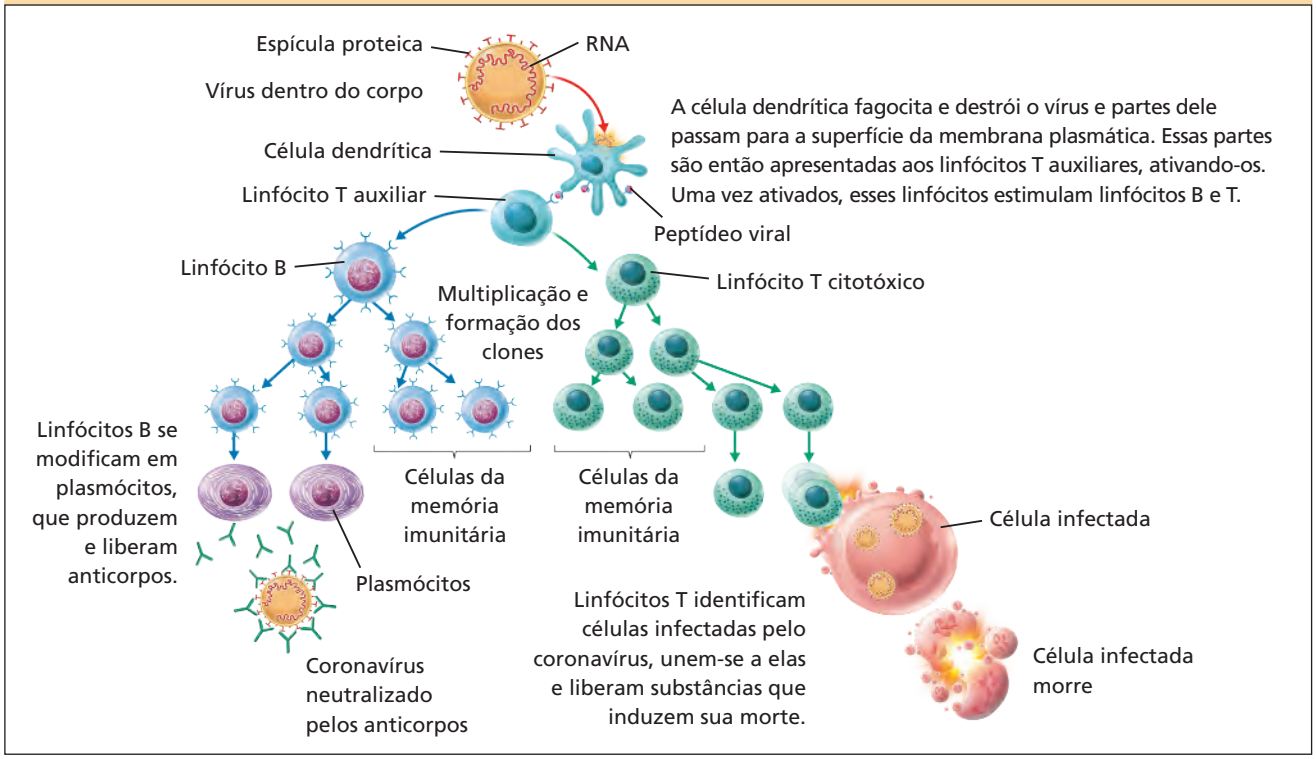
Esses mecanismos descritos são agrupados em dois tipos de respostas imunitárias adquiridas: a **humoral** (mediada por anticorpos) e a **celular** (mediada por linfócitos T). A figura a seguir resume a resposta imunitária contra o vírus SARS-CoV-2, causador da covid-19, e como a memória imunológica se forma. A covid-19 atingiu, entre

PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2020 e 2023, um estágio **pandêmico** desafiador para a humanidade, que foi vencido graças ao desenvolvimento de vacinas. A principal proteína do envoltório viral é a **proteína S** (do inglês, *Spike protein*) que participa do processo de entrada do vírus na célula e do desencadeamento das respostas imunitárias.

Pandêmico: referente a pandemia, que se caracteriza pelo aumento rápido de casos de uma doença em vários países ao mesmo tempo.

Resposta imunitária humoral e celular



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fontes: CALLAWAY, E. The race for coronavirus vaccines: a graphical guide. **Nature**, volume 580, 30 abr. 2020.
SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação das respostas imunitárias humoral e celular durante a infecção pelo vírus SARS-CoV-2. Esse vírus pertence ao grupo dos coronavírus, que recebe esse nome em razão da presença de moléculas proteicas S que se projetam para fora do envoltório, lembrando uma coroa. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

3. Explique por que a lavagem das mãos é uma prática importante para prevenir infecções.

4. Diferencie a ação dos três tipos básicos de linfócito nas respostas imunitárias.

Vacinas e soros

As **vacinas** são produzidas por meio de diferentes técnicas, utilizando, por exemplo, os próprios patógenos enfraquecidos ou mortos, partes de proteínas do patógeno ou, ainda, parte de seu material genético. Elas promovem a **imunização ativa**, pois o corpo reage ativamente ao antígeno, produzindo anticorpos. Dessa forma, as vacinas nos garantem imunidade contra doenças, preparando o organismo para produzir anticorpos rapidamente caso entremos em contato com os patógenos causadores das doenças contra as quais elas foram produzidas.

Na vacinação, quando se inocula uma pequena quantidade de um antígeno pela primeira vez em um indivíduo sadio, há estímulo para a produção de anticorpos, que, após alguns dias, ficam disponíveis no sangue. É o que se chama **resposta imunitária primária**. Se esse indivíduo receber uma segunda dose da vacina com o mesmo antígeno, ou se for contaminado pelo patógeno contra o qual a vacina foi

Fique por dentro

Calendário de vacinação

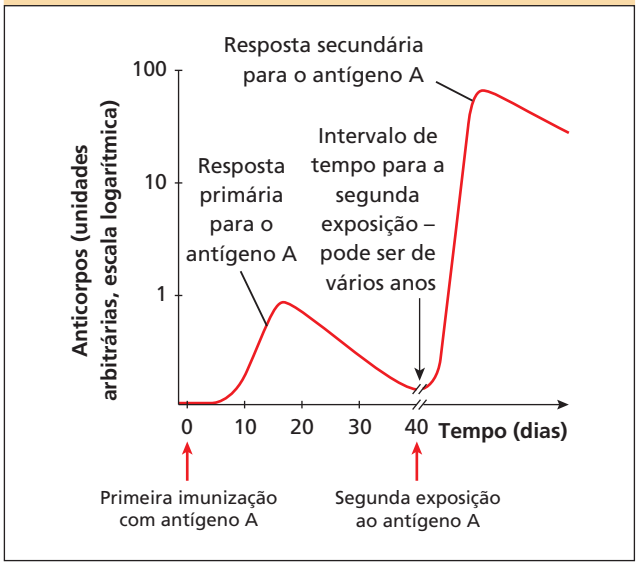
BRASIL. Ministério da Saúde. Calendário de vacinação. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/vacinacao/calendario. Acesso em: 13 out. 2024.

Consulte sua carteira de vacinação e compare-a com o calendário nacional de vacinação. Caso não esteja em dia com alguma vacina, procure um posto de saúde para atualizar suas imunizações.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

administrada, a resposta imunitária será muito mais rápida e a produção de anticorpos, muito maior. É a chamada **resposta imunitária secundária**, relacionada ao mecanismo de memória, que é prontamente ativado quando o organismo volta a entrar em contato com um antígeno. É nesse mecanismo que se baseiam as **vacinações**.

Respostas imunitárias primária e secundária



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2011.

Gráfico da concentração de anticorpos presentes no plasma nas respostas primária e secundária a um antígeno.

Em vacinações, é frequente a necessidade de uma ou mais doses de reforço para completar o processo de imunização, cuja duração pode variar conforme a vacina. Em alguns casos, especialmente em doenças virais como a covid-19, a composição das vacinas pode mudar anualmente devido a mutações no vírus, que alteram as proteínas que desencadeiam a resposta imunitária.

Outro tipo de imunização é a **passiva**, em que são introduzidos no organismo os anticorpos já prontos para o combate a um antígeno específico. Essa modalidade de imunização desencadeia uma resposta rápida do organismo, sendo esse o princípio no qual se baseiam os **soros**, como aqueles utilizados em acidentes com animais peçonhentos. Nesses casos, não é possível esperar que o próprio organismo reaja produzindo anticorpos suficientes, já que esse processo é lento. Então, injeta-se no paciente um soro específico que já contém os anticorpos prontos para agir contra o veneno do animal.

Outro exemplo de imunização passiva ocorre ao longo da gestação, quando a criança recebe da mãe, pela placenta, anticorpos prontos. Além deles, pode receber outros durante a amamentação.

A imunização passiva é passageira, ao contrário da imunização ativa, que é relativamente duradoura. Isso ocorre porque, na imunização passiva, a pessoa recebe os anticorpos prontos para combater os antígenos antes mesmo de eles ativarem o sistema imunitário. Nesse caso, não há formação de memória imunológica.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

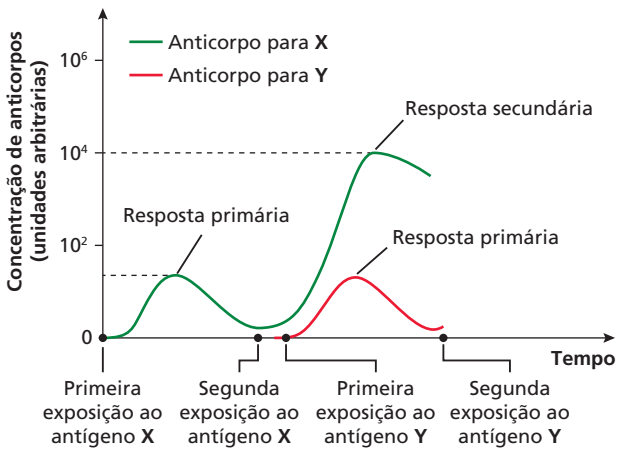
Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

5. ODS 3 Analise o gráfico ao lado que mostra a resposta imunológica do corpo considerando dois tipos de anticorpo: o que age contra o antígeno **X** (linha verde) e o que age contra o antígeno **Y** (linha vermelha). Depois, faça o que se pede.

Copie esse gráfico no caderno e dê continuidade à linha vermelha, mostrando como deve ser a curva após uma segunda exposição ao mesmo antígeno **Y**. Explique sua resposta.

Resposta imunológica a dois anticorpos



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

6. O vírus da gripe frequentemente sofre mutações em seu material genético. Relacione isso com o fato de a vacinação contra a gripe ocorrer anualmente.

7. Imagine que uma pessoa acidentalmente pisou em uma serpente e foi mordida. Após ser levada ao hospital, ela deverá receber soro ou vacina contra as toxinas da peçonha da serpente? Justifique.

ATIVIDADE COMENTADA

ODS 3 (Enem)

> O protozoário *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas, pode ser a nova arma da Medicina contra o câncer. Pesquisadores brasileiros conseguiram criar uma vacina contra a doença usando uma variação do protozoário incapaz de desencadear a patologia (não patogênico). Para isso, realizaram uma modificação genética criando um *T. cruzi* capaz de produzir também moléculas fabricadas pelas células tumorais. Quando o organismo inicia o combate ao protozoário, entra em contato também com a molécula tumoral, que passa a ser vista também pelo sistema imune como um indicador de células do protozoário. Depois de induzidas as defesas, estas passam a destruir todas as células com a molécula tumoral, como se lutassem apenas contra o protozoário.
>
> Disponível em: www.estadao.com.br. Acesso em: 1º mar. 2012. (Adaptado.)

Qual o mecanismo utilizado no experimento para enganar as células de defesa, fazendo com que ataquem o tumor?

a. Autoimunidade.
b. Hipersensibilidade.
c. Ativação da resposta inata.
d. Apresentação de antígeno específico.
e. Desencadeamento de processo anti-inflamatório.

Analisar o enunciado

O enunciado envolve a compreensão de um experimento no qual um protozoário, o *Trypanosoma cruzi*, é modificado geneticamente para criar uma vacina contra o câncer. A modificação genética permite que o protozoário produza moléculas presentes nas células tumorais, de modo a "enganar" o sistema imunitário para atacar as células cancerosas.

Selecionar as informações relevantes

O mecanismo-chave utilizado no experimento para "enganar" as células de defesa e direcioná-las a atacar o tumor envolve a "apresentação de antígeno específico". Nesse caso, as moléculas tumorais produzidas pelo protozoário são apresentadas como antígenos específicos ao sistema imunitário, fazendo com que ele passe a identificar as células tumorais como se fossem células do protozoário.

Analisar as alternativas

a. A autoimunidade se refere a uma condição na qual o sistema imunitário ataca as próprias células do corpo. No caso descrito, o sistema imunitário é direcionado a combater células tumorais de forma seletiva; portanto, não se trata de uma resposta autoimune.

b. A hipersensibilidade é uma reação imunitária exagerada a substâncias estranhas – alérgenos ou antígenos. No experimento, não se trata de uma reação alérgica ou de hipersensibilidade a uma substância externa, mas sim de uma resposta direcionada do sistema imunitário a moléculas tumorais produzidas pelo protozoário.

c. A ativação da resposta inata implica uma resposta imunitária inicial do corpo a patógenos. No entanto, o experimento envolve uma resposta imunitária adquirida, que é específica e depende de memória imunitária.

d. A apresentação de antígeno específico se refere ao processo pelo qual antígenos específicos são apresentados ao sistema imunitário para induzir uma resposta específica contra eles. Trata-se do mecanismo central do experimento descrito para "enganar" as células de defesa e direcioná-las a atacar as células tumorais.

e. Desencadeamento de processo anti-inflamatório implica mecanismos que reduzem a inflamação no corpo e que correspondem a um tipo de resposta inata, e não adquirida, como é o caso da abordada no experimento.

Verificar a alternativa correta

A alternativa correta é a **d**, pois descreve o mecanismo central utilizado no experimento, segundo o qual as células de defesa do organismo são "enganadas" ao serem apresentadas a antígenos tumorais como se fossem antígenos específicos do protozoário *T. cruzi*. Com isso, o sistema imunitário se torna capaz de atacar células tumorais por reconhecer nelas antígenos previamente apresentados pelo protozoário geneticamente modificado.

Campanhas de vacinação: iniciativa das políticas públicas de saúde

Como parte das medidas de promoção da saúde e prevenção de doenças, em 1973 o Ministério da Saúde determinou a formulação do Programa Nacional de Imunizações (PNI), que oferece, de forma gratuita, vacinas de segurança comprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

As vacinas são a forma mais eficaz de prevenir – e não de tratar – doenças causadas por microrganismos, pois estimulam o sistema imunitário.

Visando à efetiva participação da população no programa de vacinação, o Ministério da Saúde promove campanhas de vacinação em datas que constam do calendário oficial de vacinações. Este é elaborado levando em conta os riscos de transmissão de doenças na população, a vulnerabilidade e as especificidades sociais.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Por esse motivo, ele conta com orientações diferenciadas para crianças, adolescentes, adultos, gestantes, idosos, quilombolas e indígenas.

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS



Vacinação de indígena da etnia Guarani Mbya contra a covid-19 (Maricá, RJ, 2021).

Graças à vacinação, a varíola foi erradicada globalmente. No Brasil, a transmissão da poliomielite foi interrompida. Além disso, houve redução dos casos e de mortes derivadas de doenças como sarampo, rubéola, tétano, difteria e coqueluche. O sarampo chegou a ser eliminado da população brasileira, mas em 2019 foi reintroduzido no país. A volta do sarampo está relacionada à queda da vacinação, pois muitas pessoas deixaram de vacinar seus filhos.

Durante a pandemia de covid-19, cientistas de vários países rapidamente foram capazes de isolar, replicar e identificar o material genético do novo coronavírus, abrindo caminho para o desenvolvimento de vacinas.

O processo de desenvolvimento de vacinas envolve duas etapas principais: testes pré-clínicos e clínicos. Esse processo também é empregado no caso de desenvolvimento de medicamentos para o tratamento de doenças.

Testes pré-clínicos

In vitro: realizados em laboratório com células contaminadas artificialmente para analisar a eficácia da nova vacina.

In vivo: utilizam-se cobaias não humanas, como roedores e outros mamíferos, para avaliar a eficácia e segurança da vacina. No Brasil, o Conselho Nacional de Controle de Experimentação em Animais (Concea) regulamenta esses testes.

Testes clínicos

Envolvem a participação de pessoas e são conduzidos em quatro fases:

Fase 1: testa a segurança e a dosagem da vacina em cerca de 20 a 100 voluntários saudáveis.

Fase 2: avalia a eficácia e possíveis efeitos colaterais em cerca de 100 a 500 voluntários, incluindo grupos de risco.

Fase 3: envolve um grupo maior e mais variado de voluntários, visando confirmar a eficácia e a segurança da vacina.

Fase 4: acompanha um número maior de pessoas após a comercialização e aplicação na população, visando detectar outros efeitos colaterais e confirmar o valor preventivo, permitindo alterações na estratégia de vacinação.

Durante as fases 1 a 3, os voluntários são divididos em dois grupos: o grupo experimental, que recebe a vacina, e o grupo controle, que recebe um placebo (sem efeito no corpo). A eficácia é medida comparando esses grupos.

Os ensaios podem ser abertos, simples-cegos (voluntários não sabem a qual grupo pertencem) ou duplos-cegos (nem os voluntários nem os pesquisadores sabem). Ensaios duplos-cegos fornecem resultados mais confiáveis.

As vacinas ou qualquer outro medicamento só passam para a fase 4 após a conclusão bem-sucedida das fases 1 até 3. Depois da fase 3, o desenvolvedor da vacina ou de outro medicamento submete uma solicitação aos órgãos reguladores, como é o caso da Anvisa no Brasil. Esses órgãos avaliam os dados de todas as fases dos testes, incluindo resultados de estudos de segurança e eficácia. Se o medicamento cumpre todos os requisitos de segurança, eficácia e qualidade, a Anvisa aprova a comercialização para uso na população.

Como exemplo, a vacinação contra a covid-19, que já havia sido iniciada em outros países com a aprovação de seus respectivos órgãos reguladores, começou no Brasil em janeiro de 2021, após a aprovação da Anvisa.

A vacinação contra a covid-19 no Brasil e no mundo foi fundamental para conter sua expansão, reduzindo as chances de desenvolvimento das fases mais graves da doença. O combate a essa pandemia deixou clara a importância da vacinação e, no Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) forneceu para toda a população brasileira as vacinas aprovadas pela Anvisa, num esforço organizado e intenso, possibilitando imunizar a população no menor tempo possível, considerando as dificuldades do momento.

Uma das vantagens da vacinação é que cada pessoa, ao se vacinar, fica protegida e está colaborando para o que se chama **imunidade coletiva**. Quanto mais pessoas se vacinarem, mais pessoas estarão imunes àquela doença e menor será a quantidade do agente infeccioso circulando. Com isso, menor será a chance de contágio de outras pessoas, o que permite o controle da doença. Ao se vacinar, a pessoa está se protegendo e protegendo toda a comunidade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM FOCO Redução da cobertura vacinal no país é preocupante

O Programa Nacional de Imunização (PNI) é referência mundial. O Brasil foi pioneiro na incorporação de diversas vacinas no calendário do Sistema Único do Saúde (SUS) e é um dos poucos países no mundo que ofertam de maneira universal um rol extenso e abrangente de imunobiológicos. Porém, a alta taxa de cobertura, que sempre foi sua principal característica, vem caindo nos últimos anos [...].

[...]

Até chegar aos cidadãos, as vacinas passam por um rigoroso processo de produção, começando com estudos e pesquisas, passando por inúmeros testes até serem validadas e disponibilizadas nos postos de saúde. Esse esforço também passa pelos gestores da saúde, responsáveis pela distribuição dos imunizantes e pela preparação dos profissionais de saúde para a aplicação das vacinas.

Apesar dos números inegáveis que demonstram a eficácia e importância da vacina, cresce o número de pessoas que se recusam a vacinar seus filhos, fomentando um movimento perigoso que pode trazer de volta doenças como o sarampo e a poliomielite. [...]

Em tempos de excesso de informações e superficialidade de conteúdos, muitas pessoas em todo o mundo, principalmente na Europa, vêm aderindo a um movimento conhecido como antivacina. Seja por questionarem a segurança da vacina, por temerem os efeitos colaterais, ou por acreditarem que não estão suscetíveis às doenças, esses grupos estão crescendo cada dia mais [...]. Cabe reafirmar que é inevitável o fluxo de pessoas entre os países, tanto pelo turismo quanto pelos negócios, e o fato de algumas delas não estarem vacinadas pode provocar seu adoecimento e trazer de volta doenças extintas e todos os problemas de saúde pública que elas acarretam.

Especialistas explicam que a vacina, como qualquer outro medicamento, pode trazer eventos adversos. No entanto, ponderam que eles são infinitamente mais leves do que as doenças e suas possíveis sequelas. [...]

"[...] O esclarecimento rápido e efetivo é o melhor instrumento de prevenção contra os movimentos antivacinação, destaca [Alexander Roberto Precioso, diretor da Divisão de Ensaios Clínicos e Farmacovigilância do Butantan].

[...]

O diretor de Bio-Manguinhos [Mauricio Zuma] explica que, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o sarampo ainda mata 400 crianças por ano, mesmo em países avançados, onde o movimento antivacinação se propagou, principalmente por meio das redes sociais. "O movimento acontece com a disseminação de inverdades, boatos sem fundamentação científica ou fraudes comprovadas, como a que relacionava as vacinas e o autismo, baseando-se em um artigo publicado em 1998 pelo inglês Andrew Wakefield. Descobriu-se posteriormente que ele falsificou dados e teve sua licença cassada pelo Conselho Médico Britânico em 2010", alerta Zuma.

[...]

Fonte: A QUEDA da imunização no Brasil. **Conselho Nacional de Secretários de Saúde**, Brasília, 8 jan. 2018. Disponível em: https://www.conass.org.br/queda-da-imunizacao-no-brasil/. Acesso em: 13 out. 2024.

Esse texto foi publicado em 2018 e já refletia uma preocupação com os efeitos negativos dos movimentos antivacina. Esses movimentos não são novos, mas com a pandemia de covid-19 eles ganharam força.

1. Sintetize os principais argumentos mencionados no texto que contribuem para o crescimento dos movimentos antivacina.
2. Explique a preocupação sobre a diminuição da cobertura vacinal em relação ao fluxo internacional de pessoas.
3. Com os colegas, pesquisem em fontes confiáveis mais informações sobre os motivos que têm gerado controvérsias a respeito das vacinas. Busquem dados que possam subsidiar vocês em um debate com pessoas de grupos antivacina, de modo que vocês possam elaborar contra-argumentos que levem esses indivíduos a rever suas ideias negacionistas. Abordem tópicos como: exemplos de doenças erradicadas ou controladas graças às vacinas; doenças locais e regionais que demandam vacinas; comparação de taxas de vacinação local e nacional; como se caracteriza a segurança das vacinas; como ocorre a disseminação de notícias falsas sobre vacinas.

   Em seguida, preparem uma apresentação resumindo os principais pontos pesquisados, relatando os argumentos antivacina mais comuns e os contra-argumentos que poderiam ser utilizados com base em evidências científicas. Em classe, com a orientação do professor, exponham os dados e assistam à apresentação dos demais colegas. Por fim, discutam sobre as seguintes questões:
   - Quais argumentos antivacina mais chamaram a atenção da turma?
   - Quais contra-argumentos vocês considerariam mais eficazes para combater movimentos antivacina?
   - Que estratégias vocês adotariam para combater movimentos antivacina?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Indique a alternativa que apresenta as funções do sistema linfático. 1. Alternativa **d**.

a. Digestão e distribuição dos nutrientes para as células do corpo.

b. Captação e transporte de oxigênio para todo o organismo.

c. Controle das funções vitais por meio de hormônios e impulsos nervosos.

d. Drenagem de líquidos dos tecidos e proteção contra agentes infecciosos.

e. Condução para os tecidos do excesso de líquido presente no sangue, ajustando a pressão sanguínea.

2. Alternativa **b**.

2. Indique a afirmativa que melhor descreve a diferença de resposta entre os linfócitos B e linfócitos T citotóxicos.

a. Os linfócitos B relacionam-se com a imunidade ativa, e os linfócitos T citotóxicos, com a passiva.

b. Os linfócitos B atuam na imunidade humoral, e os linfócitos T citotóxicos, na imunidade celular.

c. Os linfócitos B atuam na imunidade adquirida, e os linfócitos T citotóxicos, na imunidade inata.

d. Os linfócitos B são abundantes no sangue, e os linfócitos T citotóxicos, na linfa.

e. Os linfócitos B atuam na imunidade inata, e os linfócitos T, na imunidade adquirida.

3. (Enem) Os sintomas mais sérios da gripe A, causada pelo vírus H1N1, foram apresentados por pessoas mais idosas e por gestantes. O motivo aparente é a menor imunidade desses grupos contra o vírus. Para aumentar a imunidade populacional relativa ao vírus da gripe A, o governo brasileiro distribuiu vacinas para os grupos mais suscetíveis. A vacina contra o H1N1, assim como qualquer outra vacina contra agentes causadores de doenças infecto-contagiosas, aumenta a imunidade das pessoas porque:

3. Alternativa **e**.

a. possui anticorpos contra o agente causador da doença.

b. possui proteínas que eliminam o agente causador da doença.

c. estimula a produção de glóbulos vermelhos pela medula óssea.

d. possui linfócitos B e T que neutralizam o agente causador da doença.

e. estimula a produção de anticorpos contra o agente causador da doença.

4. A primeira barreira contra a entrada de agentes estranhos ao corpo é a pele. Quando ela é rompida, alguns microrganismos, como bactérias, podem penetrar no corpo e o sistema imunitário age para destruir o invasor.

a. A resposta inicial efetuada por células de defesa é inespecífica (inata). Indique o processo e as células envolvidas.

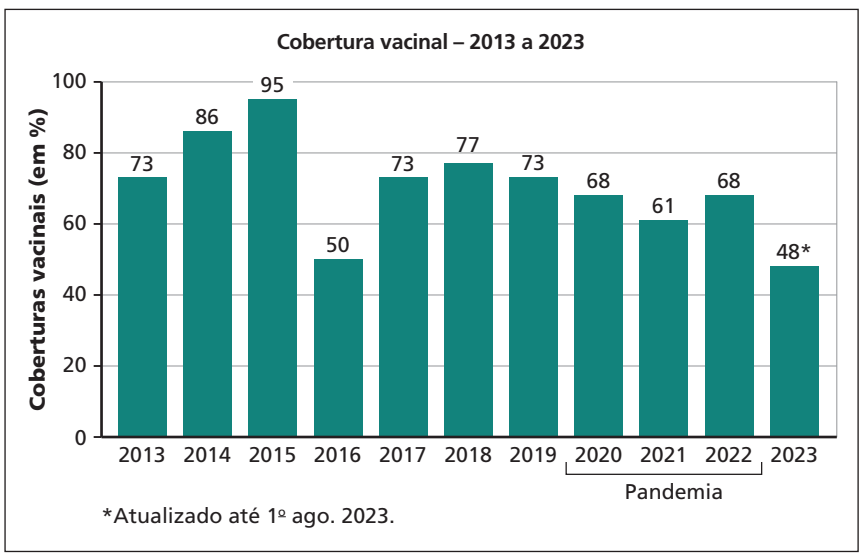
b. Caso a resposta inicial não seja suficiente, o corpo ainda pode responder de forma específica. Quais são as células envolvidas nessa resposta?

5. Além de outros benefícios, o leite materno contém anticorpos que são transferidos para o bebê durante a amamentação, o que o torna temporariamente imune a algumas doenças.

a. Qual é o tipo de imunização promovido pela amamentação? Explique.

b. Por que essa imunização é temporária?

6. ODS 3 Analise o gráfico a seguir que mostra o que ocorreu com a taxa vacinal geral de cobertura vacinal no Brasil de 2013 até 2023. Ele considera o porcentual de pessoas que receberam todas as doses recomendadas, dentro da população-alvo de cada vacina.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: DATASUS; Sistema de informação do PNI; ESCOBAR, H. Desinformação científica: uma pandemia de mentiras. **Jornal da USP**, 11 ago. 2023. Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/desinformacao-cientifica-uma-pandemia-de-mentiras/. Acesso em: 13 out. 2024.

Porcentagem de pessoas vacinadas no período de 2013 a 2023. Foi destacado o período da pandemia de covid-19.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

a. A partir da análise desse gráfico, o que ocorreu com a cobertura vacinal no Brasil no período analisado?

b. De acordo com o Ministério da Saúde, a cobertura vacinal deve ser igual ou superior a 95%. Com base no gráfico, o Brasil tem atingido esse patamar? O que pode acontecer quando as taxas são inferiores a esse valor?

7. Leia o seguinte trecho a respeito da vacina contra o vírus ebola, aprovada para uso na União Europeia desde 2021, e responda às questões.

> [...] Ervebo é uma vacina utilizada para proteger adultos e crianças com idade igual ou superior a um ano contra a doença por vírus ebola causada pelo vírus ebola Zaire.
>
> Ervebo contém um vírus conhecido como vírus da estomatite vesicular, que foi enfraquecido e modificado para conter uma proteína do vírus ebola Zaire. O próprio vírus da estomatite vesicular produz pouco ou nenhum efeito em seres humanos. A vacina contém apenas uma proteína do vírus ebola Zaire e não pode causar doença por vírus ebola. [...]

Fonte: ERVEBO (Ebola Zaire Vaccine [rVSVΔGZEBOV-GP, live]): an overview of Ervebo and why it is authorised in the EU. **European Medicines Agency**, 2023. Disponível em: https://www.ema.europa.eu/pt/documents/overview/ervebo-epar-medicine-overview_pt.pdf. Acesso em: 16 out. 2024.

a. Uma vacina contra o vírus ebola é capaz de curar uma pessoa já contaminada? Justifique.

b. Qual é a importância da vacinação? Ela só deve ser realizada quando há aumento do número de casos de doenças contagiosas?

8. ODS 3 Analise a tirinha a seguir.



Com base na tirinha e no conteúdo do capítulo, relembre o que ocorreu durante a pandemia de covid-19, como as medidas de distanciamento social adotadas para evitar a transmissão do vírus e a vacinação. Faça também uma pesquisa para saber mais sobre obscurantismo, negacionismo e pseudociência. Com mais quatro colegas, realize então a atividade com a seguinte temática: **Criando consciência por meio da Arte: obscurantismo, negacionismo, pseudociência e a importância da vacinação**. Para isso, elaborem uma história em quadrinhos que combata esses aspectos relacionados à desinformação e que ilustre a importância da vacinação para a sociedade.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com esta unidade foi finalizado, é o momento de você refletir sobre seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, analise e responda às questões a seguir.

1. Retome as questões da seção **Pense nisso!** na abertura desta unidade e avalie se concorda com suas respostas anteriores depois das discussões realizadas ao longo do estudo dos capítulos. Reescreva-as, se for necessário.

2. O que você aprendeu acerca dos assuntos abordados nesta unidade?

3. Quais assuntos/atividades geraram mais dificuldades para sua aprendizagem? Como você as superou?

4. Reveja os pontos que deixaram dúvidas e que não foram bem compreendidos. Converse sobre eles com os colegas e com o professor a fim de planejarem outras possíveis estratégias de estudo.

5. O que mais você gostaria de saber sobre os conteúdos abordados nesta unidade?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Diversidade e (in)tolerância

CERQUEIRA, D.; BUENO, S. (coord.). **Atlas da violência 2024**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2024. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/arquivos/artigos/7868-atlas-violencia-2024-v11.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

Atualmente, os dados sobre a juventude brasileira nos trazem um cenário alarmante: desemprego, violência de gênero e racial, assédio de diversas formas e discriminação de pessoas LGBTQIAPN+ e outros grupos minoritários. Além disso, a educação sofre ataques que podem prejudicar a formação de jovens, com episódios de censura de livros em várias cidades do país, comprometendo o senso crítico dos estudantes, ao interditar o contato com estilos literários e visões de mundo diferentes.

Dados do Atlas da Violência (2024) apontam que o número de homicídios contra grupos sociais minoritários politicamente subiu entre 2020 e 2021, em especial contra mulheres, negros, indígenas e população LGBTQIAPN+, embora a taxa de homicídios geral tenha reduzido quase 5% no período. Além do número de homicídios, dados de agressão física e violência psicológica contra esses grupos têm mostrado tendência de alta.



GLEB USOVICH/SHUTTERSTOCK



REC STOCK FOOTAGE/SHUTTERSTOCK



VILINGOR/SHUTTERSTOCK

Símbolos de manifestações sociais em defesa dos direitos de parcelas da população.

Vocês têm notado mais discursos de ódio e intolerância contra grupos minoritários? Quais deles? Como isso está sendo apresentado na imprensa e nas mídias sociais? De que forma você acompanha essas informações?

Observando as imagens anteriores, você entende as mensagens que são transmitidas? Quais públicos estão se manifestando para reivindicar seus direitos? Converse com os colegas para saber quais dessas manifestações eles acompanham ou com quais têm mais proximidade no dia a dia.

Nesta seção, vamos analisar o papel das manifestações sociais, performáticas ou artísticas e dos **elementos simbólicos de unidade** (objetos, gestos, palavras e cores que identificam membros ou bandeiras de determinados grupos ou causas sociais, e as *hashtags* – que funcionam como um potente elemento simbólico de unidade no mundo digital), no debate sobre assédio, violência e discriminação contra grupos minoritários. Com base nessa temática, reflita e converse com seus colegas sobre as questões abaixo:

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Por que grupos minoritários passam por situações de assédio, violência e discriminação? Você consegue imaginar quem pode estar ganhando nessa relação desigual? Qual grupo de pessoas é privilegiado?
2. Você consegue se lembrar de algum elemento simbólico de unidade (*hashtag*, broche, *bottom*, lenço, desenho, gesto etc.)?
3. Você sabe o que é uma *hashtag*, como funciona e qual a importância que ela tem nas mobilizações populares digitais?

Ampliação de repertório

Depois da reflexão inicial, aprofundem as discussões com pesquisas sobre os temas destacados. Vocês podem buscar informações sobre os elementos simbólicos de unidade apresentados anteriormente e as manifestações performáticas ou artísticas (como *flash mob*). Atentem-se para como são feitos e como é a divulgação. Um *flash mob*, por exemplo, é uma ação de impacto em determinado local cujo registro em vídeo produz um impacto também em mídias sociais que estimula a reprodução da intervenção em diversos lugares. Outra forma de registro e divulgação muito forte é a fotografia, que, por exemplo, ajudou a consolidar o lenço verde como um símbolo da luta feminista na América Latina.

Outra investigação relevante pode buscar entender as etapas de organização de uma manifestação social em tempos de conectividade global. Complementem a pesquisa com uma análise e levantamento de *hashtags* de ações de defesa de direitos de públicos minoritários (mulheres, povos originários, indígenas, comunidade LGBTQIAPN+). Ainda pode-se apurar manifestações performáticas relevantes no Brasil e no mundo.

Para facilitar a etapa seguinte, organizem os dados pesquisados com o auxílio de alguma ferramenta digital ou organizem notas autoadesivas em uma parede da sala de aula.

Produção de conteúdo

Agora que vocês já refletiram sobre o significado de alguns dos elementos simbólicos de unidade, das diferentes maneiras de se posicionar e as mídias e o impacto que elas proporcionam tanto na defesa de direitos quanto na conscientização de problemas ignorados ou desconhecidos pela sociedade, pesquisem, nas mídias, alguns exemplos de manifestações e como elas foram realizadas. Escolham uma das sugestões a seguir para produzir um conteúdo e aplicar tudo o que aprenderam:

1. Criem uma exposição fotográfica, que proponha reflexão na comunidade escolar sobre a violência a grupos minoritários no mundo real ou virtual.
2. Organizem uma manifestação performática ou artística sobre a violência contra grupos minoritários no mundo real ou virtual. O objetivo da ação deve ser o combate ao discurso de ódio, assédio, violência e discriminação. Pode ser a composição e gravação de uma música no estilo que a turma optar (*hip hop*, *K-pop*, *rap*, *rock*, *funk* etc.), um *flash mob*, uma coreografia etc.

Independentemente do produto escolhido pelos estudantes, pode-se trabalhar a compreensão de regras básicas de foto e vídeo, como cenário, iluminação, ângulos da câmera, pesquisa de campo etc. e possibilita ao estudante desenvolver as competências gerais 3, 4, 5 e 6.

Autoavaliação

Este espaço é destinado para reconhecer seus pontos fortes e oportunidades de melhoria em seu processo de aprendizagem. Anote em seu caderno o nível de desempenho para cada critério listado a seguir. Combine previamente com o professor o que é esperado para os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente. Seguem os critérios adotados para essa proposta:

- Aplicar técnicas de pesquisa para avaliar, nas mídias utilizadas, a confiabilidade dos diversos tipos de informação e conteúdos apresentados.
- Pesquisar, analisar e resumir informações sobre campanhas de *hashtags* em redes sociais.
- Aderir ao tema, com textos, análises, informações corretas coletadas de maneira responsável.
- Criar fotografias ou *performance* coreográfica relacionando as mídias adequadas, com proposta criativa, ética e técnica responsável e inclusiva.
- Apresentar e organizar os resultados de maneira clara, com domínio técnico e alinhado com público-alvo definido.

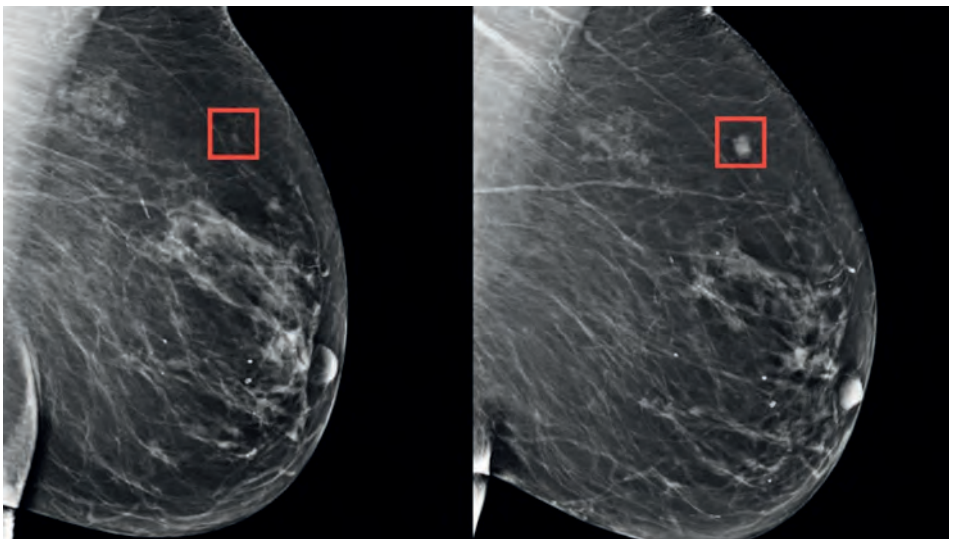
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

UNIDADE 6

MUNDO TECNOLÓGICO

O reconhecimento de padrões, um dos pilares do pensamento computacional, é fundamental para a aplicação da inteligência artificial na Biologia, especialmente na detecção de doenças como o câncer de mama ou nos estudos envolvendo sequências de DNA para o estabelecimento de relações filogenéticas. Na prática, algoritmos de IA treinados para reconhecer padrões podem analisar dados complexos e identificar mutações genéticas ou alterações em exames de imagem (como mamografia). O uso da IA e do reconhecimento de padrões possibilita comparações em uma escala muito maior e com mais precisão, potencializando e auxiliando profissionais da saúde na detecção precoce de doenças.

COMPUTER SCIENCE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE LABORATORY, MASSACHUSETTS GENERAL HOSPITAL



Mamografia da mesma pessoa em dois momentos diferentes, mostrando a evolução de uma alteração na imagem. Exames de imagem realizados de maneira periódica ajudam os médicos a detectar alterações que possam indicar câncer de mama. Algoritmo de IA pode ajudar médicos a antecipar diagnóstico.

O tema desta unidade também é trabalhado nos volumes de Física e de Química desta coleção.

A tecnologia e o desenvolvimento científico evoluem rapidamente. O surgimento de novas técnicas, de inovações na Biotecnologia e da inteligência artificial (IA) abriu um leque de possibilidades em diferentes áreas, oferecendo benefícios significativos na detecção precoce de doenças como o câncer de mama, que envolve um padrão anômalo de divisões celulares. Utilizando algoritmos avançados, a IA pode analisar vastas quantidades de dados, reconhecendo padrões sutis que muitas vezes escapam à percepção humana. Isso é crucial na detecção precoce, aumentando consideravelmente as chances de cura com tratamento adequado nos estágios iniciais.

Nesta unidade, serão abordados os temas de material genético, divisões celulares e os problemas decorrentes do descontrole do ciclo celular, hereditariedade e aplicações desses conhecimentos e biotecnologia.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

Pense nisso!

1. Exames de imagens e testes genéticos auxiliam no diagnóstico de alguns tipos de câncer. De que maneira os testes genéticos contribuem para a manutenção da saúde?
2. Por meio de qual processo ocorreu o aumento da massa celular identificada na imagem pelo destaque vermelho?
3. Alguns tipos de câncer são hereditários, embora possa haver influência de fatores ambientais e comportamentais. Como essa característica passa de uma geração para outra?
4. Em 2022, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) aprovou um produto de terapia gênica para tratamento de alguns tipos de câncer. Como essa técnica poderia auxiliar o tratamento?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 21

Dos ácidos nucleicos às proteínas

Se julgar pertinente, recomende aos estudantes que revisem o conteúdo dos capítulos 1 e 2.

Estudar o caminho "dos ácidos nucleicos às proteínas" nos auxilia a entender a linguagem molecular da vida. Ao explorar os processos biológicos envolvidos, não estamos apenas aprendendo a respeito de moléculas, mas nos conectando a um universo de possibilidades que vem trazendo enormes avanços na Ciência.

As investigações nessa área da Biologia Molecular têm propiciado melhor compreensão da complexidade da vida. Além de terem revolucionado a Biologia, essas investigações impactaram profundamente diversas áreas, fornecendo bases sólidas para novas terapias médicas, desenvolvimento de vacinas, avanços na pecuária e na agricultura, além de outros exemplos.

No capítulo 1 deste livro, já abordamos a estrutura dos ácidos nucleicos e mencionamos que trechos do DNA são transcritos em moléculas de RNA que são traduzidas em proteínas. Mas como se chegou a esses conhecimentos?

Neste capítulo, faremos uma síntese dessa história e exploraremos os avanços nos estudos que aprofundaram a compreensão dos ácidos nucleicos e a proposição de uma linguagem em código, o código genético, que se mostrou ser universal. Essa universalidade reforça as ideias de que a origem da vida é única e que todos os seres vivos estão conectados na árvore da vida, como já afirmava Charles Darwin (1809-1882).



GORODENKOFF/GETTY IMAGES

A fotomontagem analisada na tela de um computador evidencia a curiosidade de pesquisadores e pesquisadoras pela molécula cuja compreensão foi um marco nos estudos biológicos: a molécula de DNA. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A natureza química do material genético

Se necessário, retome a composição química e a estrutura do DNA e do RNA no capítulo 1.

A natureza química do material genético começou a ser desvendada a partir de 1869, quando o bioquímico suíço Friedrich Miescher (1844-1895) isolou grandes moléculas do núcleo de células, que ele denominou nucleínas. Posteriormente, outros cientistas confirmaram que as nucleínas possuíam natureza ácida e passaram a chamá-las ácidos nucleicos.

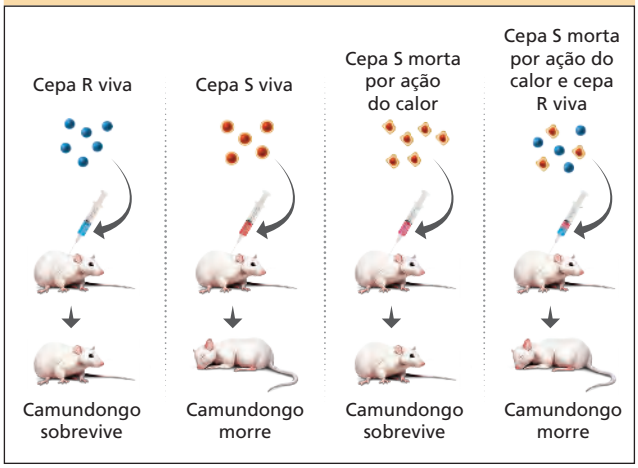
No início do século XX, foram identificados dois tipos de ácido nucleico: o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA). A compreensão da estrutura e da função dessas moléculas, no entanto, só foi alcançada mais tarde, por meio de diversas pesquisas.

Até o início do século XX, as biomoléculas mais estudadas eram as proteínas e, devido à sua diversidade de funções, pensava-se que elas eram as responsáveis pela hereditariedade. Essa interpretação começou a mudar a partir de 1928, com os estudos do microbiologista inglês Frederick Griffith (1877-1941), utilizando duas cepas de bactérias do gênero *Pneumococcus*:

- a que causa pneumonia, chamada S, do inglês *smooth* (liso), em razão da sua superfície ser lisa devido à presença de cápsula polissacarídica; e
- a que não causa a doença, chamada R, do inglês *rough* (rugoso), em razão da sua superfície rugosa, sem cápsula polissacarídica.

Ele inoculou quatro grupos de camundongos, cada um deles com uma cepa dessa bactéria: cepa R viva, cepa S viva, cepa S morta por aquecimento e cepa S morta por aquecimento juntamente com a cepa R viva. Os resultados que obteve estão resumidos na figura a seguir.

Experimento de Frederick Griffith



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

Representação dos experimentos de Griffith. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Griffith observou que os camundongos não adoeciam quando inoculados com a cepa S morta pelo calor, sugerindo que a doença não era causada por proteínas das bactérias, pois as proteínas desnaturam quando submetidas a altas temperaturas. No entanto, os camundongos inoculados com a cepa R viva juntamente com a S morta pelo calor acabavam morrendo. Ao analisar o sangue desses camundongos mortos, Griffith encontrou a cepa S viva.

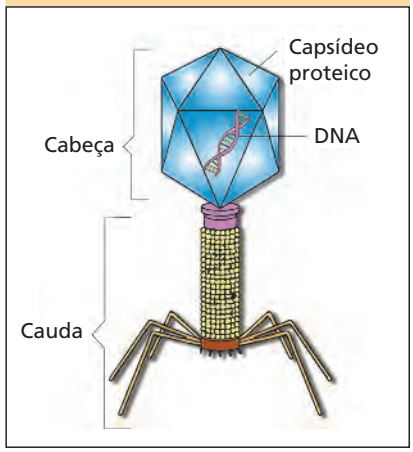
Com isso, concluiu que algum fator transformava bactérias R em S, e que esse fator não poderia ser uma proteína em razão da desnaturação sofrida pelo aquecimento, mas ele não conseguiu identificar qual era esse fator.

Muitos estudos posteriores foram feitos e, em 1944, o médico canadense-americano Oswald Avery (1877-1955), o geneticista canadense-americano Colin Munro MacLeod (1909-1972) e o geneticista estadunidense Maclyn McCarty (1911-2005), baseados no trabalho de Griffith, conseguiram provar que o "princípio transformador" era o DNA. Isso levou à conclusão de que se tratava do material genético. Atualmente, sabe-se que a transformação bacteriana é um processo biológico no qual uma bactéria adquire e incorpora DNA **exógeno**. Contudo, na época, a comunidade científica ainda tinha dúvidas, pois a molécula de DNA, por ser menos diversificada que as proteínas, poderia não ter capacidade de armazenar informações genéticas.

Exógeno: originado ou que vem de fora.

Experimentos que corroboraram a conclusão de Avery, MacLeod e McCarty foram realizados em 1952 pelos geneticistas estadunidenses Alfred Hershey (1908-1997) e Martha Chase (1927-2003), utilizando vírus bacteriófagos. Esses vírus infectam somente bactérias e são constituídos apenas por um envoltório proteico e uma molécula de DNA.

Bacteriófago



BIOVECTORS/SHUTTERSTOCK

Representação de um bacteriófago. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os pesquisadores sabiam que os vírus só se replicam introduzindo seu material genético dentro de células, mas a questão era se esse material seria o DNA ou a proteína. Para

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

os experimentos, eles utilizaram dois grupos de bacteriófagos que produziram em laboratório: um com as proteínas da cápsula marcadas com enxofre radioativo, e outro com o DNA marcado do fósforo radioativo. Colocaram cada grupo de vírus em duas culturas bacterianas distintas: uma recebeu o vírus com a cápsula marcada e a outra, vírus com o DNA marcado. Eles verificaram que apenas o DNA radioativo foi encontrado dentro das células bacterianas, enquanto o enxofre radioativo estava presente apenas nas cápsulas fora das células. Dessa forma, concluíram que o DNA é a parte do vírus que entra nas bactérias, confirmando que o DNA é o material genético.

Antes mesmo do trabalho de Hershey e Chase, em 1949, Erwin Chargaff (1905-2002), bioquímico austríaco-americano, verificou que, em uma molécula de DNA, a porcentagem dos nucleotídeos de adenina (A) era igual à dos nucleotídeos de timina (T), e a porcentagem de citosina (C) era igual à de guanina (G), isto é, [A] = [T] e [C] = [G]. Essa relação ficou conhecida como **regra de Chargaff** e provou-se válida para todos os seres vivos estudados. Chargaff e os demais pesquisadores da época, no entanto, não conseguiram explicar o motivo dessa relação nem como os nucleotídeos se dispunham na molécula de DNA. Isso só foi elucidado mais tarde.

A molécula de DNA: um pouco de história

No início da década de 1950, a físico-química britânica Rosalind Franklin (1920-1958) e o então aluno de doutorado Raymond Gosling (1926-2015) conseguiram obter uma fotografia de alta qualidade da molécula de DNA usando uma técnica na qual Franklin era especialista: a difração de raios X. Essa imagem, identificada como Fotografia 51, revelou que o padrão molecular do DNA formava um X.

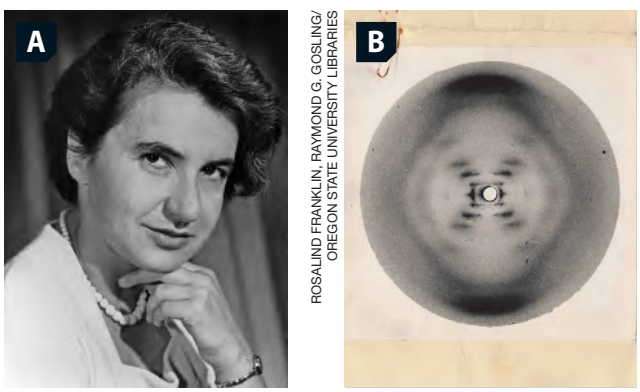


PHOTO 12/UNIVERSAL IMAGES GROUP EDITORIAL/GETTY IMAGES

ROSALIND FRANKLIN, RAYMOND G. GOSLING/ OREGON STATE UNIVERSITY LIBRARIES

Em **(A)**, Rosalind Franklin em foto de 1956; em **(B)**, a Fotografia 51, retirada de suas anotações, que evidenciava que a molécula apresentava um padrão em forma de X.

O biólogo estadunidense James Watson (1928-) e o físico britânico Francis Crick (1916-2004) estavam construindo vários modelos tridimensionais da molécula de DNA usando materiais diversos, como arames e cartões, mas nenhum desses modelos conseguia explicar a estrutura da molécula. No início de 1953, o biólogo Maurice Wilkins (1916-2004), chefe do laboratório onde Franklin trabalhava, mostrou a Watson a cópia da Fotografia 51, sem que Franklin soubesse. Essa foto permitiu que Watson e Crick concluíssem que a molécula de DNA apresentava uma estrutura em dupla-hélice, conforme evidenciado pelo padrão em X mostrado na fotografia.

Watson e Crick publicaram no mês de abril de 1953, na revista científica *Nature*, um artigo científico em que propuseram o modelo para a estrutura da molécula de DNA em dupla-hélice. Na mesma edição dessa revista, Wilkins publicou um texto sobre DNA que complementava o trabalho de Watson e Crick, e Franklin e Gosling publicaram dados de suas pesquisas com informações derivadas da Fotografia 51, mas sem saber que esses dados haviam sido a base para o modelo de Watson e Crick.



A. BARRINGTON BROWN, GONVILLE AND CAIUS COLLEGE/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

James Watson (à esquerda) e Francis Crick (à direita), em 1953, com o modelo da molécula de DNA.

Como já comentamos no capítulo 1 deste livro, de acordo com o modelo proposto, a molécula de DNA é formada por duas longas cadeias (ou fitas) de nucleotídeos enroladas em espiral em torno de um eixo vertical. As fitas são unidas entre si por ligações de hidrogênio que se estabelecem entre uma base púrica de uma cadeia com uma base pirimídica da outra, pois essas bases são complementares. Isso explica a regra de Chargaff, pois a adenina de uma fita se liga à timina da outra, e a citosina de uma fita se liga à guanina da outra.

Watson, Crick e Wilkins receberam, em 1962, o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina pela elucidação da estrutura da molécula de DNA e de seu significado na transferência de informação nos seres vivos. Rosalind Franklin, cuja pesquisa foi crucial para essa elucidação, nunca recebeu o merecido reconhecimento durante sua vida. Hoje, é amplamente reconhecida como uma cientista fundamental na elucidação da estrutura do DNA. Ela faleceu aos 37 anos em decorrência de um câncer de ovário, que alguns sugerem ter relação com a exposição à radiação durante seus trabalhos com difração de raios X. Na época, as práticas de segurança para trabalhos com radiação não eram tão rigorosas como são hoje.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM FOCO Efeito Matilda

ODS 5

A expressão Efeito Matilda foi cunhada em 1993 pela pesquisadora estadunidense e historiadora da Ciência Margaret Rossiter (1944-) em homenagem à líder ativista e escritora estadunidense Matilda Joslyn Gage (1826-1898). Gage foi defensora dos direitos das mulheres, inclusive do direito ao voto, dos direitos dos nativos americanos e da abolição da escravidão. Em 1883, ela publicou na revista *The North American Review* o artigo intitulado "*Woman as an inventor*" (A mulher como inventora), no qual descreve, entre outros aspectos, a relutância histórica em creditar às mulheres os seus trabalhos na ciência e nas invenções tecnológicas.



Matilda Joslyn Gage.

REPRODUÇÃO/LIBRARY OF CONGRESS, WASHINGTON, D.C., EUA/THE ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA

O efeito Matilda refere-se, assim, a um fenômeno histórico e social em que o trabalho das mulheres na comunidade científica é ignorado, subestimado ou atribuído a seus colegas homens, resultando em menor reconhecimento. Rosalind Franklin é um exemplo desse efeito. Como ela, muitas outras cientistas ao longo da história sofreram com o mesmo tipo de apagamento científico. Seguem alguns exemplos:

- Eunice Newton Foote (1819-1888) – cientista estadunidense; descreveu, em 1856, que o incremento do teor de gás carbônico (CO_2) do ar provoca o aumento da temperatura, abordando pela primeira vez o efeito estufa. No entanto, o físico irlandês John Tyndall (1820-1893) publicou dados equivalentes em 1859, sem citar o trabalho de Foote, ficando conhecido como o pesquisador que descreveu o efeito estufa.
- Lise Meitner (1878-1968) – física austríaca; trabalhou com o químico alemão Otto Fritz Hermann Hahn (1879-1968) na compreensão da fissão nuclear, mas foi deixada de fora do Prêmio Nobel de Química em 1944, dado a ele.
- Jocelyn Bell Burnell (1943-) – biofísica e astrônoma britânica; codescobriu os pulsares e seus orientadores publicaram essas descobertas na revista *Nature*, sem dar crédito a ela. Eles receberam o Prêmio Nobel concedido por essa descoberta e ela ficou de fora.

Leia agora o texto a seguir.

Como o Efeito Matilda se manifesta no século 21

De acordo com a socióloga Maria Elina Estébanez, houve um avanço histórico em que as mulheres ganharam espaço na Ciência. Por exemplo, nos últimos 150 anos, elas conseguiram entrar nas universidades para estudar carreiras científicas, além de se tornarem professoras para ensinar e fazer suas próprias investigações.

"Isto é um reconhecimento e um passo em frente, mas as formas como as contribuições reais das mulheres para a Ciência são invisibilizadas, desconhecidas ou ignoradas ainda estão presentes", admite a investigadora argentina, concordando com a física brasileira [Zélia Ludwig da Universidade Federal de Juiz de Fora, que desenvolve estudos interdisciplinares sobre Gênero, Raça, Maternidade, Ciência e Sociedade com a proposta de discutir a equidade e os direitos das mulheres e da comunidade negra na academia e na sociedade], que assegura: "Tal como o racismo, esta violência reinventa-se a si própria".

O impacto pode ser visto na escassa presença de mulheres (e ainda mais mulheres negras) em posições de decisão, seja nos governos ou em lugares de maior poder no sistema científico [...].

[...]

Fonte: EFEITO Matilda: o que é o fenômeno que afeta as mulheres na ciência. **National Geographic Brasil**, 8 mar. 2023. Atualizado em 6 mar. 2024. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2023/03/efeito-matilda-o-que-e-o-fenomeno-que-afeta-as-mulheres-na-ciencia#:~:text=Por%20exemplo%2C%20quando%20os%20projetos,para%20valida%C3%A7%C3%A3o%20da%20comunidade%20cient%C3%ADfic. Acesso em: 13 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Imagine que o diretor de uma empresa de biotecnologia, ao avaliar o desempenho de sua equipe, nota que as ideias apresentadas pelas mulheres são frequentemente atribuídas a colegas homens durante as reuniões. Com base no conceito do Efeito Matilda apresentado no texto, como essa situação reflete o fenômeno descrito? Qual poderia ser o impacto disso no ambiente de trabalho e na carreira das mulheres envolvidas? Em sua opinião, como homens e mulheres podem atuar para identificar e combater o Efeito Matilda?
2. Em uma escola, uma professora nota que as alunas têm menos participação em projetos de Ciência e tecnologia, apesar de apresentarem boas ideias e habilidades nessas áreas. A professora decide investigar se há algum padrão de comportamento entre os alunos que possa estar contribuindo para isso. Relacione o Efeito Matilda com a situação descrita na escola. O que a professora poderia fazer para garantir que as contribuições das alunas sejam reconhecidas e valorizadas?

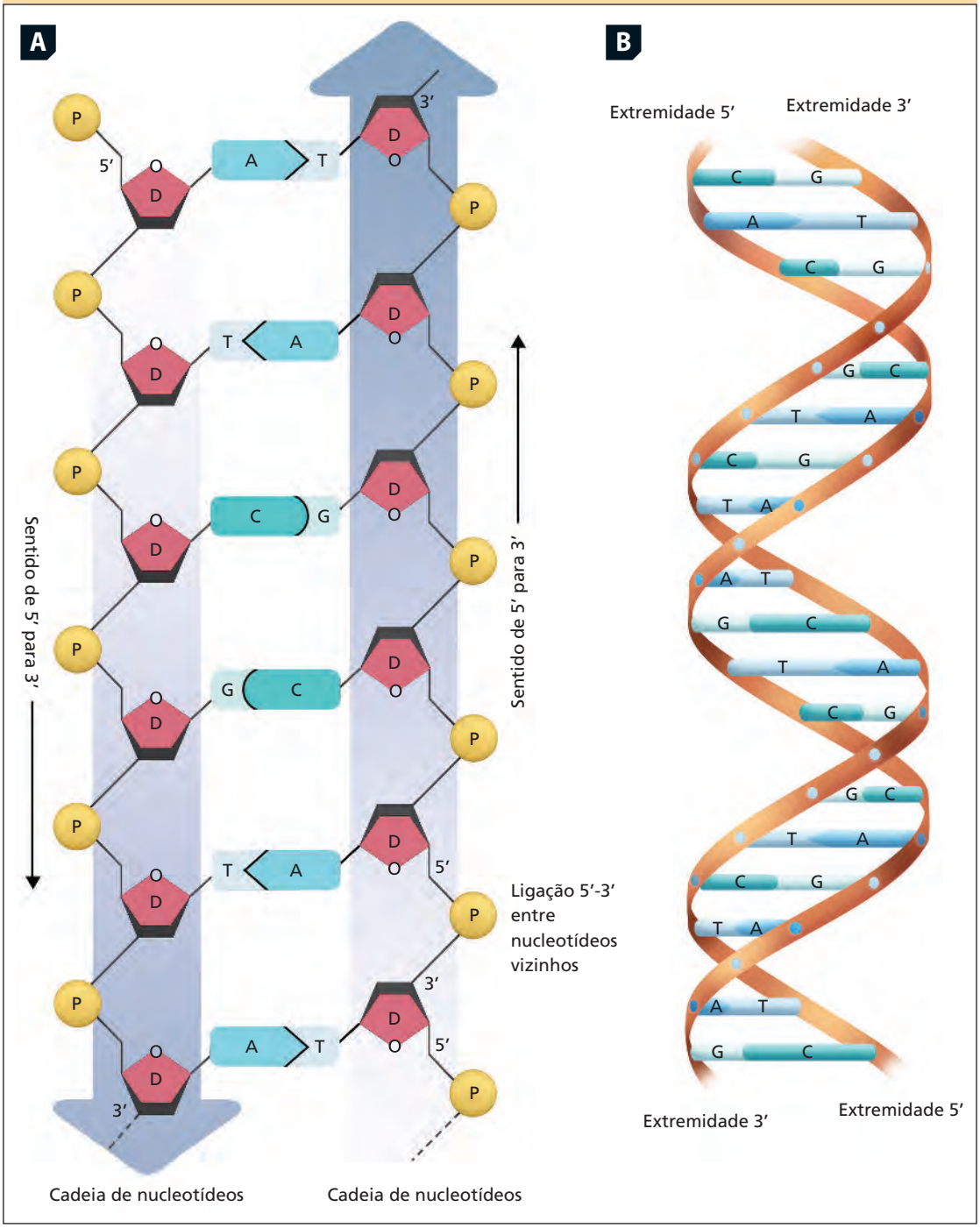
Molécula de DNA em detalhe

De acordo com o modelo proposto por Watson e Crick em 1953, aceito até hoje, o modo como os nucleotídeos de cada uma das fitas da molécula de DNA se unem estabelece uma orientação na molécula em que uma extremidade é denominada 3′ e a outra 5′.

Esses números se referem às posições dos átomos de carbono na molécula de desoxirribose, que são denominados 1′, 2′, 3′, 4′ e 5′. Ao átomo de carbono 1′ está ligada a base nitrogenada, e ao 5′, o fosfato. A ligação entre os nucleotídeos da fita ocorre quando o fosfato ligado ao carbono 5′ de um nucleotídeo se une ao carbono 3′ do próximo nucleotídeo. Por isso se formam as extremidades 3′ e 5′.

As duas fitas emparelham-se de modo invertido, ou seja, enquanto em uma delas o sentido das extremidades é 3′→ 5′, na outra, o sentido é inverso, 5′→ 3′. Por isso, dizemos que as fitas são **antiparalelas**. Nesse emparelhamento, a base adenina de uma cadeia se liga à timina da outra por meio de duas ligações de hidrogênio, e a base citosina de uma cadeia com a guanina da outra, por meio de três ligações de hidrogênio.

Trechos do DNA



CRIS ALENCAR/ARQUIVO DA EDITORA

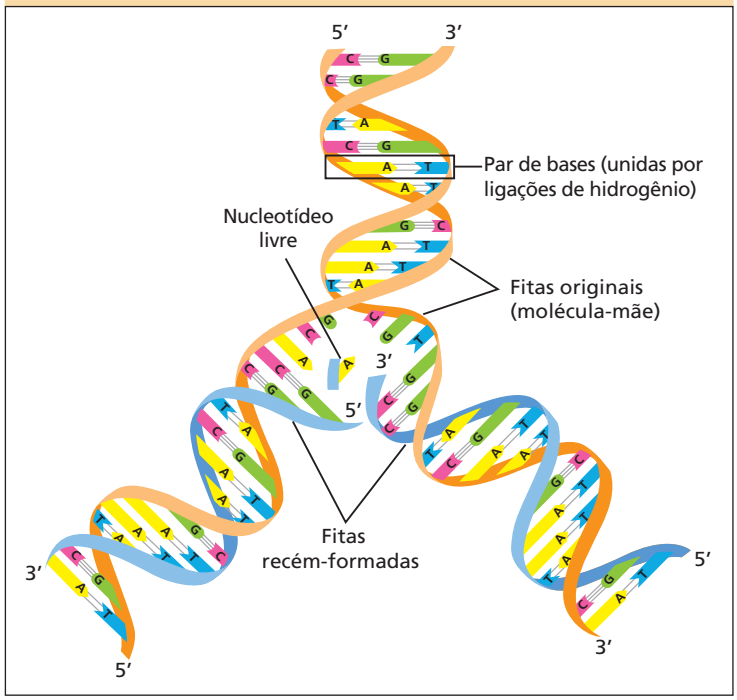
Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Em **(A)**, representação de duas cadeias ou fitas de nucleotídeos de um trecho de DNA planificado. Em **(B)**, representação da estrutura em dupla-hélice de um trecho do DNA. Nas duas representações, note as duas fitas complementares e com orientação invertida uma em relação à outra. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Uma molécula de DNA difere da outra pelo número e pela sequência de seus nucleotídeos. Em todos os casos, pela regra de Chargaff, a quantidade de nucleotídeos de adenina é sempre igual à de timina. O mesmo acontece com a quantidade de nucleotídeos de citosina, que é igual à de guanina. Isso significa que, se em um trecho de uma molécula de DNA uma das fitas apresentar a sequência de bases TCAGTC, a fita complementar apresentará a sequência AGTCAG.

Duplicação do DNA



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação da replicação semiconservativa do DNA. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Replicação do DNA

Analisamos no capítulo 1 que a replicação (ou duplicação) do DNA é semiconservativa, pois de uma molécula inicial (molécula-mãe) formam-se duas moléculas-filhas idênticas, cada uma conservando uma das fitas da molécula-mãe e uma nova fita sintetizada. Essa forma de replicação é fundamental na multiplicação celular, pois garante que as células resultantes da divisão recebam a mesma informação genética e a mesma quantidade de moléculas de DNA da célula inicial.

O processo de replicação do DNA começa com a separação das duas fitas da molécula pela ação de enzimas chamadas **helicases**, que rompem as ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas. À medida que as fitas se separam, enzimas chamadas **DNA polimerases** (ou polimerases do DNA) catalisam a síntese das novas fitas, utilizando cada fita da molécula-mãe como molde. Nucleotídeos livres presentes na célula vão sendo adicionados às novas fitas conforme a sequência determinada pelos nucleotídeos expostos das fitas-molde, seguindo as regras de emparelhamento entre as bases nitrogenadas.

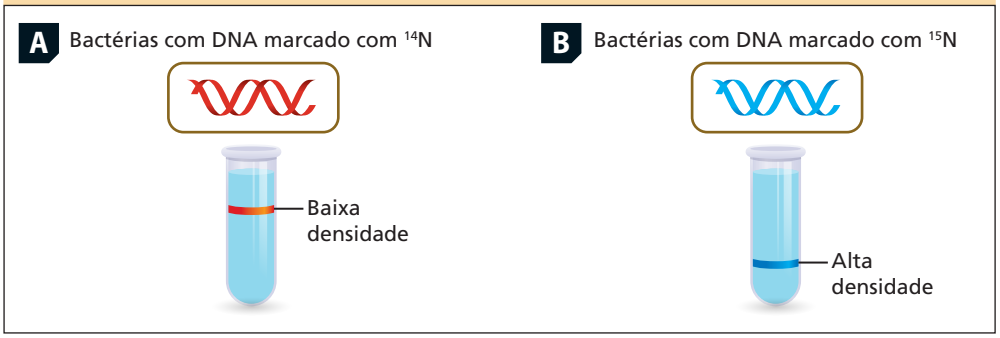
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Esse modelo de replicação do DNA foi proposto no mesmo artigo de Watson e Crick, em 1953, mas as evidências experimentais foram obtidas apenas em 1957, pelos pesquisadores estadunidenses Matthew Meselson (1930-) e Franklin Stahl (1929-).

O experimento de Meselson e Stahl

Meselson e Stahl cultivaram bactérias da espécie *Escherichia coli* (*E. coli*) em meio de cultura contendo o isótopo "pesado" do nitrogênio (^{15}N), e outras em meio de cultura contendo o isótopo "leve" do nitrogênio (^{14}N). Na síntese de novas moléculas de DNA, o nitrogênio disponível no meio de cultura é incorporado às bases nitrogenadas. Moléculas de DNA com ^{14}N são menos densas do que as com ^{15}N, de modo que elas podem ser separadas por centrifugação, ficando as mais densas na porção inferior e as menos densas, na superior do tubo de ensaio.

Bactérias com DNA marcado



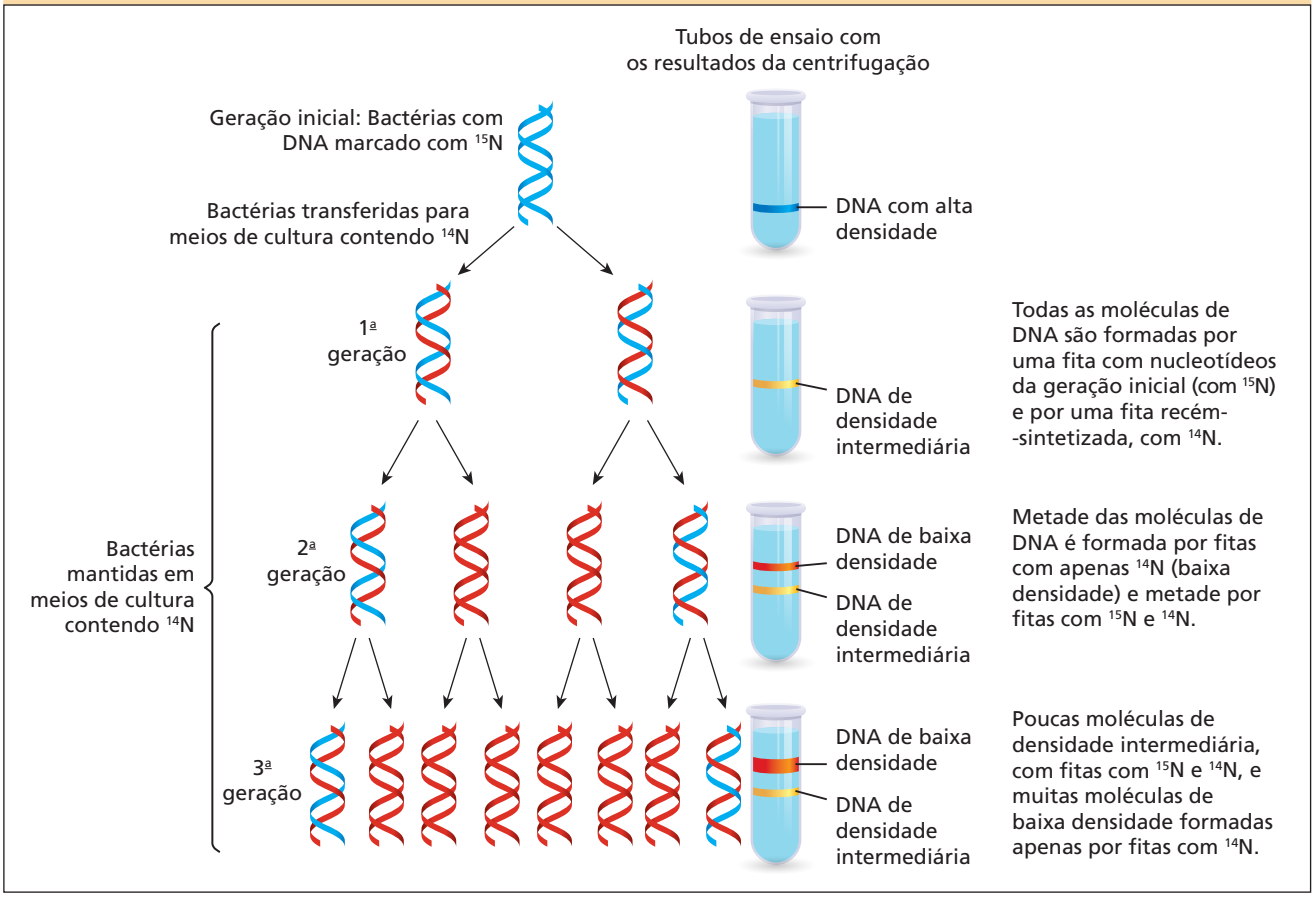
ERICSON GUILHERME LUCIANO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al.* **Introdução à genética**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

Representação de bactérias com DNA marcado com ^{14}N, que é menos denso **(A)**, e DNA marcado com ^{15}N, que é mais denso **(B)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Sabendo que é possível separar o DNA por densidade em função dos isótopos do nitrogênio, Meselson e Stahl transferiram as bactérias do meio de cultura com ^{15}N para um meio de cultura puro com ^{14}N. Ao longo de três gerações, prepararam amostras do DNA para centrifugação, obtendo os resultados esquematizados na figura a seguir.

Experimentos de Meselson e Stahl



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à genética**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

Representação dos experimentos de Meselson e Stahl com DNA da bactéria *Escherichia coli*, mostrando o caráter semiconservativo da sua duplicação. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

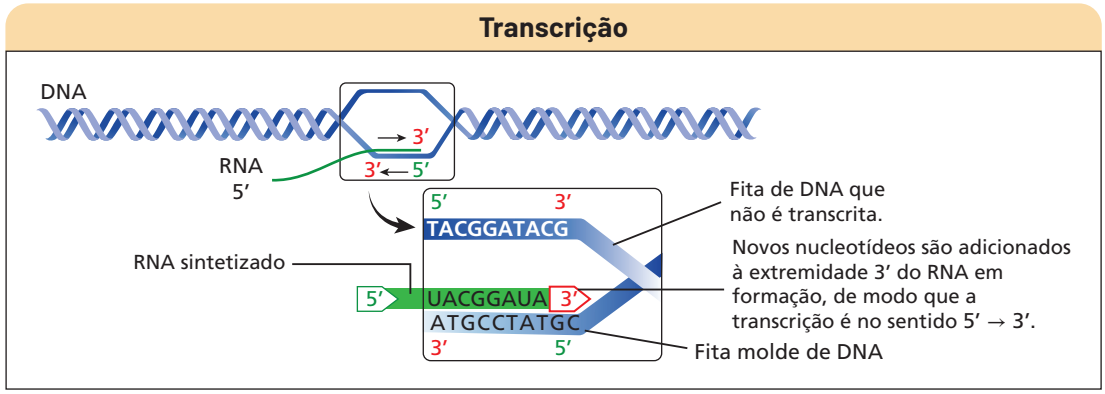
Esses resultados corroboraram o modelo de duplicação semiconservativa do DNA, como Watson e Crick haviam proposto.

Síntese de RNA: transcrição

Na transcrição, o trecho da molécula de DNA a ser transcrito é aberto pela ação da enzima **RNA polimerase** (ou polimerase do RNA), e uma das fitas serve de molde para a formação do RNA. Nucleotídeos de RNA livres na célula são incorporados ao RNA em formação, de modo complementar aos nucleotídeos da fita-molde de DNA. Nesse processo, a adenina emparelha-se com uracila e citocina com guanina. Assim, se um trecho do DNA tiver a sequência ATCG, por exemplo, o RNA formado terá a sequência UAGC. A RNA polimerase também catalisa a ligação dos nucleotídeos de RNA, unindo-os entre si de modo a formar a fita de RNA, que é simples. Não se forma uma dupla fita como no DNA.

A transcrição do RNA ocorre sempre no sentido 5′ → 3′, o que significa que os novos nucleotídeos de RNA são adicionados à extremidade 3′ da fita que está se formando. Ao final da transcrição, o RNA se solta e as duas fitas da molécula de DNA voltam a se unir. O RNA transcrito tem a mesma polaridade e sequência de bases que a fita não molde, com a exceção de que o RNA tem uracila em vez de timina.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

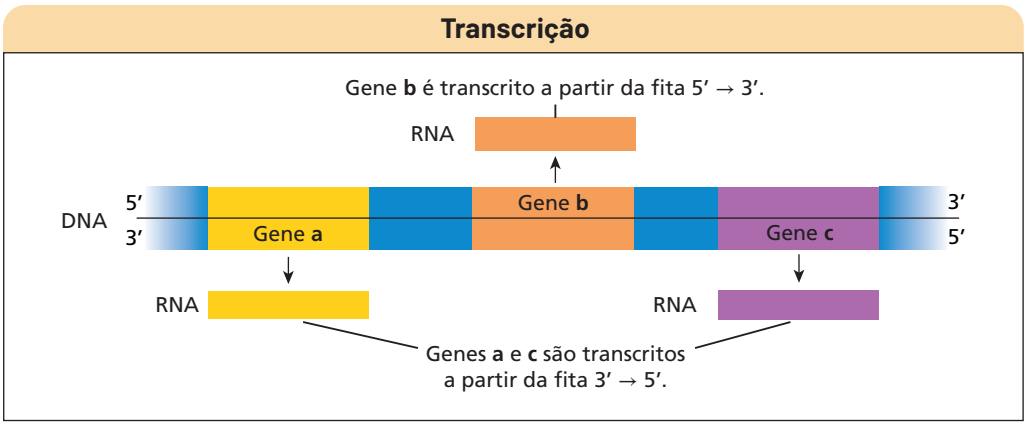
Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação da síntese de RNA: transcrição. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Genes

Diante dos avanços na área de biologia molecular, o conceito de gene tornou-se bastante complexo e é objeto de muitas discussões entre os cientistas. Aqui, abordaremos a visão molecular clássica, que considera o gene como uma sequência de bases nitrogenadas no DNA, formando unidades funcionais cujos produtos moleculares finais podem ser RNA ou polipeptídeos, que se organizam formando as proteínas ativas.

No início da transcrição gênica, a enzima RNA polimerase liga-se ao DNA em uma região chamada **promotora**. A partir daí, a transcrição segue até atingir a **sequência de término**, quando o RNA transcrito é liberado. Geralmente cada gene é transcrito de uma única fita-molde de DNA.



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação da transcrição de três genes. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Há diversos genes cujos produtos finais são pequenas moléculas de RNA, de modo que a diversidade dessas moléculas é grande e cada uma delas tem uma função. Entre elas, estão o RNA ribossômico (RNAr), que atua como ribozima (termo que significa RNA com função enzimática) e, associado a proteínas, forma os ribossomos, e o RNA transportador (RNAt), que transporta aminoácidos específicos até os ribossomos.

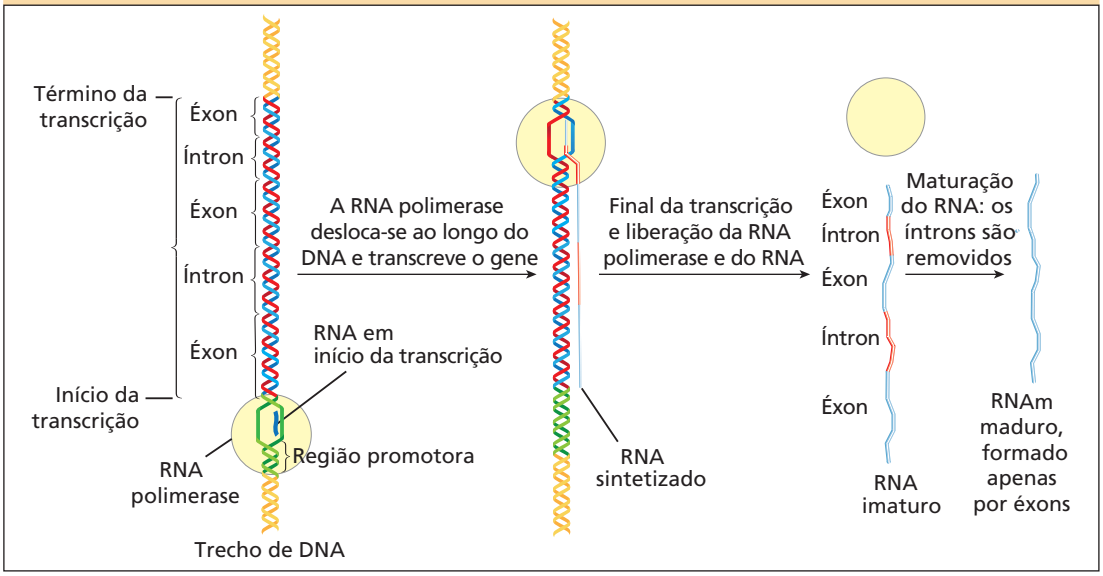
Os genes que têm como produto final proteínas são transcritos em um tipo de RNA de maior dimensão que os demais, chamado mensageiro (RNAm). Esse RNA contém informações necessárias para a síntese das proteínas. Assim, o sentido do fluxo da informação genética é: DNA → RNAm → proteínas.

Analisando o que ocorre na transcrição do RNAm, há, entre a região promotora e a sequência de término, regiões codificantes, ou seja, que contêm códigos para aminoácidos, chamadas **éxons** (expressão derivada do inglês ***ex****pressed regi****ons***), e regiões que não são codificantes, chamadas **íntrons** (expressão derivada do inglês ***intr****agenic regi****ons***). Após a transcrição, ocorre a maturação do RNAm, que inclui a remoção dos íntrons e a formação de um RNAm maduro composto pelos éxons. Esse RNAm maduro é o que contém a instrução para a síntese da proteína.

Nas células eucarióticas, a transcrição e a maturação do RNAm ocorrem dentro do núcleo, sendo que o RNAm maduro passa para o citoplasma.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Transcrição e maturação do RNAm



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação da transcrição de um gene em RNAm e da remoção dos íntrons originando o RNAm maduro. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No processo de maturação do RNA, alguns éxons podem ser removidos em alguns tipos celulares, mas não em outros. Com isso, formam-se moléculas maduras de RNAm que são diferentes, apesar de terem sido transcritas a partir de um só gene. Esse mecanismo é chamado de **processamento alternativo do RNA** ou *splicing* ("quebra", em inglês) alternativo. Cada RNAm assim formado, será traduzido em um tipo distinto de polipeptídeo. Isso explica, em parte, porque na espécie humana, apesar de haver apenas cerca de 20 mil genes no genoma, a diversidade de proteínas é muito maior.

Hoje sabemos que a maior parte do DNA é formada por regiões não codificantes. Embora ainda não se conheçam exatamente todas as funções dessas regiões, há diversas funções já conhecidas. Por exemplo, essas regiões podem conter genes transcritos em pequenas moléculas de RNA não codificantes (como RNAt e RNAr), podem participar da regulação da expressão dos genes e formar os centrômeros, estruturas fundamentais para a correta distribuição dos cromossomos durante a divisão celular.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Considere nucleotídeos presentes no DNA de duas espécies distintas de organismos unicelulares. A respeito dessas moléculas de DNA, analise as frases a seguir, justificando se estão conceitualmente corretas ou incorretas:
   - **a.** pelo menos algumas delas contém uracila.
   - **b.** elas diferem entre si pela posição do grupo fosfato na molécula.
   - **c.** elas podem conter adenina.
   - **d.** o número total de nucleotídeos é o mesmo nas moléculas de DNA das duas espécies.
   - **e.** o glicídio presente na molécula de DNA é a ribose.
2. Com relação ao processo de transcrição, identifique a alternativa correta, justificando sua resposta.
   - **a.** somente uma das fitas do DNA é transcrita. **2.** Alternativa **c**.
   - **b.** um gene, ao ser transcrito, produz sempre um tipo de proteína.
   - **c.** a enzima RNA polimerase participa da transcrição.
   - **d.** as regiões do DNA chamadas éxons não são transcritas.
   - **e.** a enzima DNA polimerase impede a transcrição.
3. Se em uma fita do DNA a sequência de bases nitrogenadas que está sendo transcrita é ATTGCGTAT, qual é a sequência de bases do RNA que está sendo formado?
4. No processo de transcrição, a que corresponde a região promotora de um gene?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Código genético

As proteínas variam quanto aos aminoácidos que as compõem, e também ao número e à sequência deles na molécula. Mas se existem apenas quatro tipos de bases nitrogenadas, como elas identificam os 20 tipos de aminoácidos que existem nos seres vivos? Se cada base nitrogenada identificasse um aminoácido, somente quatro tipos de aminoácido poderiam ser reconhecidos. Mesmo que as bases fossem combinadas duas a duas, haveria apenas 16 combinações possíveis, o que ainda seria insuficiente para codificar os 20 aminoácidos. Portanto, para identificar todos os aminoácidos, são necessárias combinações de três bases, formando 64 combinações distintas, um número muito maior do que o necessário para identificar todos os aminoácidos. Mas como isso é possível? Como essas combinações se relacionam aos aminoácidos e como são lidas?

Para responder a essas questões, muitas pesquisas foram realizadas. Vamos fazer uma breve síntese dessa história.

No início dos anos 1960, o bioquímico estadunidense Marshall Nirenberg (1927-2010), juntamente com outros pesquisadores, sintetizou em laboratório uma fita de RNAm composta exclusivamente da base nitrogenada uracila. Esse RNAm produziu uma proteína que continha apenas o aminoácido fenilalanina. Eles identificaram que três bases de uracila em linha (UUU) formavam um código que reconhece a fenilalanina. Esse foi o primeiro avanço do grupo para entender melhor essa relação entre trincas de bases nitrogenadas e aminoácidos. Anos depois, os pesquisadores conseguiram decifrar todas as trincas de bases do RNAm que identificam cada um dos 20 aminoácidos. Cada trinca forma um **códon** e o conjunto dessas trincas forma o **código genético**.

O maior número de códons em relação ao número de tipos de aminoácido foi explicado experimentalmente pela existência de códons sinônimos. Ou seja, embora cada trinca codifique apenas um tipo de aminoácido, cada aminoácido pode ser codificado por mais de uma trinca, pois há trincas sinônimas. Em função disso, o código genético é dito **degenerado**.

Na época, Niremberg e equipe não conseguiram relacionar os códons UAA, UAG e UGA a aminoácidos. Mais tarde, entendeu-se que esses códons não codificam aminoácidos, mas atuam como sinais que indicam o fim da síntese de proteínas, sendo chamados **códons de parada**.

O código genético é universal, o que significa que é compartilhado por todos os organismos, indicando que as mesmas trincas de nucleotídeos codificam os mesmos tipos de aminoácidos em todos os seres vivos, inclusive nos vírus. No entanto, cada organismo tem um **genoma** distinto, que é a sequência completa de nucleotídeos de todo o DNA de suas células. Portanto, enquanto o código genético é o mesmo para todos, a sequência específica de nucleotídeos no genoma varia de um organismo para outro, resultando na diversidade da vida.

Código genético

PRIMEIRO NUCLEOTÍDEO	SEGUNDO NUCLEOTÍDEO: U	C	A	G	TERCEIRO NUCLEOTÍDEO
U	UUU, UUC: Fenilalanina	UCU, UCC, UCA, UCG: Serina	UAU, UAC: Tirosina	UGU, UGC: Cisteína	U, C
	UUA, UUG: Leucina		UAA: Fim; UAG: Fim	UGA: Fim; UGG: Triptofano	A, G
C	CUU, CUC, CUA, CUG: Leucina	CCU, CCC, CCA, CCG: Prolina	CAU, CAC: Histidina	CGU, CGC, CGA, CGG: Arginina	U, C, A, G
			CAA, CAG: Glutamina		
A	AUU, AUC, AUA: Isoleucina	ACU, ACC, ACA, ACG: Treonina	AAU, AAC: Asparagina	AGU, AGC: Serina	U, C
	AUG: Metionina		AAA, AAG: Lisina	AGA, AGG: Arginina	A, G
G	GUU, GUC, GUA, GUG: Valina	GCU, GCC, GCA, GCG: Alanina	GAU, GAC: Aspartato	GGU, GGC, GGA, GGG: Glicina	U, C, A, G
			GAA, GAG: Glutamato		

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à genética**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

Código genético, com indicação dos códons e seus aminoácidos correspondentes e também dos códons de parada.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Síntese de proteínas: tradução

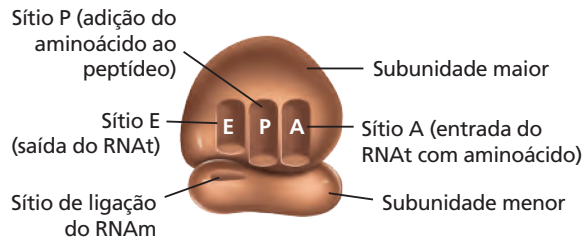
Como já comentamos, na tradução participam o RNAm, o RNAr e o RNAt.

Na molécula de RNAm madura há:

- um **códon de iniciação**, que é sempre o mesmo (AUG), correspondente ao aminoácido metionina;
- **vários códons** que determinam a sequência dos aminoácidos no polipeptídeo;
- um **códon de parada**, que marca o final daquela cadeia polipeptídica.

Nos ribossomos dos eucariontes, há uma molécula de RNAr na subunidade menor e três moléculas na subunidade maior. Em procariontes, cujos ribossomos são menores que os dos eucariontes, existem três moléculas de RNAr: uma na subunidade menor e duas na maior. Independentemente dessas diferenças, a subunidade menor apresenta um sítio de ligação para o RNAm, enquanto a subunidade maior apresenta três sítios de ligação onde se encaixam os RNAt.

Ribossomo



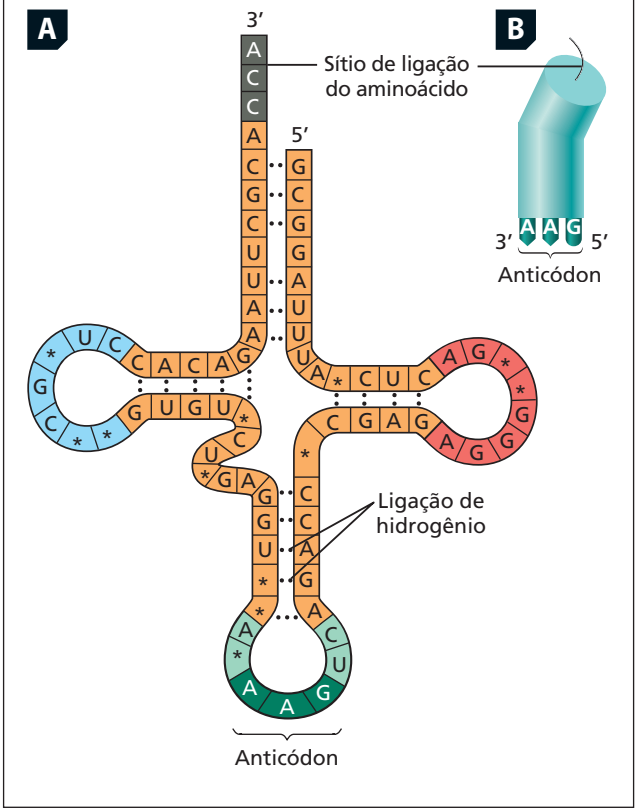
NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação de um ribossomo com seus diferentes sítios de ligação. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O RNAt sempre apresenta em uma das extremidades livres da molécula a sequência **ACC** de bases nitrogenadas, na qual ocorre a associação com o aminoácido. Em outra região da molécula há uma sequência de três bases, denominada **anticódon**, que reconhece o códon no RNAm. Os anticódons são lidos no sentido 3′ para 5′.

RNA transportador



ILUSTRAÇÕES (A): ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA; (B): NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

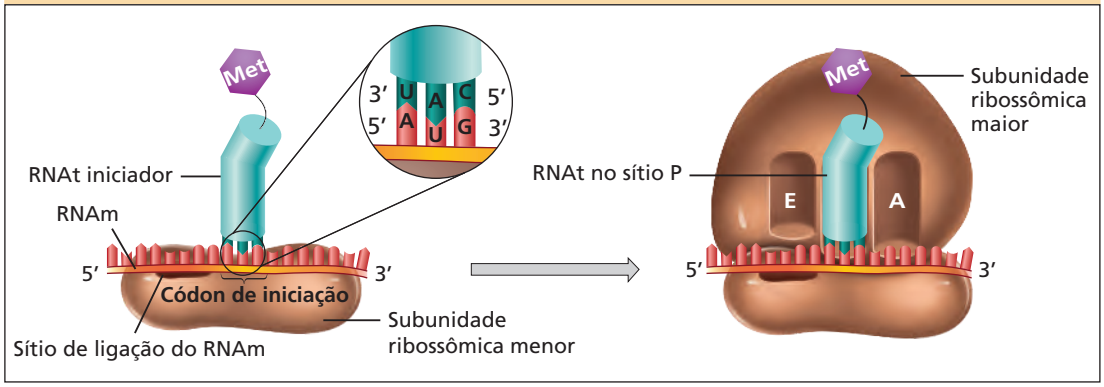
Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação da estrutura bidimensional de uma molécula de RNAt **(A)** e seu modelo esquemático **(B)**. Os asteriscos correspondem a bases nitrogenadas modificadas quimicamente, o que é característico do RNAt. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A tradução ocorre em três etapas sucessivas: **iniciação**, **alongamento** e **terminação**.

Na etapa de **iniciação**, a subunidade menor do ribossomo associa-se ao RNAt da metionina. Juntos, percorrem a molécula de RNAm até encontrarem o códon de iniciação: AUG. Quando o encontram, a subunidade maior do ribossomo une-se ao conjunto.

Fase de iniciação



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

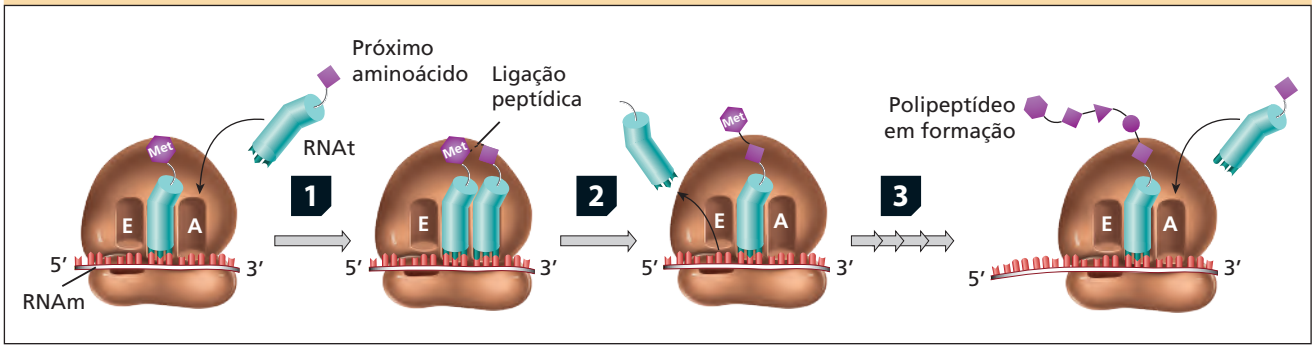
Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação do processo de iniciação da transcrição. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tem início, então, a etapa de **alongamento**, em que os aminoácidos são adicionados um a um de acordo com a sequência de códons do RNAm. Um RNAt com o aminoácido que corresponde ao códon seguinte do RNAm encaixa-se no sítio **A**. Os dois aminoácidos são unidos por um tipo de ligação chamada peptídica. Em seguida, ocorre o deslocamento do ribossomo no sentido 5′ → 3′. O RNAt contendo os dois aminoácidos unidos passa a ocupar o sítio **P**, deixando o sítio **A** vazio, enquanto o RNAt da metionina passa para o sítio **E** e é liberado. Depois, outro RNAt, com um terceiro aminoácido correspondente ao terceiro códon do RNAm, entra no sítio **A**. Forma-se outra ligação peptídica entre o segundo e o terceiro aminoácidos. O processo se repete até que o polipeptídeo seja formado.

Fase de alongamento



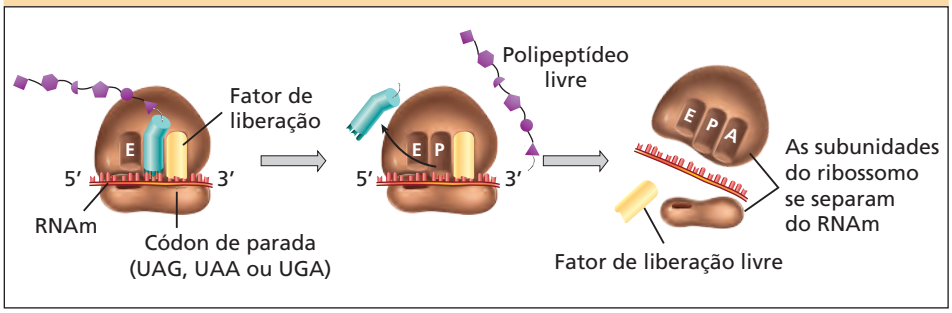
NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação da fase de alongamento da tradução: **(1)** estabelece-se a ligação peptídica; **(2)** o ribossomo passa para o próximo códon; **(3)** esse processo se repete e o polipeptídeo vai sendo formado. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Na etapa de **terminação**, o sítio **A** é ocupado por proteínas citoplasmáticas (fatores de liberação) que se ligam diretamente ao códon de parada do RNAm, cessando a síntese da molécula de proteína. A molécula é então liberada do RNAt, as subunidades maior e menor do ribossomo dissociam-se e o RNAm fica livre no citoplasma. A metionina do início da cadeia pode ser removida ou fazer parte da proteína.

Fase de terminação



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação da etapa de terminação da tradução. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Após a tradução, as proteínas podem passar por vários tipos de modificação, que são chamadas **modificações pós-traducionais**. Alguns aminoácidos, por exemplo, podem ser removidos ou modificados; os aminoácidos podem se associar a glicídios ou a lipídios, formando, respectivamente, glicoproteínas e lipoproteínas; e pode haver dobramentos distintos, entre outras formas de processamento da proteína.

Note que as possibilidades de produtos de um gene são muitas: o RNA que é transcrito pode ser maturado de forma distinta; um gene pode dar origem a RNAm diferentes, que codificam proteínas distintas; e, após a tradução, a proteína formada pode passar por modificações.

Fique por dentro

Síntese proteica: um *software* para entender como ocorre o processo de produção de proteínas

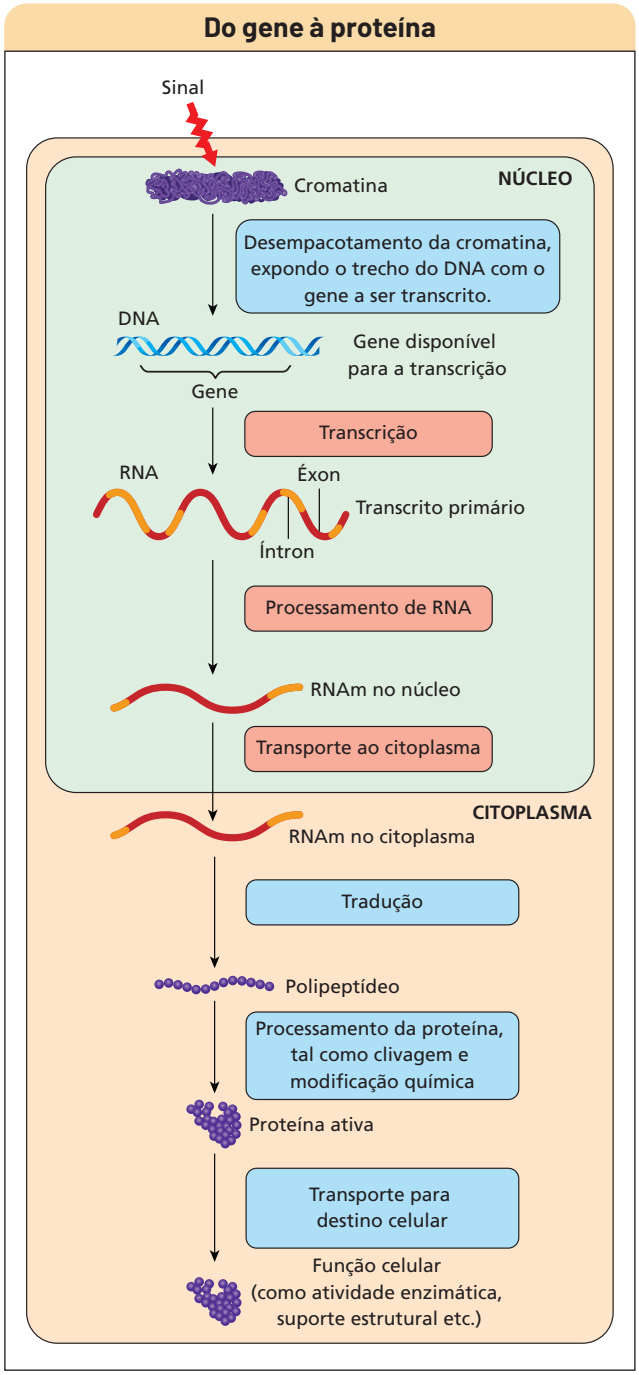
SANTOS, E. R.; GALEMBECK, E. Síntese proteica: um *software* para entender como ocorre o processo de produção de proteínas. **Genética na escola**, v. 11, n. 2, p. 148-157, 2016. Disponível em: https://geneticanaescola.com.br/revista/article/view/240/216. Acesso em: 13 out. 2024.

O artigo fala sobre um *software* desenvolvido pelo Laboratório de Tecnologia Educacional da Universidade Estadual de Campinas que auxilia na compreensão do processo dinâmico da síntese de proteínas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

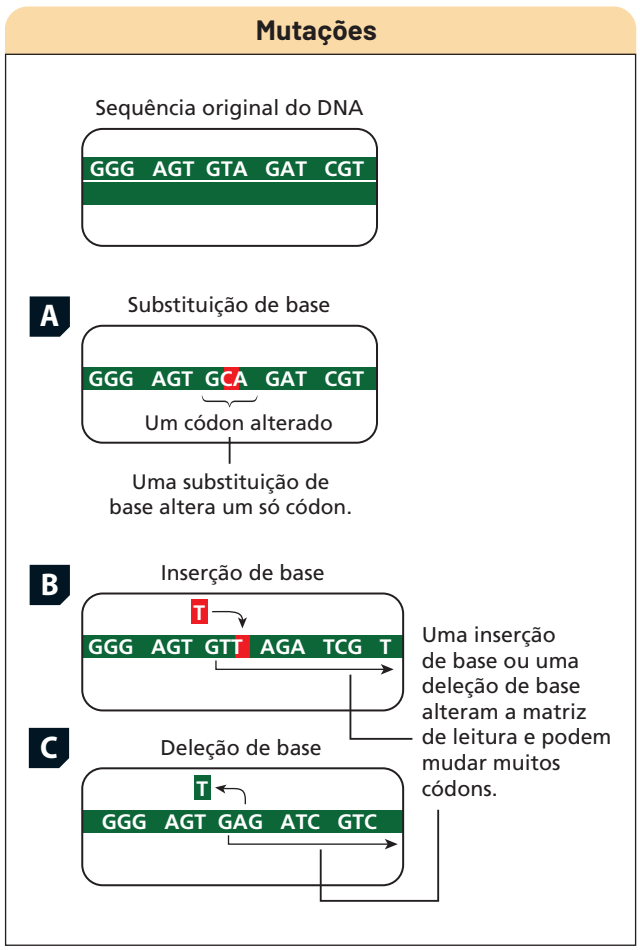
Representação simplificada do que ocorre em eucariontes desde a ativação da cromatina por um estímulo, deixando disponível o gene a ser transcrito, até os processos de transcrição, maturação do RNA, tradução e processamento da proteína. Uma vez exercidas suas funções, o RNAm e as proteínas são degradadas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Mutações

Modificações na sequência de bases nitrogenadas do DNA são chamadas **mutações**. Elas podem ocorrer tanto nas células somáticas quanto nas germinativas. As mutações somáticas podem ficar restritas aos indivíduos que as apresentam, como nos casos de reprodução sexuada, ou serem transmitidas aos descendentes, como ocorre nos seres que se reproduzem assexuadamente. Já as mutações nas células germinativas podem ser transmitidas ao longo das gerações. No entanto, há nas células um **sistema de reparo** dessas alterações, o que reduz a quantidade de mutações que persistem.

As mutações podem afetar uma ou mais bases nitrogenadas, tanto nas regiões codificantes quanto nas regiões não codificantes do DNA. Embora na maioria dos casos as mutações gênicas sejam deletérias, elas desempenham papel na evolução, sendo a fonte primária de variabilidade genética em uma população. Essa maior variabilidade genética aumenta as chances de sobrevivência da população diante de alterações ambientais.

As mutações podem ocorrer por **substituição**, **inserção** e **deleção** de um ou mais nucleotídeos na molécula de DNA. Quando a mutação afeta um único nucleotídeo, é chamada mutação **pontual**, como resumido na figura a seguir.



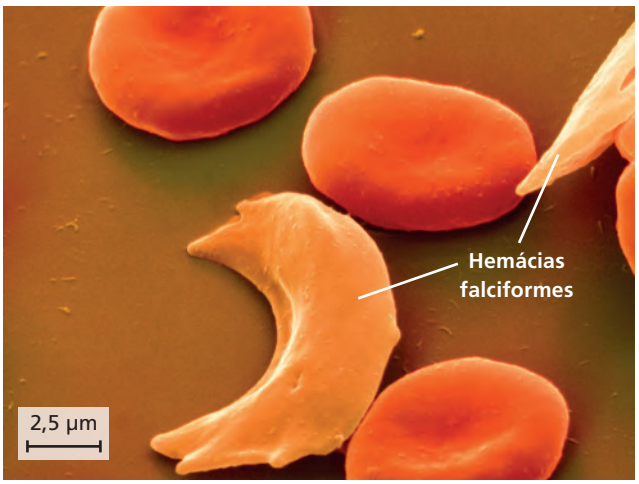
NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação de um trecho do DNA com as bases nitrogenadas e mutações pontuais por substituição **(A)**, inserção **(B)** e deleção **(C)**. Note que, em **(B)** e **(C)**, todo o padrão de códons se altera. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Vamos supor uma mutação pontual em um gene que é transcrito em RNAm, em que houve a substituição no terceiro aminoácido da trinca AAA do DNA, que corresponde ao códon UUU, para AAG, que corresponde ao códon UUC. Nesse caso, não haverá mudança na proteína, pois ambos os códons codificam o aminoácido fenilalanina, pois o código genético é degenerado. Mutações desse tipo são chamadas "**silenciosas**" e contribuem para uma variabilidade genética maior do que a diversidade de características observadas.

Em outra situação, se a substituição pontual alterar um nucleotídeo do códon fazendo com que ele passe a codificar outro aminoácido, a proteína resultante será modificada. No entanto, isso nem sempre afeta sua função. Certas regiões de uma molécula proteica podem não ser essenciais ao seu funcionamento, e, nesses casos, as mutações são consideradas **funcionalmente neutras**. Em contrapartida, existem regiões da proteína que são críticas para sua função, e, quando alteradas, a função da proteína é comprometida. Um exemplo é a hemoglobina humana: uma única mutação por substituição, levando à troca do aminoácido glutamato para valina, altera significativamente sua função. A proteína deixa de transportar gás oxigênio com a mesma eficiência, originando uma doença genética chamada **anemia falciforme** (ou siclemia). Nessa forma de anemia, as hemácias apresentam aspecto de foice, são mais frágeis e podem se romper causando problemas, como fortes dores. Em casos graves, o rompimento é tão intenso e rápido que pode levar a pessoa à morte.



EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Hemácias normais e hemácias falciformes (em forma de foice). (Imagem obtida com microscópio eletrônico de varredura, colorizada no computador e ampliada cerca de 4.000 vezes.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor. Registre em seu caderno

NA PRÁTICA Montando modelos

Forme um grupo com mais quatro colegas de turma com a orientação do professor e realizem as atividades propostas.

OBJETIVO

Produzir modelos de moléculas de DNA e de RNAm para compreender melhor a estrutura delas e montar outro modelo para explicar a tradução visando entender melhor fenômenos abstratos.

MATERIAL

Para a construção desses modelos, são vários os tipos de material que podem ser escolhidos, como cartolinas, massa de modelar, contas de colar, peças de encaixe ou outro material que tenham disponível. Usem a criatividade!

PROCEDIMENTO

- Construam o modelo do DNA com pelo menos 12 pares de nucleotídeos. A partir desse modelo, escolha uma fita do DNA que montaram para elaborar o modelo de RNAm complementar a ela.
- Para a montagem do modelo de tradução, escolham alguns códons da tabela do código genético que sejam suficientes para vocês explicarem o processo de síntese de um peptídeo hipotético formado por quatro aminoácidos (nenhuma proteína é assim tão pequena; este é apenas um exercício para entender o processo).
- O modelo deverá ser capaz de representar todo o processo de síntese proteica de modo simples e claro, considerando as três fases: iniciação, alongamento e terminação. Pensem em como poderão representar os ribossomos, o RNAt, o RNAm, e os aminoácidos.

Uma vez finalizados os modelos, em data a ser marcada pelo professor, mostrem o que produziram para os demais colegas de classe e comparem com os apresentados por eles.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. As moléculas de DNA eram formadas pela mesma sequência de nucleotídeos?
2. As moléculas de RNAm foram transcritas corretamente? No caso dos modelos de tradução, os peptídeos formados foram semelhantes ou diferentes? Houve a utilização de códons diferentes para um mesmo aminoácido?
3. Quais foram as dificuldades?

ATIVIDADE COMENTADA

(Enem) A sequência de nucleotídeos do RNA mensageiro presentes em um gene de um fungo, constituída de sete códons, está escrita a seguir.

1	2	3	4	5	6	7
AUG	UUU	GUU	CAA	UGU	AGU	UAG

Pesquisadores submeteram a sequência a mutações independentes. Sabe-se que os códons UAG e UAA são terminais, ou seja, indicam a interrupção da tradução. Qual mutação produzirá a menor proteína?

a. Deleção de G no códon 3.
b. Substituição de C por U no códon 4.
c. Substituição de G por C no códon 6.
d. Substituição de A por G no códon 7.
e. Deleção dos dois primeiros nucleotídeos no códon 5.

Analisar o enunciado

Para identificar qual mutação vai gerar a menor proteína entre as alternativas fornecidas, devemos pensar em mutações não silenciosas e que gerem um códon de parada antes do códon de número 7; quanto antes ocorrer, mais curta será a proteína.

Selecionar as informações relevantes

- São fornecidos 7 códons que originam uma proteína com 6 aminoácidos;
- Elencar quais são os códons de parada: UAA, UAG e UGA;
- Selecionar entre as mutações indicadas, aquela que gere um códon de parada.

Analisar as alternativas

a. Deleção de G no códon 3: se a deleção de G ocorrer no códon 3 (GUU), haverá alterações nele e nos códons subsequentes (1 - AUG; 2 - UUU; 3 - UUC; 4 - AAU; 5 - GUA; 6 - GUU). Em 7 não teríamos um códon, apenas duas bases, logo, continuam a ser formados seis aminoácidos.

b. Substituição de C por U no códon 4: se a substituição de C por U ocorrer no códon 4 (CAA), o códon se tornará UAA, um códon de parada, o que significa que a tradução será interrompida nesse ponto. Portanto, essa mutação resultará em uma proteína menor, com três aminoácidos.

c. Substituição de G por C no códon 6: se a substituição de G por C ocorrer no códon 6 (AGU), o códon se tornará ACU, que codifica aminoácido. Portanto, o tamanho da proteína não será afetado.

d. Substituição de A por G no códon 7: se a substituição de A por G ocorrer no códon 7 (UAG), o códon se tornará UGG, que codifica o aminoácido triptofano, e a tradução formará uma proteína com sete aminoácidos. Portanto, essa mutação não produzirá uma proteína menor, mas sim uma proteína maior.

e. Deleção dos dois primeiros nucleotídeos no códon 5: se ocorrer a deleção dos dois primeiros nucleotídeos no códon 5 (UGU), o códon 5 se tornará UAG, que é um códon de parada. Isso resultará em uma proteína com quatro aminoácidos, pois a tradução será interrompida nesse ponto.

Verificar a alternativa correta

A mutação que produzirá a menor proteína é a substituição de C por U no códon 4, que acarretará uma proteína com 3 aminoácidos. A resposta correta é a de letra **b**.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

5. Considere o seguinte fragmento de DNA e responda.

AAAGGATTGCCATCCGCAACA

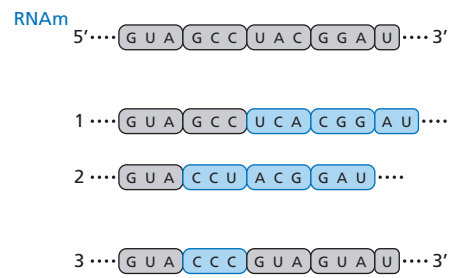
a. Qual é a cadeia complementar de DNA?
b. Escreva o resultado da transcrição da sequência fornecida.

6. Copie o fragmento de sequência de RNAm maduro a seguir e faça o que se pede

A C UC A U G A A A C C G A G G C U U
G U C A C G A A C G U A U A A G C

a. Identifique e marque os códons de iniciação e de terminação presentes na sequência.
b. Usando a tabela do código genético, traduza a sequência do RNAm e monte a sequência de aminoácidos correspondentes.

7. Observe o esquema a seguir, que representa três tipos de alteração na sequência de bases de um trecho de RNAm. Códons alterados em relação ao original (representado na porção superior do esquema) estão indicados em azul.



a. Identifique os tipos de mutação pontual do DNA que possam ter produzido as alterações representadas em 1, 2 e 3, respectivamente.
b. Uma mutação pontual por substituição costuma ser menos impactante do que uma por perda ou por adição? Justifique.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Considere uma proteína formada por 1.800 aminoácidos. Quantos códons especificam esses aminoácidos no seu RNAm maduro? 1. Alternativa **a**.

a. 1.800 códons.
b. 900 códons.
c. 3.600 códons.
d. 5.400 códons.
e. 6.000 códons.

2. A aciclovir é uma das drogas antivirais mais comuns e é muito usada para o tratamento de herpes. Seu mecanismo de ação envolve a conversão da molécula inicial em trifosfato de aciclovir (aciclo-GTP) pelas enzimas virais e do hospedeiro. O aciclo-GTP tem alta afinidade pela DNA polimerase viral, e sua incorporação à cadeia impede a adição de outros nucleotídeos. No hospedeiro, o aciclo-GTP é rapidamente metabolizado.

Sobre a aciclovir, foram feitas as afirmações a seguir.

I. Seu mecanismo de ação impede a duplicação do DNA viral.
II. Seu mecanismo de ação impede a transcrição de RNA a partir do DNA viral.
III. Esse medicamento só deve ser usado em casos graves, pois pode provocar alterações no DNA do hospedeiro.

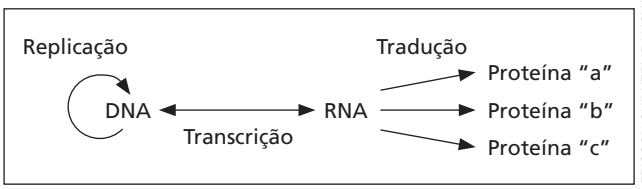
Está correto somente o que se afirma em: 2. Alternativa **e.**

a. II e III.
b. II.
c. I e III.
d. I, II e III.
e. I.

3. (UFPR). O gene da calcitonina codifica tanto o hormônio calcitonina quanto o peptídeo relacionado ao gene calcitonina (CGRP). O CGRP atua como neurotransmissor em tecidos do sistema nervoso, enquanto a calcitonina regula os níveis de cálcio e fosfato sanguíneos por ação sobre os ossos. A partir do processamento do transcrito primário do gene da calcitonina, dois mensageiros maduros que se diferem pela presença de um éxon são formados, a partir dos quais serão produzidos a calcitonina e o CGRP. Considerando as informações apresentadas, assinale a alternativa correta. 3. Alternativa **e**.

a. A informação genética é armazenada nos aminoácidos que compõem o DNA, sendo traduzida em RNA mensageiro e transcrita em proteínas – fluxo esse que determina o fenótipo dos indivíduos.
b. A replicação do DNA é o processo responsável pela expressão dos genes, sendo que esse processo se dá por meio da síntese de segmentos de DNA a partir de sequências específicas.
c. A diversidade de tipos e funções das células que formam os tecidos do corpo humano se dá pelos diferentes códigos genéticos que cada tipo possui.
d. O processo que sintetiza o hormônio calcitonina e o peptídeo relacionado ao gene calcitonina (CGRP) é chamado de transcrição, no qual os RNAs transportadores são responsáveis por levar o mensageiro para o citoplasma da célula onde as proteínas são sintetizadas.
e. A produção do hormônio calcitonina e do peptídeo relacionado ao gene calcitonina (CGRP) a partir de um mesmo gene se deve ao mecanismo de *splicing* alternativo.

4. (Enem) A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas *a*, *b* e *c*. 4. Alternativa **d**.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ ARQUIVO DA EDITORA

Depreende-se do modelo que:

a. a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
b. o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.
c. as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.
d. é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.
e. a molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.

5. Foram analisadas duas amostras de ácidos nucleicos, obtendo-se os seguintes resultados:

Amostra A: 30% de bases A e 30% de bases G

Amostra B: 28% de bases A e 22% de bases G

Com base na análise dos dados, avalie as seguintes afirmações e justifique qual delas está correta.

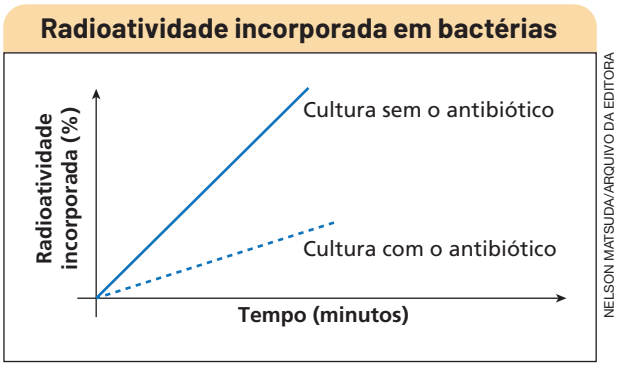
I. A amostra A é de RNA e a amostra B é de DNA.
II. A amostra B é de RNA e a amostra A é de DNA.
III. Ambas as amostras são de DNA.
IV. Ambas as amostras são de RNA. 5. A resposta correta é I.

6. Considere que no DNA de uma ameba tenha sido determinado que 20% das bases correspondem a adenina (A). Quais são as porcentagens esperadas de timina (T), guanina (G) e citocina (C)?

6. O DNA terá 20% de adenina e timina, 30% de citocina e guanina.

7. Considere um experimento hipotético em que duas espécies de bactéria tenham sido cultivadas juntas em dois meios de cultura com todos os nutrientes adequados ao crescimento e multiplicação dos indivíduos. Em um desses meios de cultura foram adicionados nucleotídeos de uracila, marcados com o isótopo radioativo do fósforo ^{32}P. No outro meio, além dos nucleotídeos marcados, adicionou-se certo tipo de antibiótico. Ao se analisar a radioatividade incorporada nas células dessas bactérias nos dois meios de cultura ao longo do tempo, obteve-se o resultado mostrado no gráfico.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



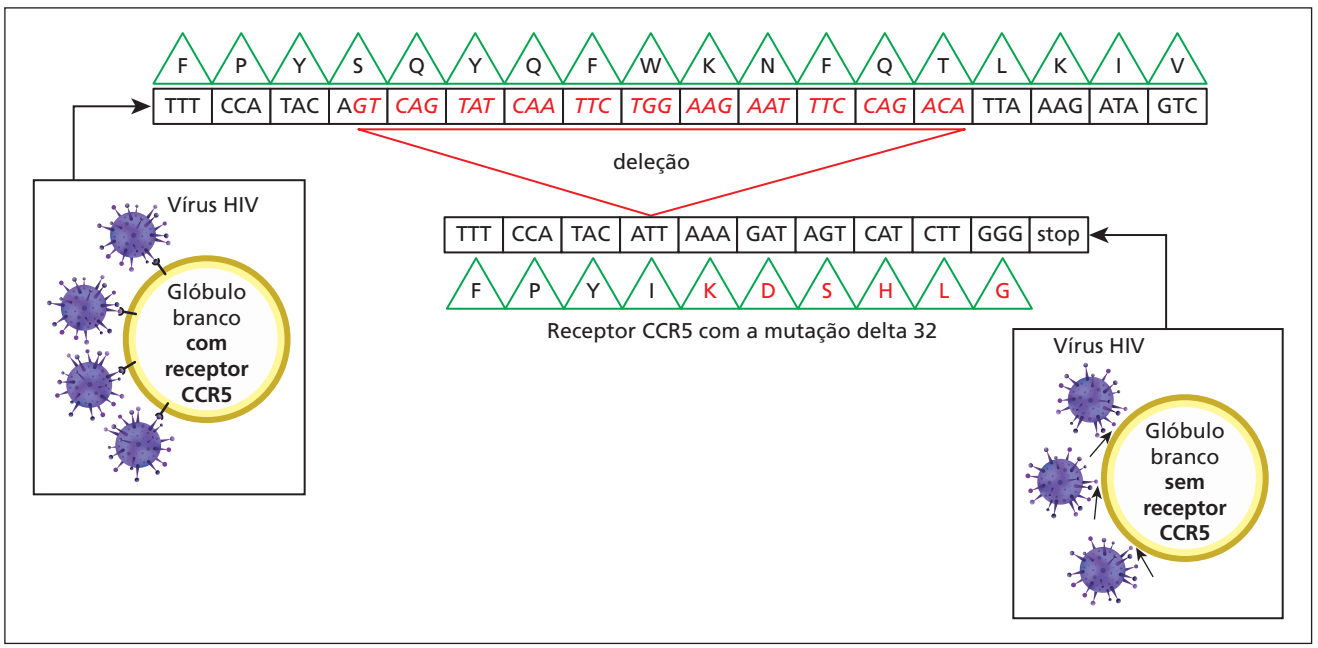
a. Qual foi o objetivo de colocar no meio de cultura nucleotídeos de uracila marcados com o isótopo radioativo? Qual processo estava sendo indiretamente investigado?

b. O que podem sugerir os resultados obtidos no meio de cultura em que o antibiótico foi adicionado?

8. (Fuvest-SP) Um homem que vive com HIV desde a década de 1980 foi curado. Este é apenas o quarto caso do tipo no mundo. Ele recebeu um transplante de medula óssea para tratar uma leucemia que desenvolveu aos 63 anos, e o doador era naturalmente resistente ao vírus. A equipe médica responsável pelo seu tratamento decidiu que ele precisava do transplante para substituir sua medula óssea doente por células normais. O HIV entra nos glóbulos brancos do nosso corpo usando uma porta microscópica – uma proteína chamada CCR5. No entanto, algumas pessoas, incluindo o doador, têm mutações no gene CCR5 que fecham essa porta e impedem a entrada do vírus.

Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-62324526. Acesso em: 13 out. 2024. Adaptado.

O HIV liga-se ao receptor CCR5 durante o processo de infecção dos glóbulos brancos. A mutação delta 32 do CCR5 inviabiliza sua inserção na membrana plasmática impedindo a entrada do HIV conforme ilustrado a seguir:



Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s40011-021-01237-y. Acesso em: 13 out. 2024. Adaptado.

a. Cite outra infecção sexualmente transmissível, além da AIDS.

b. Um laboratório de análises clínicas possui amostras de sangue e mucosa bucal colhidas do paciente antes do transplante e após 1 ano do procedimento. Qual dessas 4 amostras é a indicada para confirmar a presença da mutação no gene CCR5 no paciente curado? Justifique sua resposta.

c. Considerando a estrutura dos genes eucarióticos, a deleção de 32 pares de bases aconteceu em que parte do gene CCR5? Justifique sua resposta.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 22

Divisões celulares e seus significados

WAVEBREAKMEDIA/SHUTTERSTOCK



Você já parou para pensar em como sua pele se recupera quando você se machuca?

A cicatrização de um ferimento na pele, o crescimento do corpo e a renovação dos tecidos dependem do aumento do número de células. Isso ocorre por meio da mitose, divisão celular em que a célula-mãe origina duas células-filhas com a mesma informação genética. Quando desregulada, porém, a mitose pode levar à formação de tumores.

Na diversidade dos eucariontes, a mitose é a base da reprodução assexuada, seja em unicelulares, como as amebas, seja em multicelulares, como as plantas, quando um ramo pode originar um novo indivíduo igual ao de origem.

Há também a meiose, divisão celular que desempenha papel fundamental na reprodução sexuada. Nesse processo, produzem-se células com combinações genéticas únicas, o que está relacionado à diversidade biológica. Nos animais, por exemplo, a meiose origina os gametas. Erros durante a meiose, no entanto, podem resultar em células com alterações cromossômicas, cujas consequências variam de caso a caso.

Nos procariontes não há mitose, meiose, nem reprodução sexuada. Eles se multiplicam assexuadamente, originando células idênticas ou com novas combinações genéticas geradas por processos como mutação e transformação bacteriana.

Neste capítulo, exploraremos esses e outros aspectos das divisões celulares dos eucariontes, com foco maior na espécie humana.

Retome com os estudantes os capítulos 1, 2, 6, 15, 18, 20 e 21, para que possam retomar e aprofundar os respectivos conhecimentos ao longo do estudo deste capítulo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

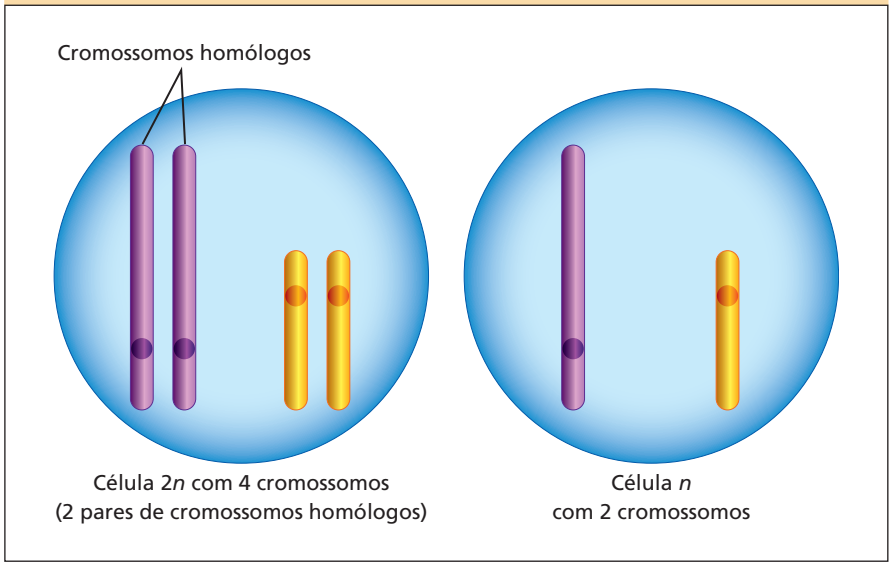
Divisão celular nos eucariontes: noções gerais

Já analisamos anteriormente que o núcleo é a organela celular de maior dimensão, e é nele que estão armazenados os cromossomos, cada um formado por uma longa molécula de DNA associada a várias moléculas de proteínas histonas. No DNA, estão os genes.

Nas células somáticas (do grego, *soma* = corpo) da maioria dos eucariontes, há duas cópias de cada cromossomo, chamados **homólogos**. Essas células são consideradas **diploides** (*2n*). Já os gametas são **haploides** (*n*), contendo apenas um conjunto de cromossomos.

Os cromossomos homólogos têm a mesma sequência de genes no DNA e o lugar que cada gene ocupa nos cromossomos é chamado **loco gênico** (do latim, *locus* = lugar).

Célula diploide e célula haploide

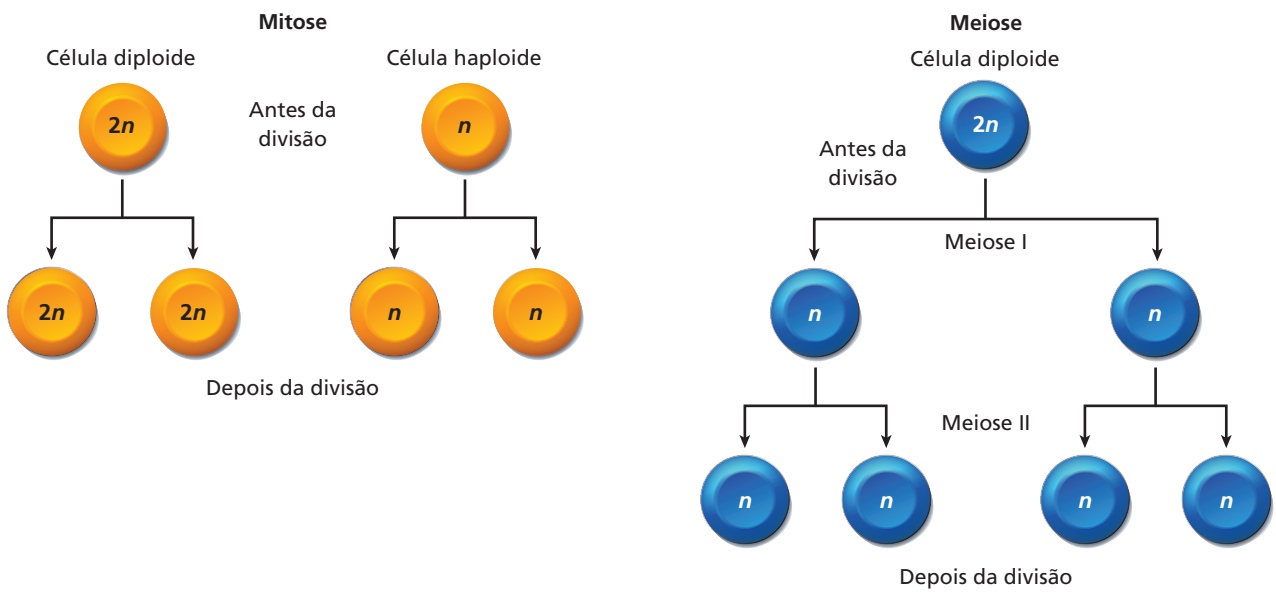


GUILHERME FERREIRA/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de uma célula diploide com quatro cromossomos (dois pares de cromossomos homólogos) e de uma célula haploide com dois cromossomos não homólogos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Na mitose, uma célula *2n* dá origem a duas células *2n*, ou uma célula *n* dá origem a duas células *n*. Na meiose, uma célula *2n* origina quatro células *n*, por meio de duas divisões celulares sucessivas (**meiose I** e **meiose II**).

Comparação entre mitose e meiose



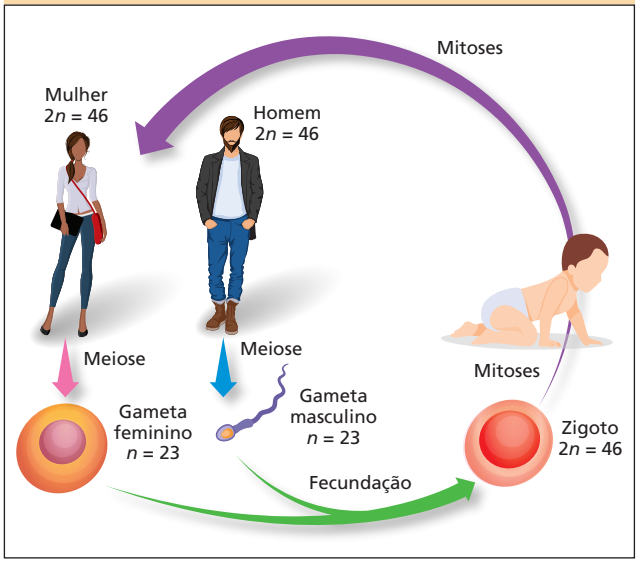
GUILHERME FERREIRA/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de mitose e meiose mostrando a ploidia das células iniciais e das que resultam dos processos de divisão celular.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Cada espécie tem um número típico de cromossomos. Na espécie humana, há 23 pares de cromossomos homólogos. Na meiose, esses pares se separam, resultando em gametas com 23 cromossomos não homólogos (em cópia simples). Na fecundação, os gametas se unem, recompondo o número diploide de 46 cromossomos (23 pares).

Ciclo reprodutivo humano



GUILHERME FERREIRA/ARQUIVO DA EDITORA

Representação do ciclo reprodutivo na espécie humana. Após a fecundação, o zigoto passa por várias mitoses, originando um novo indivíduo, que cresce e pode se reproduzir sexuadamente, dando continuidade ao ciclo de vida. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

O ciclo celular

O ciclo de vida das células eucarióticas, chamado **ciclo celular**, compreende duas etapas: interfase e divisão celular.

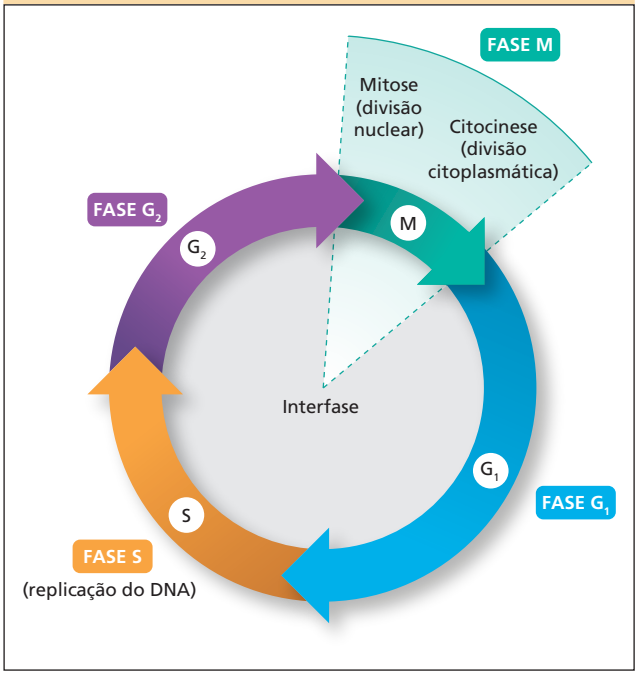
A **interfase** representa a maior parte do ciclo celular e é subdividida em três fases:

- **G_1** (a letra deriva do inglês *Gap*, que significa intervalo): fase em que a célula cresce, sintetiza proteínas e realiza suas funções específicas;
- **S** (síntese), em que ocorre a replicação semiconservativa do DNA, resultando na formação de duas cópias idênticas do material genético, o que leva à duplicação dos cromossomos;
- **G_2**, em que a célula cresce, porém menos do que em G_1, e se prepara para a divisão.

A **divisão celular** ou **etapa M** inclui a mitose, com a divisão do núcleo ou **cariocinese** (do grego, *karion* = núcleo; *kínesis* = movimento), acompanhada da **citocinese** (do grego, *kytos* = célula; *kínesi* = movimento), com a separação da célula-mãe em duas células-filhas idênticas.

Após a divisão celular, as células-filhas podem reiniciar o ciclo celular.

Ciclo celular



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação do ciclo celular, evidenciando a duração relativa das fases. A interfase é a fase mais longa.

Controle do ciclo celular

No ciclo celular, há momentos conhecidos como **pontos de checagem**, em que mecanismos celulares específicos verificam as condições da célula e do ambiente externo, avaliando se as condições estão favoráveis para a correta divisão celular.

São três os pontos de checagem: dois na interfase e um na mitose. Se as condições não forem adequadas, o sistema de controle da célula pode interromper o ciclo nesses pontos.

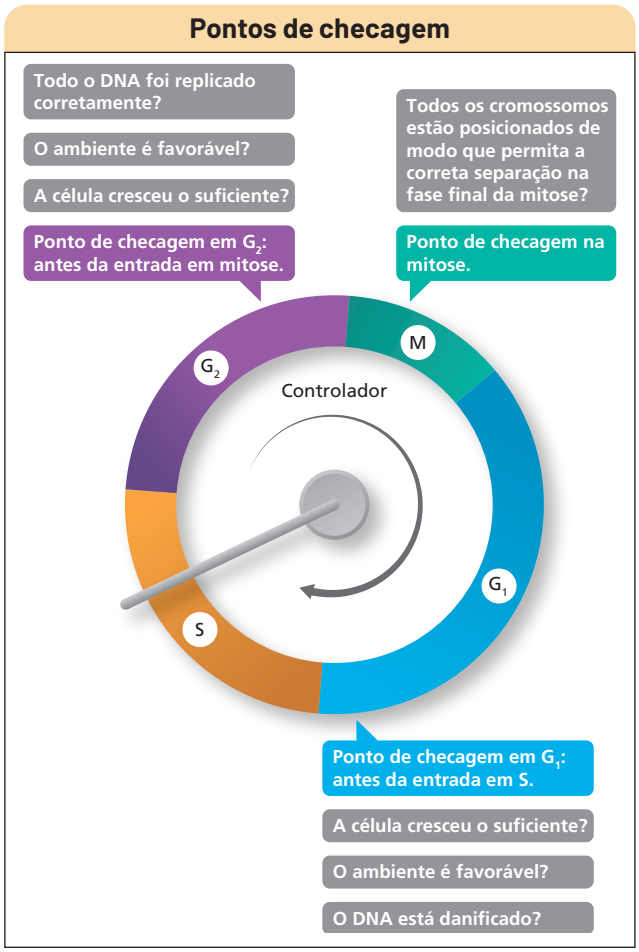
A fase G_1 é a que apresenta maior variação de sua duração. Ela é a mais sensível às condições extracelulares e, se elas forem desfavoráveis, a célula estaciona nessa fase ou até mesmo pode entrar em um estado de repouso especializado chamado **G_0** (G zero). No estado G_0, a célula pode permanecer dias, semanas ou mesmo anos, até que as condições ambientais se tornem favoráveis para novas divisões e a célula possa retomar o ciclo celular.

Muitas das células dos tecidos humanos do adulto, no entanto, ficam naturalmente em G_0 por um período que pode ser curto, longo ou permanente. Células do fígado, por exemplo, ficam em G_0, mas podem voltar a se dividir mais rapidamente quando estimuladas, por exemplo, por remoção cirúrgica de parte desse órgão. Outro exemplo são os linfócitos, glóbulos brancos do sangue, que ficam longos período em G_0, como células da memória imunitária, mas, quando estimulados pela presença de antígenos, proliferam e participam dos mecanismos de defesa. Células que ficam permanentemente em G_0 até sua morte estão representadas

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

pelos neurônios e células musculares. Depois de diferenciadas, elas não se dividem mais, sendo sua reposição feita pela multiplicação e diferenciação de células-tronco adultas.

No entanto, outros tipos celulares, que apresentam grande capacidade de divisão, geralmente não entram em G_0. É o caso das células da epiderme, que estão constantemente sendo produzidas, repondo as que são perdidas pelo processo natural de descamação. Processo semelhante ocorre com as células do epitélio intestinal, que se dividem de uma a duas vezes por dia e repõem as células que são perdidas por descamação.



RENAN ORACIC/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

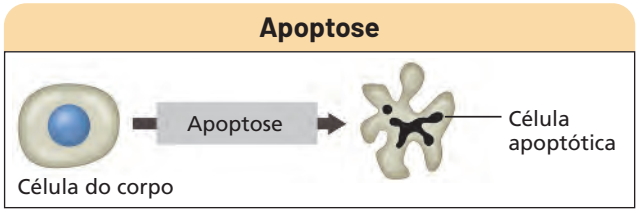
Resumo do sistema de controle do ciclo celular, representado graficamente como um controlador central cujo braço gira em sentido horário, passando pelos pontos de checagem.

Necrose e apoptose

Há dois tipos de morte celular: a necrose e a apoptose. Na **necrose**, as células morrem por terem sofrido lesões. Elas incham, estouram e liberam seu conteúdo sobre as células vizinhas, danificando-as. Nesse processo, as células desencadeiam uma resposta que é prejudicial ao corpo.

Na **apoptose**, as células morrem por meio de um processo programado, não prejudicial ao corpo. A manutenção do corpo dos multicelulares depende da divisão celular por mitose, da diferenciação celular e de mecanismos que controlam o número de células. Novas células são produzidas, diferenciam-se, mas muitas células morrem, o que ocorre, na maioria dos casos, por apoptose, ou seja, por morte celular programada.

Ao entrar em apoptose, as células encolhem, a cromatina fica muito condensada, o citoesqueleto e o envelope nuclear são degradados, a superfície celular altera-se e a célula morre. Nessas condições, as células são fagocitadas e degradadas ou por células vizinhas ou pelos macrófagos.



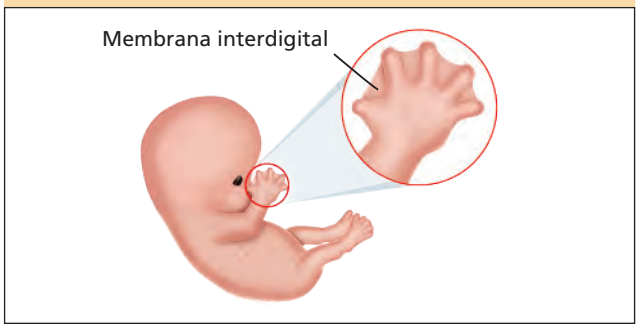
PAULO MANZI/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de apoptose que ocorre quando a célula não recebe sinais apropriados à sua sobrevivência. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A apoptose é um evento muito comum nos tecidos de animais e de plantas. Ela pode ser desencadeada por hormônios, radiação, toxinas, falta de gás oxigênio, erros não corrigidos no ciclo celular, entre outros fatores. Todas essas vias podem gerar a degradação do DNA nuclear.

Em um ser humano adulto, por exemplo, a cada dia, bilhões de células saudáveis entram em apoptose sem causar distúrbios no corpo. No capítulo 20, mencionamos a ação dos linfócitos citotóxicos e das células NK na destruição de células infectadas por vírus, causando a morte dessas células. Esses são casos de apoptose. Essas células do sistema imunitário reconhecem as células infectadas, unem-se a elas e liberam substâncias que as induzem a sofrer apoptose. Outro exemplo de apoptose ocorre durante o desenvolvimento embrionário humano. No início de sua formação, o feto tem os dedos das mãos e dos pés unidos por membranas interdigitais, que se individualizam à medida que as células dessas membranas morrem por apoptose.



ERIKA ONODERA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GILBERT, S. F. **Biologia do desenvolvimento**. 5. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2003.

Representação de feto humano no início da gestação, mostrando, no detalhe, as membranas interdigitais. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Embora importante, o excesso de apoptose pode provocar doenças. É o caso da aids, uma síndrome autoimune desencadeada pela infecção de células de defesa pelo vírus HIV. A proteína do HIV conhecida como Tat, produzida dentro das células, tem a capacidade de aumentar a expressão de fatores que promovem a apoptose excessiva de linfócitos. Desse modo, o sistema de defesa do indivíduo fica prejudicado, o que desencadeia o surgimento de diversas doenças oportunistas.

Interfase

Retome com os estudantes o capítulo sobre ácidos nucleicos.

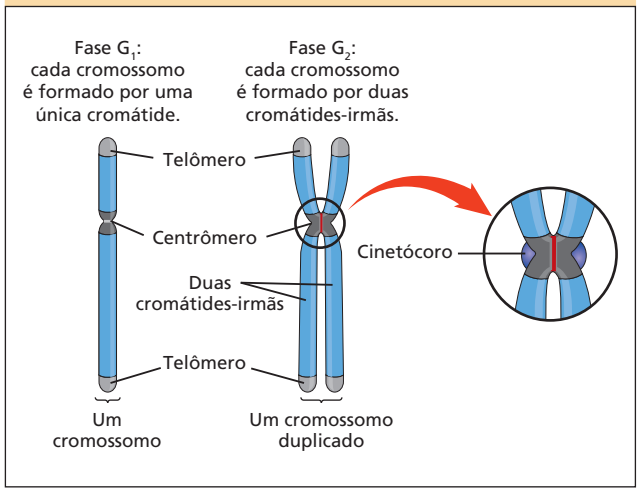
Na fase G_1, há em cada cromossomo uma só molécula de DNA, organizada em uma só **cromátide**.

Todos os cromossomos apresentam uma região de constrição chamada **centrômero**, formando dois braços no cromossomo, e, em cada extremidade livre, um **telômero**. Essas duas regiões fazem parte dos trechos não codificantes do DNA.

Na fase S, em função da duplicação semiconservativa do DNA de cada cromossomo, eles passam a ser formados por duas cromátides idênticas chamadas **cromátides-irmãs**, que ficam unidas pelo centrômero. Em cada cromátide-irmã há uma única molécula de DNA.

Na fase G_2, o centrossomo e o par de centríolos duplicam-se. Os centrossomos são responsáveis pela formação dos microtúbulos que vão compor as fibras participantes da divisão celular, chamadas **fibras do fuso**. Na região do centrômero de cada cromátide-irmã, surge um complexo proteico chamado **cinetócoro**, ao qual se unirão certas fibras do fuso.

Cromossomos na interface



GUILHERME FERREIRA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representações de cromossomos na interfase. No detalhe, a região do centrômero de um cromossomo duplicado, evidenciando o cinetócoro. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

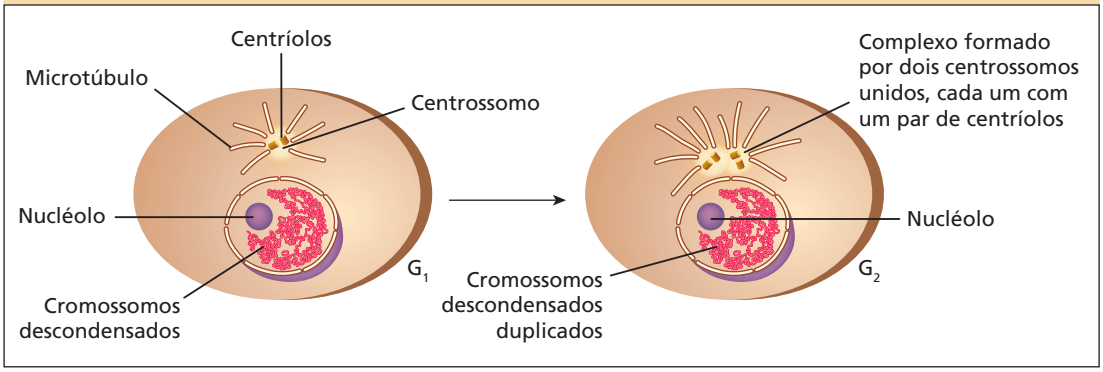
Os **telômeros** estabilizam as pontas dos cromossomos e são importantes na limitação do número de divisões celulares. Esse mecanismo faz parte de um controle que evita a multiplicação excessiva de células. Isso é possível porque, a cada divisão celular, os telômeros encurtam-se. Após sucessivas divisões, se esse encurtamento for além de determinado ponto considerado crítico, o cromossomo se torna instável e é degradado. Isso causa a apoptose da célula. O encurtamento dos telômeros também tem relação com as causas do envelhecimento.

Em certos tipos de célula sujeitos a divisões celulares frequentes, há mecanismos que impedem a redução dos telômeros. Nesses casos, um tipo de enzima chamada **telomerase** repõe as bases nitrogenadas das pontas dos cromossomos e compensa sua redução. A telomerase parece ter também um papel importante no desenvolvimento de câncer.

Antes do início da divisão celular, o centrossomo, os centríolos e os cromossomos duplicam-se. Os cromossomos permanecem descondensados na interfase.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Interfase



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de células no início da fase G_1 e na fase G_2 da interfase, evidenciando a duplicação do centrossomo e dos centríolos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Câncer e descontrole celular

ODS 3 As células cancerosas caracterizam-se por se dividirem continuamente, "escapando" dos mecanismos de controle que evitariam sua multiplicação. Isso pode ocorrer por várias causas, como as que promovem o aumento do número de divisões celulares, e as que suprimem a apoptose. Por exemplo, o gene supressor de tumor, chamado TP53, regula o ciclo celular e é um dos que mais sofrem mutação nos casos de câncer em humanos. Cerca de 50% dos casos de câncer relacionam-se a mutações nesse gene. Ele está envolvido em processos de ativação de proteínas de reparo do DNA. Se os danos forem reparados, a célula segue no ciclo celular. Se o dano ao DNA for muito grande para ser reparado, a célula entra em apoptose. Mutações nesse gene levam a falhas nesse processo e as células não entram em apoptose. Com isso proliferam, causando o câncer. A mutação nesse gene pode ocorrer, por exemplo, em função de exposição a radiação, substâncias químicas ou ação de determinados vírus, como o papilomavírus humano (HPV) – que causa câncer genital. Pessoas que herdam pelo menos uma cópia alterada do gene TP53 têm maior probabilidade de desenvolver câncer na infância ou adolescência.

A telomerase também tem papel importante no desenvolvimento de câncer, pois nas células cancerosas a telomerase está ativa, repondo as pontas dos cromossomos, o que propicia o prosseguimento das divisões celulares.

As células cancerosas podem proliferar muito e se espalhar pelo corpo, o que caracteriza as **metástases**.

O diagnóstico precoce de câncer aumenta as chances de cura. Há diversas maneiras para se realizar esse diagnóstico, como mamografias, tomografias, ressonâncias magnéticas e exames de raios X, que atualmente podem ser interpretadas com algoritmos de Inteligência Artificial (IA). Essa análise tem permitido identificar padrões sutis e com grande precisão e rapidez. Isso pode acelerar o diagnóstico e permitir intervenções mais precoces, aumentando significativamente as chances de sucesso no tratamento. Por exemplo, em mamografias, a IA pode identificar até mesmo microcalcificações ou outras anomalias que podem ser indicativas de tumores malignos. Além disso, o uso de IA pode analisar sequências de DNA que identificam mutações gênicas sugestivas de câncer, como a presença dos genes BRCA1 e BRCA2, que indicam risco aumentado de câncer de mama e de ovário. A IA não substitui o trabalho dos médicos, mas o complementa, aumentando a precisão, a eficiência e, sobretudo, a capacidade de detectar cânceres em estágios iniciais.

A prevenção é sempre o melhor remédio, e por isso é essencial conscientizar as pessoas sobre a importância de realizar exames e manter acompanhamento médico regular. Campanhas como o Outubro Rosa e o Novembro Azul cumprem esse papel ao dedicar todo um mês ao reforço da importância da prevenção e do diagnóstico precoce, focando no câncer de mama e no de próstata, respectivamente.



SRKALAMARI/SHUTTERSTOCK

O laço rosa representa o Outubro Rosa, referente à campanha de conscientização e prevenção do câncer de mama. O laço azul simboliza o Novembro Azul, dedicado à campanha contra o câncer de próstata.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Radiações ionizantes, como os raios X, têm energia suficiente para remover elétrons dos átomos ou moléculas, transformando-os em íons. Isso pode alterar a estrutura molecular de materiais biológicos, como a quebra do DNA, e causar danos significativos às células vivas. Considerando que esses danos podem ocorrer em qualquer fase do ciclo celular, em quais pontos do ciclo eles podem ser detectados? Justifique.
2. No ciclo de vida de sapos, há uma fase larval aquática, em que os indivíduos chamados girinos possuem cauda e brânquias, adaptações importantes para a vida na água. Na passagem para a vida terrestre e adulta, os girinos sofrem metamorfose, quando ocorrem várias transformações no corpo, o que inclui a morte das células dessas estruturas e posterior fagocitose por macrófagos. Esse processo pode ser considerado necrose ou apoptose? Justifique.
3. Explique como os telômeros podem se relacionar com a proliferação de células cancerosas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fases da mitose e citocinese

A mitose é dividida em quatro fases sequenciais: **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase**. Seus nomes são derivados das palavras gregas "*pro*" significa antes, "*meta*", intermediário, "*ana*", separação, e "*telo*", final.

Prófase

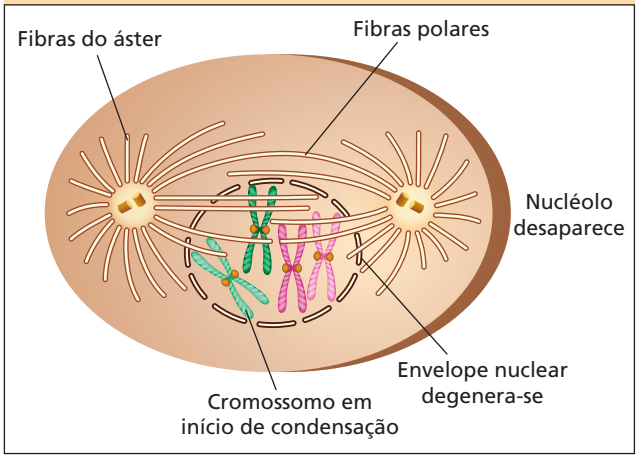
No início da prófase, cada cromossomo duplicado começa a se condensar, tornando-se visível ao microscópio de luz como estruturas individualizadas.

Os nucléolos vão se tornando menos evidentes, até desaparecerem, pois a transcrição de RNAr, que ocorre nessa região, cessa.

No citoplasma, cada centrossomo organiza seu próprio arranjo radial de microtúbulos do fuso, denominado **áster** (do grego, *aster* = estrela) em função do aspecto de estrela do conjunto. Aos poucos, algumas das fibras crescem e determinam o afastamento dos centrossomos, de modo que cada um deles vai para um dos polos da célula. Essas fibras maiores constituem as **fibras polares** do fuso.

A prófase termina com a degeneração do envelope nuclear.

Final da prófase



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular a célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

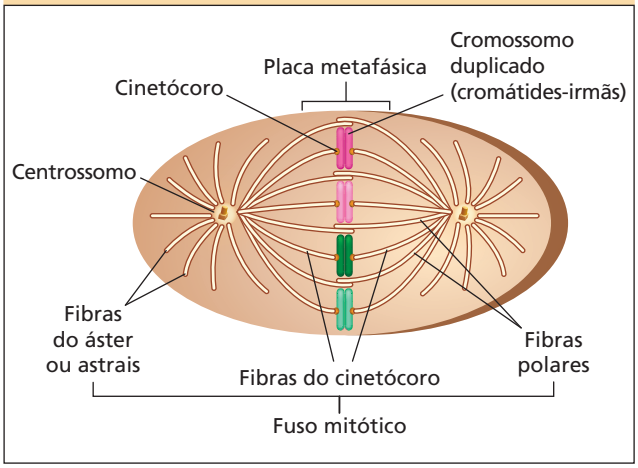
Representação do final da prófase. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Metáfase

A metáfase começa logo após a ruptura do envelope nuclear, quando deixa de existir limite físico entre o citoplasma e o material nuclear. Isso permite que as fibras polares cheguem aos cromossomos. Algumas dessas fibras unem-se aos cinetócoros, formando fibras do fuso chamadas **cromossômicas** ou **fibras do cinetócoro**. Essa união possibilita e orienta o deslocamento dos cromossomos em direção à região equatorial da célula e forma a placa equatorial, também chamada **placa metafásica**.

Na metáfase, os cromossomos atingem o máximo de condensação, sendo a fase em que eles são mais facilmente visíveis de forma individual aos microscópios.

Metáfase



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

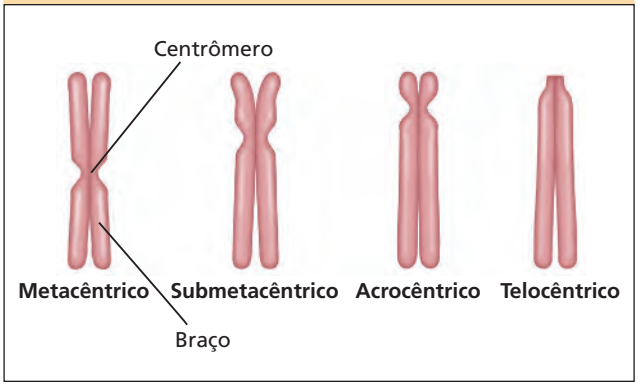
Representação de uma célula em metáfase. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Cariótipo

Por ser na metáfase que os cromossomos estão bem visíveis ao microscópio, é possível a realização do **cariótipo**, conjunto de cromossomos da célula somática de uma espécie. Para isso, a mitose é interrompida com o uso de **colchicina**, substância que impede a formação das fibras do fuso, fazendo com que as células fiquem estacionadas nessa fase.

Por meio do cariótipo, é possível saber o número e o tamanho dos cromossomos, além de analisar a posição do centrômero; com base nela, os cromossomos são classificados em metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico e telocêntrico, como mostra a imagem a seguir.

Classificação dos cromossomos



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

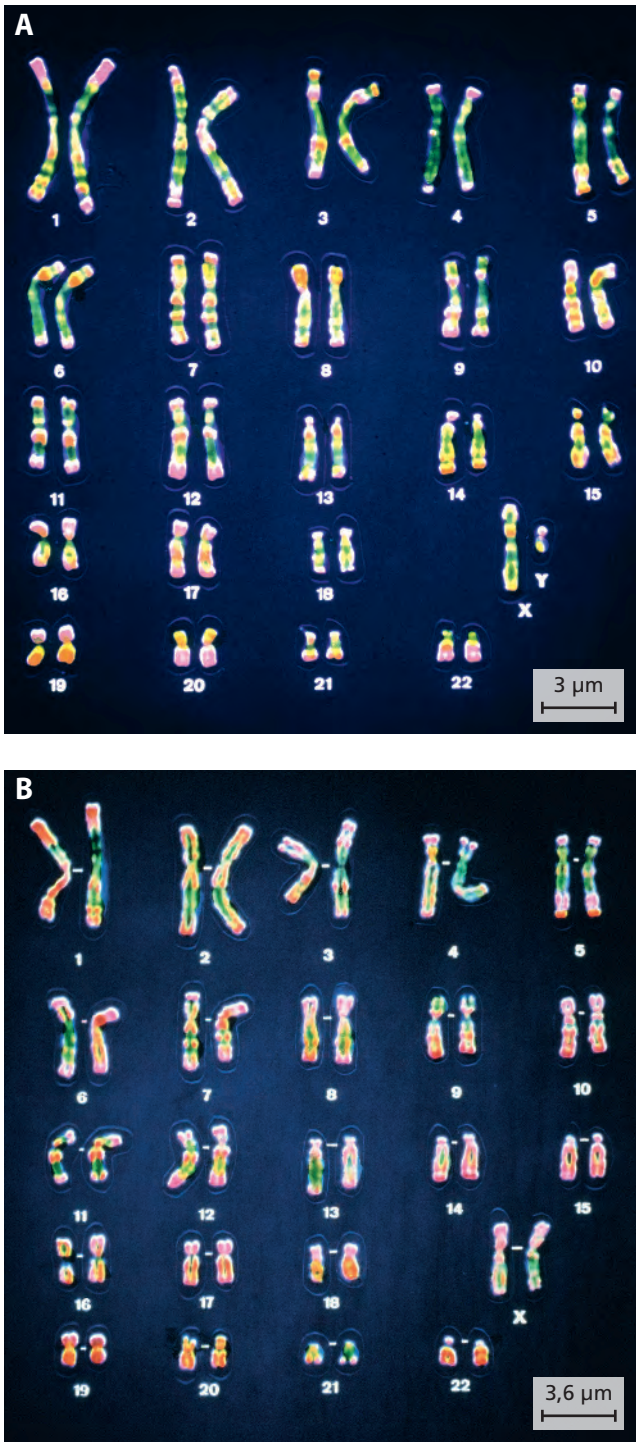
Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação dos quatro tipos de cromossomo, com base na posição do centrômero. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

As imagens a seguir exemplificam os cariótipos de um homem e de uma mulher. Analisando-as, verifica-se que, dos 23 pares de cromossomos, 22 são semelhantes em ambos os sexos. Eles recebem o nome de **autossomos**. O último par é diferente nos sexos, sendo chamado **sexual**. No sexo biológico masculino, esses cromossomos são **XY**, e no feminino, **XX**.

FOTOS: CNRI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



Cariótipos humanos de indivíduos do sexo biológico masculino (cromossomos ampliados 3.350 vezes) (**A**) e do sexo biológico feminino (**B**). (Imagens dos cromossomos foram obtidas por microscópio de luz, coloridas artificialmente, ampliadas 3.350 vezes; cores-fantasia.)

A representação do cariótipo humano especificando o sexo biológico do indivíduo é feita da seguinte maneira:

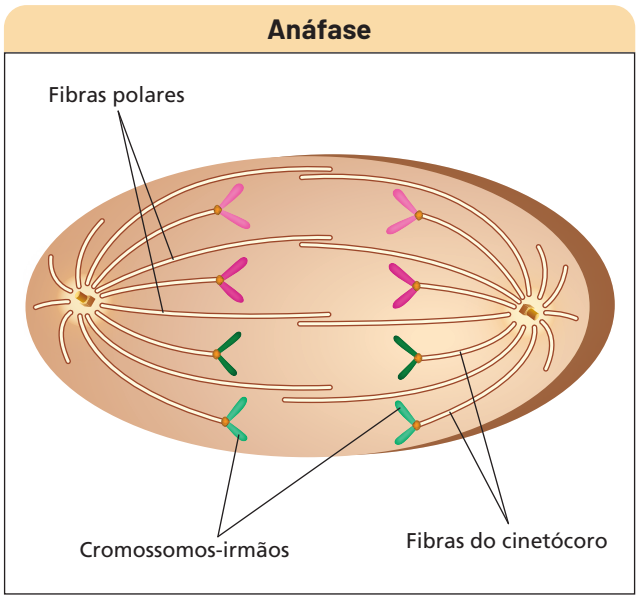
- sexo feminino: 46, **XX**: o que significa dizer 46 cromossomos ao todo e, entre eles, o par de cromossomos sexuais **XX**;
- sexo masculino: 46, **XY**: o que significa dizer 46 cromossomos ao todo e, entre eles, o par de cromossomos sexuais **XY**.

Anáfase

A anáfase inicia-se com a separação dos centrômeros, o que permite a separação completa das duas cromátides-irmãs de cada cromossomo duplicado. Assim que se separam, as cromátides-irmãs passam a ser chamadas **cromossomos-irmãos**.

Os cromossomos-irmãos são puxados para polos opostos da célula pelo encurtamento das fibras do cinetócoro. Quando os cromossomos atingem os polos da célula, termina a anáfase.

Cada polo da célula recebe, assim, o mesmo material genético.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de uma célula em anáfase. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Telófase e citocinese

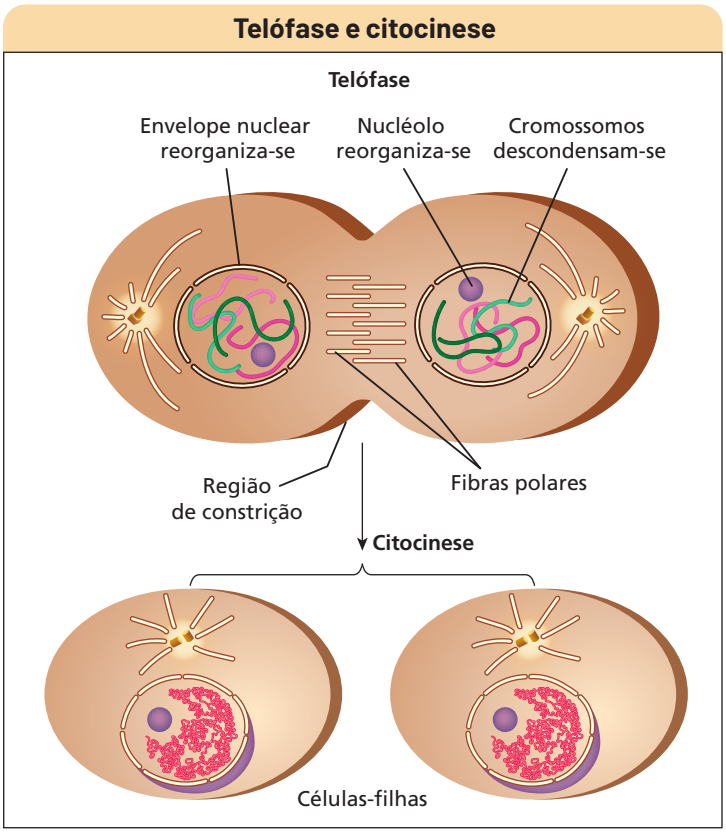
Na telófase, última fase da mitose, os cromossomos passam por descondensação; os cinetócoros e as fibras do fuso, exceto as polares, desaparecem; o envelope nuclear e o nucléolo são reorganizados.

Ao final da telófase fica concluída a divisão do núcleo; os dois núcleos-filhos apresentam o mesmo aspecto do núcleo interfásico.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Ao mesmo tempo, completa-se também a divisão celular com a citocinese, que geralmente inicia-se na telófase ou, em alguns casos, no final da anáfase.

No início da citocinese, microfilamentos de actina, associados a proteínas miosina, organizam-se próximo à membrana plasmática e formam um anel. Este, ao se contrair, separa as duas células-filhas. Trata-se, portanto, de uma **citocinese centrípeta** (de fora para dentro).



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

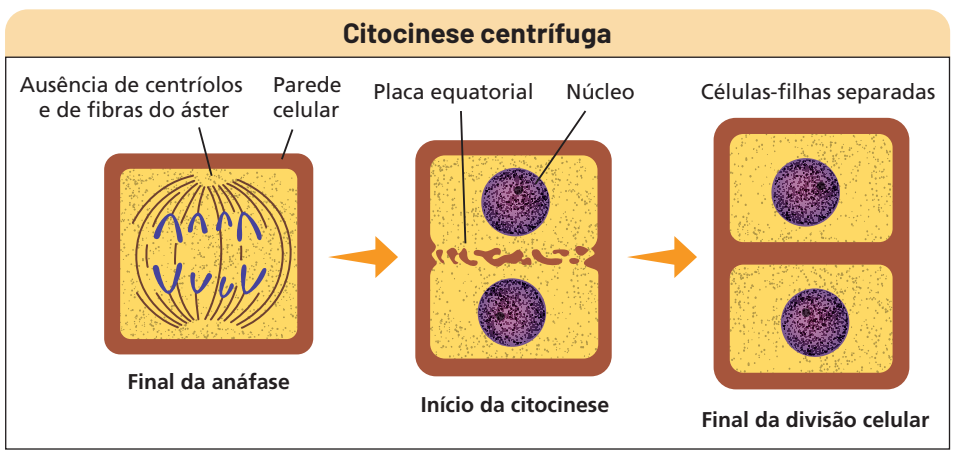
Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de célula em telófase e do processo de citocinese, quando duas células-filhas são formadas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Diferenças na mitose entre células animais e vegetais

Células de plantas do grupo dos pinheiros e de todas as angiospermas (plantas que produzem flores) não possuem centríolos (acêntrica), mas têm centrossomo, e as fibras do áster não se formam (anastral). A citocinese é **centrífuga**, ou seja, ocorre de dentro para fora, em função da grande resistência da parede celular.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: RAVEN, P. *et al*. **Biologia Vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Representação de citocinese centrífuga em célula vegetal. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

4. Ordene temporalmente os eventos da mitose descritos a seguir. 4. b, d, a, c.

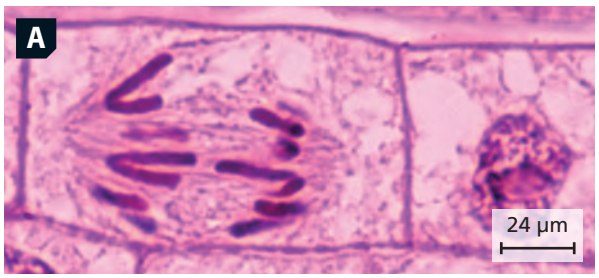
a. Migração dos cromossomos para os polos da célula.

b. Desaparecimento do envelope nuclear.

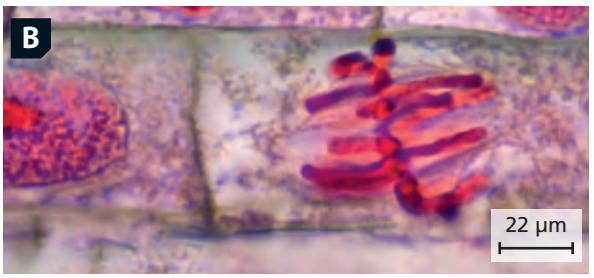
c. Reorganização do envelope nuclear e descondensação dos cromossomos.

d. Cromossomos bem visíveis e no máximo de condensação.

5. As micrografias a seguir foram obtidas no microscópio de luz. Elas mostram células coradas do tecido da extremidade da raiz de cebola, nas quais ocorrem muitas divisões mitóticas. Analise as imagens e indique em qual fase da mitose cada célula destacada se encontra. Justifique suas respostas.



Fotomicrografia de células de raiz de cebola. (Aumento de 415 vezes. As células foram tratadas com corantes.)



Fotomicrografia de células de raiz de cebola. (Aumento de 385 vezes. As células foram tratadas com corantes.)

FOTOS: ED RESCHKE/GETTY IMAGES

Registre em seu caderno

EM FOCO A radiação que pode matar também pode curar

ODS 3 ODS 7 ODS 13

A radiação que pode causar dano também tem o potencial de ser usada terapeuticamente, mas seus efeitos variam com a dose e a exposição.

Em 1986, um dos reatores da usina nuclear de Chernobyl (Ucrânia) explodiu, liberando material radioativo até grandes distâncias. Os primeiros bombeiros a atender o desastre não sabiam do problema com o reator, muito menos da dose letal de radiação que estavam recebendo, morrendo em pouco tempo. As pessoas que sobreviveram, apresentaram sintomas como perda de cabelo, diarreia sangrenta, vômito e infecções oportunistas, todos relacionados à frequência com que as células se dividem.

O urânio enriquecido usado em reatores nucleares emite, entre outras formas de radiação, partículas e ondas eletromagnéticas, como raios X e radiação gama, com frequência capaz de ser absorvida pelo DNA. Essas radiações provocam danos ao DNA, que, quando detectados nos pontos de checagem do ciclo celular, levam as células a entrar em apoptose. Assim, pouco a pouco, as células vão perdendo suas funções e morrem. As primeiras células a passar por esse processo são as que se dividem mais rapidamente.

No entanto, determinadas radiações que matam podem ser usadas para a cura. A radioterapia, por exemplo, se baseia nesse princípio: promove dano direcionado no DNA de células tumorais ou cancerosas, que tipicamente se dividem com mais rapidez, levando-as à morte. Uma das fontes radioativas empregadas na radioterapia é o **césio-137**.



EYEEM MOBILE GMBH/GETTY IMAGES

Complexo de usinas nucleares de Chernobyl, na Ucrânia. A foto foi tirada em 2024.

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

Ironicamente, foi o descaso de uma clínica de radioterapia, o Instituto Goiano de Radioterapia, que, apesar de ter o potencial de salvar vidas, acabou causando a maior tragédia do mundo com esse tipo de elemento radioativo. O Instituto, especializado no tratamento de câncer, foi desativado em 1985, e a máquina de radioterapia, que continha uma cápsula de césio-137, permaneceu no local, que ficou abandonado sem cuidados ou avisos. No dia 13 de setembro de 1987, dois catadores de material reciclável encontraram a máquina. No primeiro dia de contato com o equipamento, ambos apresentaram sintomas da exposição à radioatividade proveniente da cápsula de césio contida nele. Os catadores venderam o equipamento, ainda contendo a cápsula de césio, para um ferro-velho.



MEGGI/SHUTTERSTOCK

Símbolo do césio-137 e dos materiais radioativos.

Ao desmontá-lo, o proprietário do ferro-velho encontrou a cápsula, abriu-a e manipulou o pó radioativo de césio, que brilha em tom azul no escuro. O pó brilhante foi levado para a casa do proprietário e contaminou alguns de seus familiares. Por dias, o material brilhante circulou entre várias pessoas, resultando na exposição à radiação de pelo menos 129 delas. Isso levou a sintomas graves da radiação, provocando sequelas e, em alguns casos, morte.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Quais são os benefícios e riscos do uso da radiação na sociedade atual? Considere aspectos como o tratamento e o diagnóstico de doenças, a geração de energia e possíveis acidentes.
2. Como o incidente do Instituto Goiano demonstra a importância do descarte responsável de material radioativo e da conscientização sobre os riscos à saúde e ao ambiente?

Meiose e os tipos de ciclo de vida

Entre os grupos de eucariontes com reprodução sexuada, há diferenças quanto ao momento em que ocorre a meiose. Considerando que os ciclos de vida têm início com a fecundação, a meiose pode ser classificada como:

- **final** ou **gamética**: ocorre na formação de gametas, no final do ciclo, de modo que apenas os gametas são haploides e os indivíduos são diploides; está presente em todos os animais e em algumas algas.
- **inicial** ou **zigótica**: ocorre no zigoto, logo após a fecundação. Nesse caso, o zigoto diploide sofre meiose e forma esporos haploides, que germinam e originam organismos haploides, os quais produzem gametas por mitose. É o caso do ciclo de vida de fungos e de algumas algas.
- **intermediária** ou **espórica**: ocorre no meio do ciclo de vida e está presente em plantas terrestres e muitas algas. A meiose origina esporos, que germinam e dão origem a indivíduos haploides que formam, por mitose, os gametas. Após a fecundação, o zigoto diploide origina indivíduos diploides, que formam esporos por meiose e ciclo prossegue com a fase haploide. Dessa maneira, há **alternância de gerações** ou **metagênese**, em que uma fase com indivíduos diploides, formadora de esporos por meiose, se alterna com uma fase com indivíduos haploides que forma gametas por mitose.

Meiose e suas fases

As fases das duas etapas da meiose são:

- **meiose I**: prófase I, metáfase I, anáfase I, telófase I;
- **meiose II**: prófase II, metáfase II, anáfase II, telófase II.

Vamos analisar cada uma dessas fases, com ênfase na meiose gamética, que ocorre nos animais.

Meiose I

A meiose I é **reducional**, pois reduz à metade o número de cromossomos nas células resultantes da divisão.

Prófase I

Essa fase da meiose I é dividida em cinco subfases consecutivas (leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese), mas não nos deteremos na análise delas, apenas na análise da prófase I como um todo.

O que ocorre na interfase antes de a célula entrar em divisão mitótica é igual ao que ocorre na interfase antes de a célula entrar em meiose. Assim, no início da prófase I, o DNA já foi replicado e cada um dos cromossomos é formado por duas cromátides-irmãs unidas pelos centrômeros.

Na meiose, ao contrário do que vimos na mitose, os cromossomos homólogos duplicados emparelham-se. Com o emparelhamento e a condensação, é possível notar

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

que cada par de cromossomos homólogos apresenta quatro cromátides, formando uma **tétrade** ou **bivalente**. Portanto, em uma tétrade há:

- **cromátides-irmãs**, unidas pelo centrômero, que se originam de um mesmo cromossomo;
- **cromátides homólogas**, que pertencem a cromossomos homólogos.

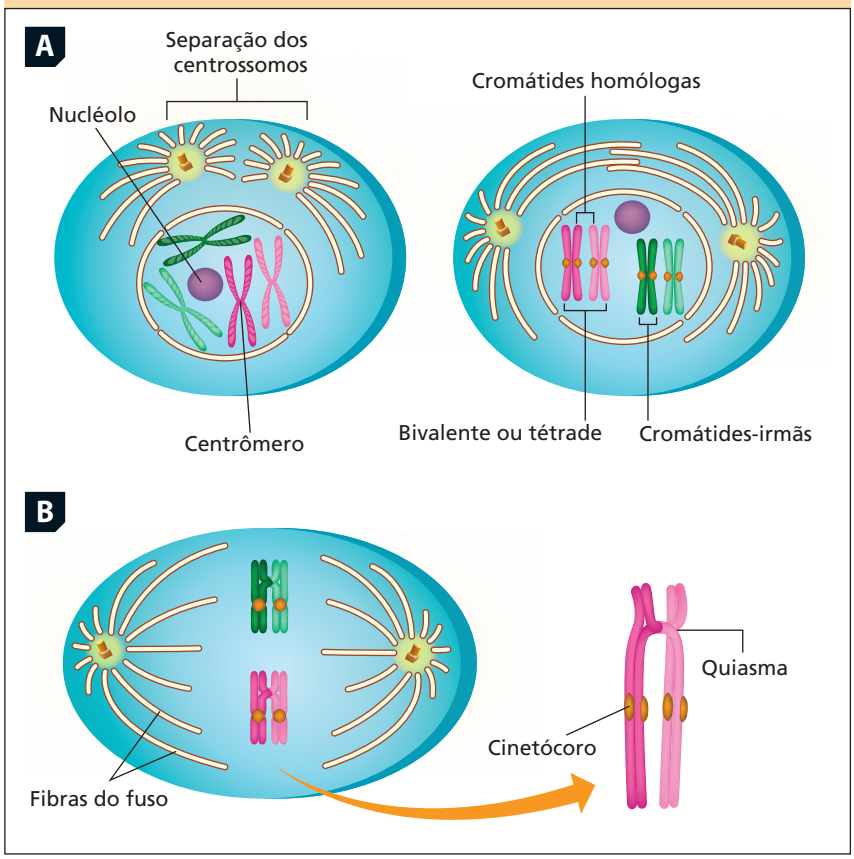
Duas cromátides homólogas podem sofrer uma ruptura em uma mesma altura, e os dois pedaços trocam de lugar, processo que se denomina **permutação** ou ***crossing-over***. Essas regiões chamam-se **quiasmas**. Assim, cada quiasma indica a ocorrência de uma permutação, o que permite o rearranjo dos genes e aumento da variabilidade genética.

Como regra geral, cada par de homólogos apresenta pelo menos uma permutação e, até o início da anáfase I; essas cromátides ficam unidas por esses pontos. Quando a permutação não ocorre, pode haver erros na separação dos homólogos, o que origina células-filhas com número alterado de cromossomos.

O rompimento do envelope nuclear marca o final da prófase I e o início da metáfase I.

Os acontecimentos no citoplasma, durante a prófase I, são semelhantes ao da prófase de mitose.

Prófase I



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

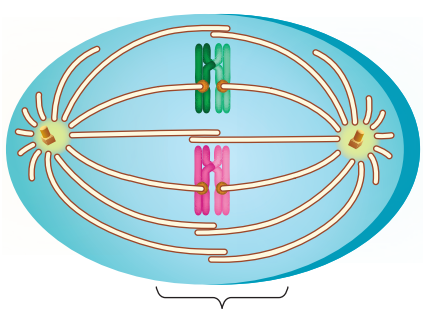
Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de células em diferentes fases da prófase I. No detalhe, um bivalente com uma permutação. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Metáfase I

Assim como na prófase da mitose, na metáfase I, os cromossomos atingem o máximo de condensação e, unidos às fibras do fuso, dispõem-se na região equatorial da célula, formando a placa metafásica. Os cromossomos permanecem emparelhados, e os quiasmas mantêm as cromátides homólogas unidas.

Metáfase I



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

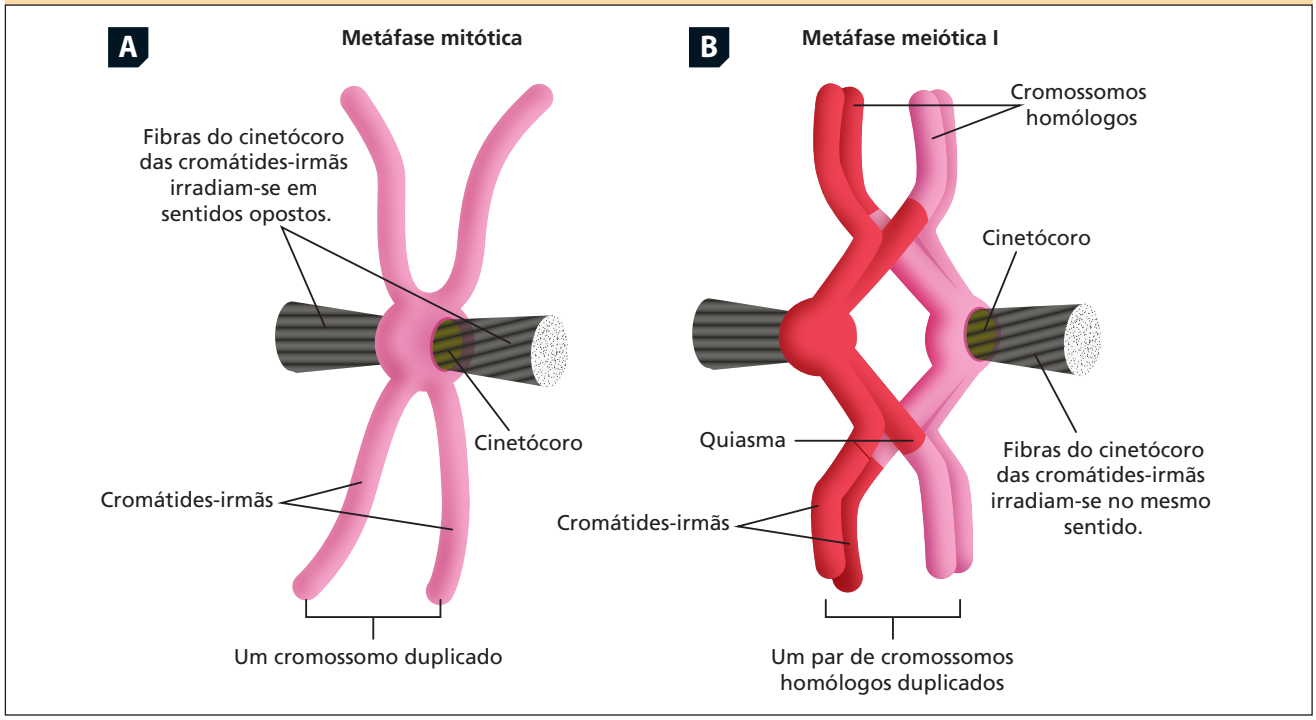
Representação de célula em metáfase I. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Duas diferenças importantes existem entre a metáfase da mitose e a da meiose I:

- na mitose, os cromossomos homólogos não ficam emparelhados na placa metafásica, ao passo que, na meiose I, eles ficam emparelhados e unidos pelos quiasmas;
- na mitose, as fibras do cinetócoro de cada cromátide-irmã irradiam-se para lados opostos, ao passo que, na meiose I, elas se irradiam para o mesmo lado.

Metáfases mitótica e meiótica I



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

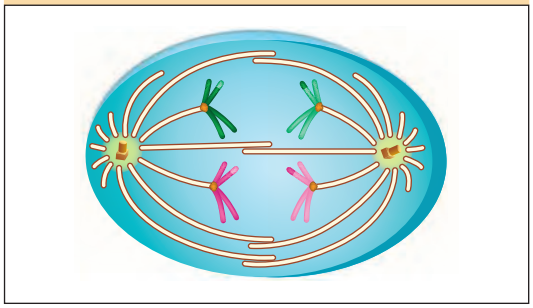
Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação da disposição dos cromossomos e das fibras do cinetócoro na metáfase da mitose **(A)** e na metáfase da meiose I **(B)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Anáfase I

Na anáfase I, ocorre a separação dos cromossomos homólogos duplicados, que são deslocados para polos opostos da célula pelas fibras do cinetócoro. Ao final dessa fase há, portanto, em cada polo da célula, cromossomos duplicados de cada par de homólogos. Cada par, com duas cromátides-irmãs ligadas pelo centrômero, forma as **díades**. Quando as díades chegam aos polos, termina a anáfase I e tem início a telófase I.

Anáfase I



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

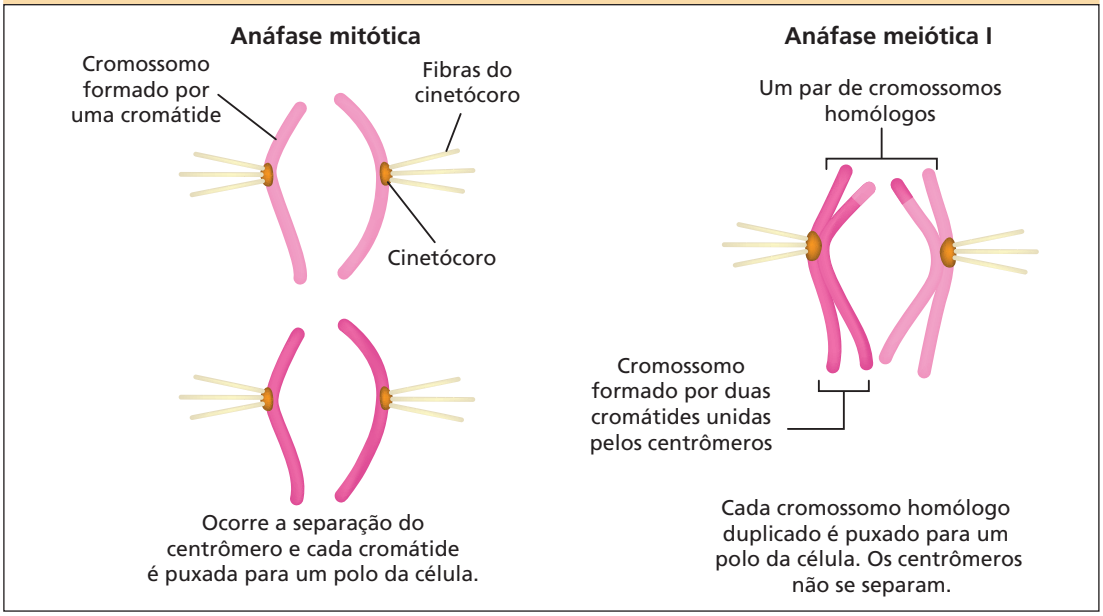
Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de célula em anáfase I. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Na anáfase da meiose I, **não ocorre separação dos centrômeros**, ao passo que na anáfase da mitose ocorre essa separação. Essa é outra importante diferença entre esses dois processos.

Anáfases mitótica e meiótica I



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

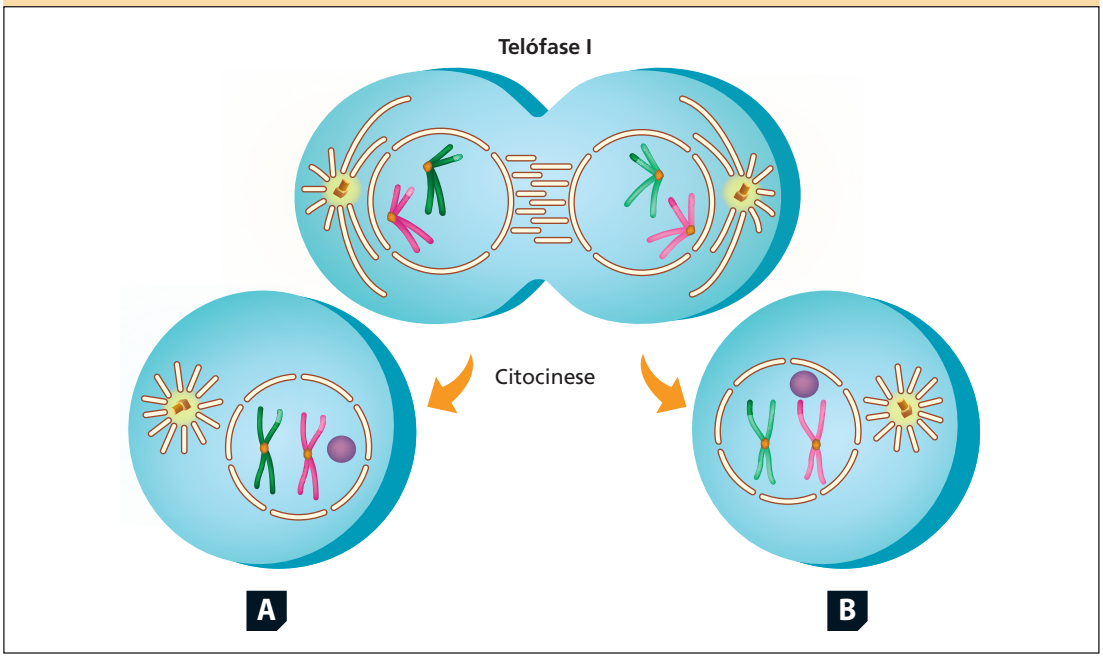
Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação comparando a anáfase da mitose com a anáfase da meiose I. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Telófase I e citocinese

O que ocorre na telófase I da meiose é bastante semelhante ao que acontece na telófase da mitose: os cromossomos se descondensam, o envelope nuclear e o nucléolo se reorganizam e ocorre a citocinese.

Telófase I e citocinese



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

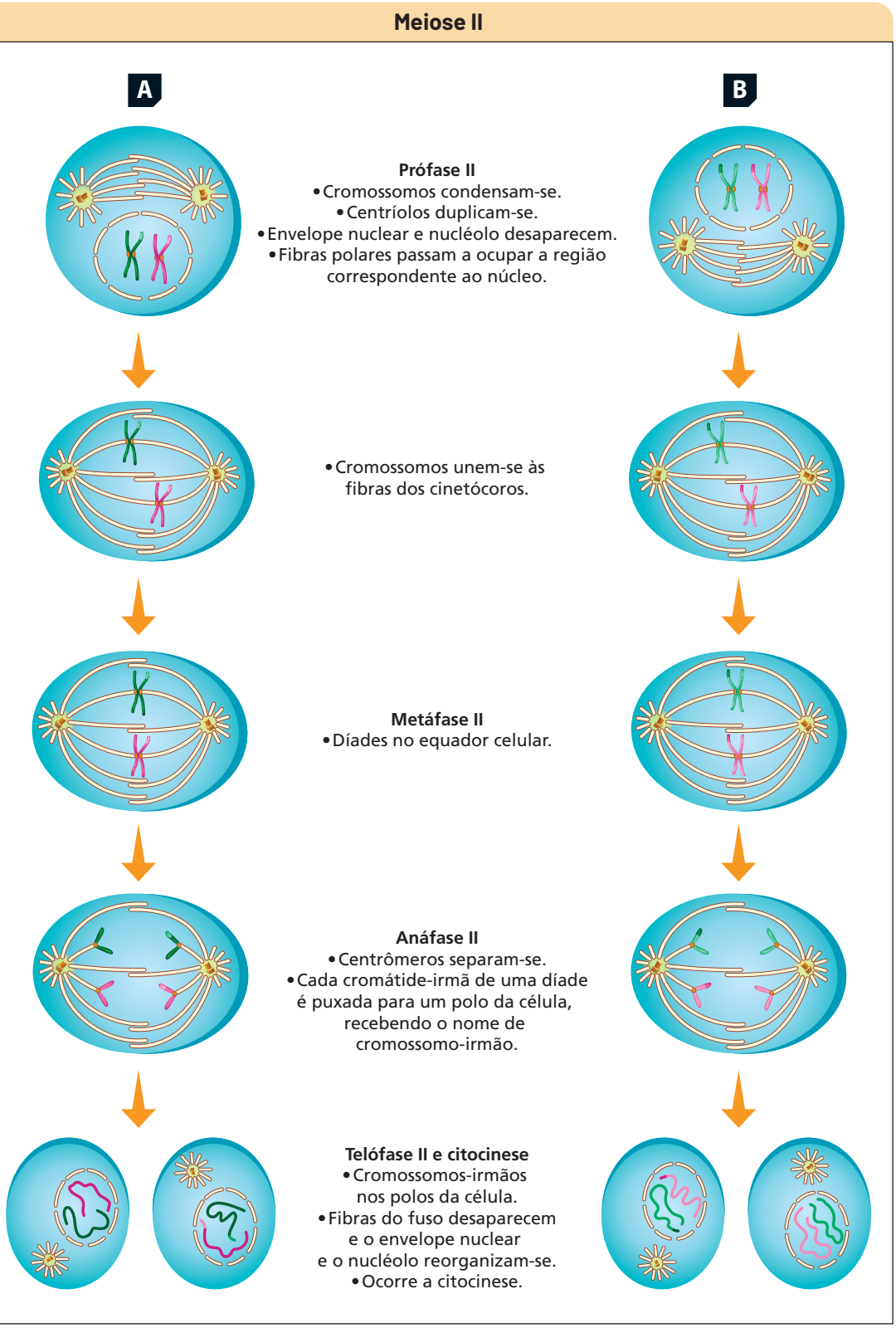
Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação de célula em telófase I e completando a citocinese, originando duas células-filhas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Meiose II

A meiose II é **equacional**, pois o número de cromossomos das células iniciais é mantido nas células que se formam. Cada célula formada na meiose I apresenta *n* cromossomos duplicados e entra em meiose II, em que ocorre a separação das cromátides-irmãs de cada cromossomo duplicado. Ao final, cada célula dá origem a duas outras com *n* cromossomos não duplicados. As fases da meiose II (prófase II, metáfase II, anáfase II e telófase II) assemelham-se às da mitose e estão resumidas a seguir.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Representação da meiose II a partir das células **(A)** e **(B)** formadas na meiose I. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

6. Elabore uma síntese abordando a duplicação do DNA durante a interfase. Explique como esse processo contribui para a formação de cromátides-irmãs e a importância dele para a divisão celular.

7. Produza um quadro que resuma e compare as fases da mitose e da meiose I.

8. Analise a tabela, que se refere aos números 2*n* e *n* de conjuntos cromossômicos no núcleo de células de três espécies.

Espécie	2*n* (somáticas)	*n* (gametas)
Homo sapiens (ser humano)	46	23
Zea mays (milho)	20	10
Chelonia mydas (tartaruga-verde)	56	28

Examine as afirmativas e identifique as verdadeiras e as falsas. Justifique suas respostas.

I. Na tartaruga verde, há 28 pares de moléculas de DNA no núcleo das células da pele.

II. O número haploide dos gametas do milho se deve à ocorrência de meiose na formação dessas células.

III. No final da meiose I, as células humanas terão 23 cromossomos homólogos e 23 moléculas de DNA.

Meiose e não disjunção dos cromossomos

A meiose é um processo que, assim como a mitose, tem mecanismos de controle de modo a propiciar que ocorra corretamente. Há, no entanto, casos em que não há correta disjunção (separação) dos cromossomos, formando-se gametas com número alterado de cromossomos; se fecundados, formam-se indivíduos também com número alterado de cromossomos em comparação com o número típico da espécie.

A condição em que ocorre ganho ou perda de cromossomos é chamada **aneuploidia** e pode ocorrer também na espécie humana e trazer diferentes problemas de saúde ou alterações no desenvolvimento do organismo.

O caso de aneuploidia mais comum em humanos envolvendo autossomos é a **síndrome de Down**. Embora possa surgir por outros erros na meiose, o mais frequente é a presença de um cromossomo a mais no par 21, conhecida como trissomia do 21 (cariótipo 47, XX ou 47, XY). Entre as aneuploidias que envolvem cromossomos sexuais, as mais comuns são a **síndrome de Klinefelter**, em que há um cromossomo X a mais (cariótipo 47, XXY), e a **síndrome de Turner**, em que há ausência de um cromossomo sexual, resultando em apenas um cromossomo X (cariótipo 45, X0 – o zero indica ausência de cromossomo sexual).

Essas síndromes não são doenças, mas sim condições genéticas, e apresentam uma variedade de manifestações físicas. A detecção precoce e o tratamento adequado podem ajudar a gerir muitas das complicações associadas a essas condições genéticas.

A inclusão social de pessoas com síndrome cromossômica é fundamental para garantir que elas tenham as mesmas oportunidades que todas as demais pessoas. Isso envolve proporcionar acesso à educação, emprego, saúde e participação plena na sociedade. Para alcançar essa inclusão, é necessário promover conscientização, combater estereótipos e preconceitos, implementar políticas inclusivas e oferecer apoio e recursos adequados para o desenvolvimento integral desses indivíduos.

Se considerar procedente e houver interesse da turma, sugira uma pesquisa sobre as características das síndromes cromossômicas apresentadas. Assegure que as pesquisas sejam feitas em fontes confiáveis e que o compartilhamento de informações sobre esse tema seja respeitoso e empático, especialmente se houver algum caso de síndrome cromossômica na turma.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fique por dentro

Movimento Down

MOVIMENTO Down. 2012. Disponível em: https://www.movimentodown.org.br/. Acesso em: 20 out. 2024.

O movimento Down traz esclarecimentos sobre a síndrome e promove a quebra de preconceitos contra pessoas com essa condição, buscando valorizar e respeitar sua diversidade. Além de combater o estigma associado à síndrome, o movimento evidencia que a sociedade pode se beneficiar da riqueza e da perspectiva única que esses indivíduos proporcionam para o convívio social.

Registre em seu caderno

NA PRÁTICA Modelos para compreender a meiose

ODS 3

O entendimento da meiose e dos erros que podem ocorrer nesse processo é fundamental para determinadas práticas médicas, como o aconselhamento genético, que consiste em verificar a probabilidade de uma pessoa ser acometida por algumas doenças ou transmiti-las a seus descendentes. Este é um procedimento útil para casais que desejam ter filhos e auxilia a tomar decisões mais conscientes na vida reprodutiva.

OBJETIVO

Usando modelos tridimensionais, compreender como erros na meiose podem levar a síndromes cromossômicas, de modo a relacionar o conhecimento da meiose com questões de saúde humana. Essa atividade pode ser realizada em parceria com o componente curricular de Arte.

PREPARE-SE!

Síndromes cromossômicas podem ocorrer em decorrência da gametogênese, quando não há disjunção na meiose I ou na meiose II e a quantidade de cromossomos nos gametas formados fica alterada. Fecundados, originam zigotos com cromossomos a mais ou a menos, dependendo do caso. Os riscos de aneuploidias aumentam em função da idade dos pais, em especial da idade materna (a partir dos 35 anos).

MATERIAIS

- Massa de modelar de cores diferentes, cada uma para representar um cromossomo
- Barbante
- Cartolina
- Outros materiais que escolher

PROCEDIMENTO

1. Com a coordenação do professor, forme um grupo com mais quatro colegas. Com o material listado ou outro que considerarem mais adequado ou disponível, montem um modelo tridimensional de célula na anáfase I da meiose. Representem nele apenas dois pares de cromossomos homólogos. Para simplificar, não é preciso representar a permutação.
2. Montem agora duas sequências de modelos para representar a meiose a partir dessa célula: a sequência 1 deve mostrar o que ocorre com o número de cromossomos nos gametas formados quando a não disjunção na meiose I ocorre apenas em um dos pares de homólogos; a sequência 2 deve mostrar o resultado quando a não disjunção ocorre na meiose II em apenas um dos cromossomos duplicados.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Quais foram os números de cromossomos em cada gameta quando a não disjunção ocorreu na meiose I? E na meiose II?
2. Suponha que um casal tenha recebido a informação de que o cariótipo de seu bebê recém-nascido é 47, XX. O casal deseja então saber o que significa esse cariótipo e como ele pode ter se formado. Se seu grupo fosse responsável por fazer o aconselhamento genético, como vocês responderiam ao casal? Para isso, usem os gametas de seus modelos para auxiliá-los na explicação.
3. Se o casal perguntasse se o erro ocorreu na gametogênese da mãe ou na do pai, o que seu grupo responderia? Complemente a explicação informando se o erro se deu na meiose I ou na meiose II.
4. Suponha agora que outro casal deseja saber por que o cariótipo de seu bebê recém-nascido é 45, X0. Durante o aconselhamento genético, como seu grupo explicaria o resultado do exame, além do sexo biológico do bebê? Aproveitem para usar os mesmos esquemas elaborados na atividade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Muitos cânceres têm como causa mutações em genes supressores de tumor, como o TP53, que são responsáveis por regular e inibir a proliferação celular descontrolada. Indique a alternativa correta sobre essas mutações. 1. Alternativa **b.**

a. Elas estimulam o processo de apoptose e as células continuam a se dividir indefinidamente.

b. Elas suprimem o processo de apoptose e as células continuam a se dividir indefinidamente.

c. Elas estimulam a mitose, fazendo com que as células se dividam precocemente.

d. Elas suprimem a mitose, fazendo com que as células permaneçam na fase S da interfase.

e. Elas interrompem o ciclo celular, fazendo com que as células não entrem em mitose.

2. (Enem)

Avaliação de substâncias genotóxicas

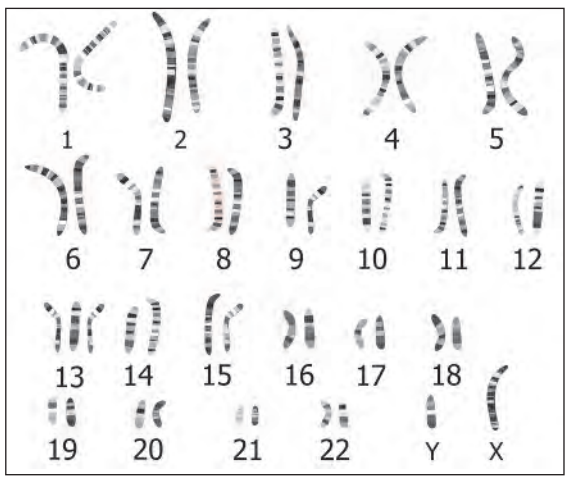
O ensaio de micronúcleos é um teste de avaliação de genotoxicidade que associa a presença de micronúcleos (pequenos núcleos que aparecem próximo aos núcleos das células) com lesões genéticas. Os micronúcleos são fragmentos de DNA encapsulados, provenientes do fuso mitótico durante a divisão celular.

Fonte: DIAS, V. M. **Micronúcleos em células tumorais**: biologia e implicações para a tumorigênese. Dissertação de Mestrado. USP, 2006. (Adaptado.)

Os micronúcleos se originam dos(as): 2. Alternativa **e.**

a. nucléolos.
b. lisossomos.
c. ribossomos.
d. mitocôndrias.
e. cromossomos.

3. O cariótipo a seguir é de uma pessoa com síndrome de Patau. Trata-se de uma síndrome cromossômica rara que causa alta taxa de mortalidade, em que o bebê raramente sobrevive além do primeiro ano de vida. Analise-o e faça o que se pede.



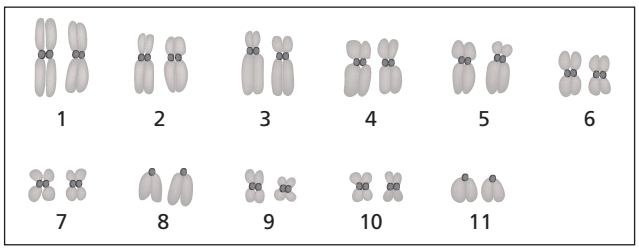
ZUZANA EGERTOVA/ALAMY/FOTOARENA

Idiograma da síndrome de Patau.

a. Que alteração cromossômica o idiograma apresenta?

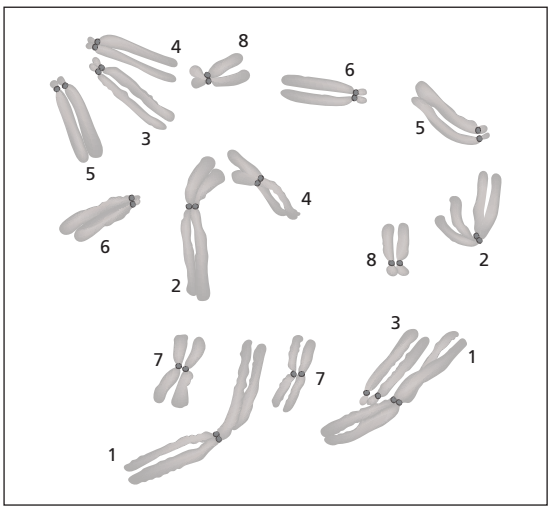
b. O que pode ter causado essa condição? Explique.

4. Analise as imagens a seguir, que representam conjuntos totais de cromossomos metafásicos de células em divisão mitótica de duas espécies, e faça o que se pede.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação dos cromossomos metafásicos de uma célula somática da rã *Ischnocnema juipoca*.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Representação dos cromossomos metafásicos de uma célula somática da angiosperma *Alstroemeria aurea*.

a. Quais são os números haploide e diploide de cada espécie?

b. Indique o número de cromossomos:

I. em cada célula do fígado da rã *Ischnocnema juipoca*;

II. em cada um dos espermatozoides da rã *Ischnocnema juipoca*;

III. em cada célula da pétala da flor de *Alstroemeria aurea*.

c. Classifique os cromossomos a seguir quanto à posição do centrômero.

I. Cromossomo 1 de *Ischnocnema juipoca*.

II. Cromossomo 2 de *Ischnocnema juipoca*.

III. Cromossomo 8 de *Ischnocnema juipoca*

IV. Cromossomo 11 de *Ischnocnema juipoca*.

V. Cromossomo 1 de *Alstroemeria aurea*.

VI. Cromossomo 2 de *Alstroemeria aurea*.

VII. Cromossomo 7 de *Alstroemeria aurea*.

VIII. Cromossomo 8 de *Alstroemeria aurea*.

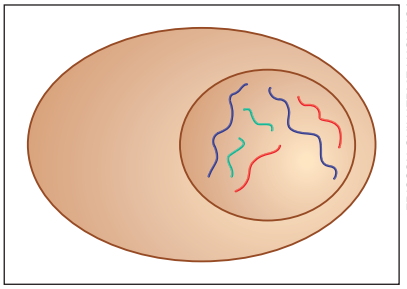
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continua

5. Considere a célula eucariótica diploide portadora de 6 cromossomos ($2n = 6$), e faça o que se pede.

a. Quantas moléculas de DNA a célula apresenta? Justifique.

b. Elabore um esquema indicando os pares de cromossomos homólogos e descreva o que acontece durante a fase S.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Célula animal hipotética $2n = 6$.
(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

6. A vimblastina é um medicamento usado em quimioterapia contra o câncer. A substância ativa desse medicamento é obtida de uma planta, a vinca ou maria-sem-vergonha (*Catharanthus roseus*), e bloqueia a formação de novos microtúbulos nas células cancerosas. Esse quimioterápico também atua em células normais, especialmente naquelas que sofrem divisão celular em ritmo acelerado. Sua dosagem deve ser bem controlada, para que os efeitos colaterais possam ser tolerados pelo paciente.

Com base nos dados apresentados e em seus conhecimentos, responda.

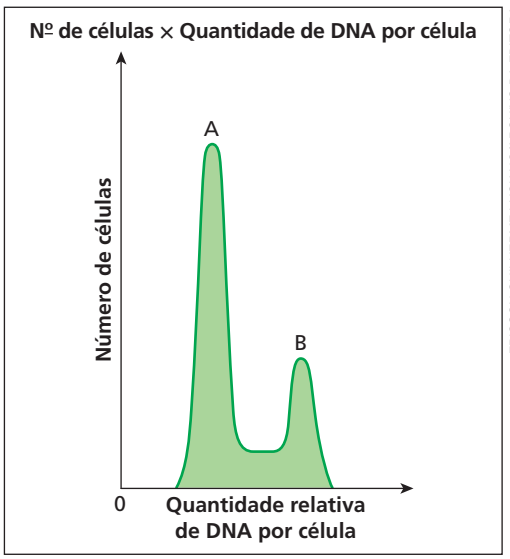
a. Como a utilização da vimblastina pode afetar a eficácia do tratamento em diferentes tipos de câncer, considerando que a taxa de divisão celular varia entre eles?

b. Considerando os possíveis efeitos colaterais da ação da vimblastina em células não cancerosas, elabore uma explicação para a necessidade de monitoramento das funções do sistema imunitário e da produção de elementos figurados do sangue durante o tratamento com esse fármaco.

7. Em um experimento foram cultivadas células isoladas que passaram a se dividir por mitose. Foi adicionado no meio de cultura um corante que se liga ao DNA, que então fica fluorescente. Ao analisar cada uma dessas células quanto ao nível de fluorescência, obteve-se o seguinte resultado (gráfico ao lado), que mostra o número de células em função da quantidade relativa de DNA por célula:

a. Considerando a quantidade de moléculas de DNA em cada célula e o número de células que apresenta a mesma quantidade de DNA, o que o gráfico indica quanto à quantidade de células em **A** e **B**?

b. Em quais fases do ciclo celular estão as células representadas por **A** e **B**, considerando a quantidade relativa de DNA que elas contêm? Justifique.

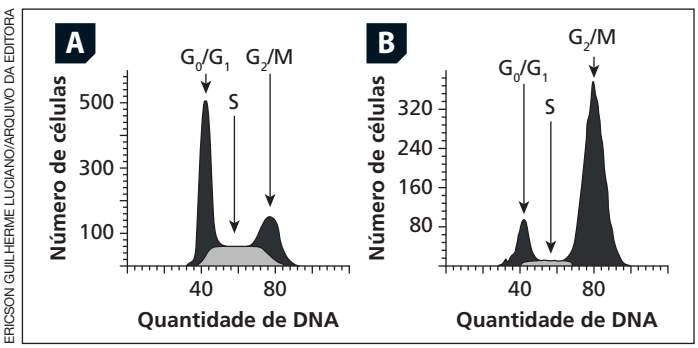


ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. **Fundamentos da Biologia Celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

8. (Unicamp-SP) Células imortalizadas são capazes de proliferar em cultura. A imortalização ocorre quando mecanismos de morte celular são desativados, permitindo a manutenção das células. Por meio de técnicas específicas, é possível isolar uma ou mais células e deixá-las proliferarem em cultura, dando origem a outras células com características semelhantes. As células HeLa foram isoladas de um câncer uterino e são as primeiras células humanas a se estabelecerem como linhagem imortalizada.

a. Utilizando células HeLa, um experimento avaliou os efeitos antitumorais do nocodazol, um agente que interfere na polimerização dos microtúbulos. Os gráficos abaixo apresentam a quantidade de DNA no grupo HeLa controle (painel **A**) e no grupo HeLa na presença de nocodazol (painel **B**). Explique por que no painel **B** há concentração de células estacionadas na fase G_2/M.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: A. S. Borowiec e outros. Are Orai 1 and Orai 3 channels more important than calcium influx for cell proliferation? *Biochimica et Biophysica Acta*, Amsterdam, v. 1 843, n. 2, p. 464-472, fev. 2014.

b. As células do painel **A** são originárias de células somáticas. Considerando que sejam células germinativas, qual seria a quantidade de DNA no final da meiose? Justifique sua resposta.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 23

Hereditariedade e Biologia Forense



MARTIN SHIELDS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Sementes amarelas e verdes de ervilha (*Pisum sativum*).

A imagem mostra sementes de uma planta que você deve conhecer: a ervilha. Talvez você nem imagine o quanto essa planta foi importante para o início da compreensão dos mecanismos da hereditariedade, o que ocorreu há mais de um século. Com trabalho dedicado, experimentos bem planejados e análise dos dados empregando probabilidade, o monge cientista austríaco Gregor Mendel (1822-1884) propôs interpretações de como ocorre, ao longo das gerações, a herança de características da planta de ervilha da espécie *Pisum sativum*. Algumas das características, como a cor e a textura das sementes, podem ser identificadas na imagem acima. Os conhecimentos obtidos a partir desses estudos têm auxiliado a entender a herança de muitas outras características em várias espécies de seres vivos.

Neste capítulo, vamos analisar como ocorre a transmissão do material genético ao longo das gerações, um dos enfoques de uma ampla área da Biologia, a **Genética**. Para isso, partiremos dos trabalhos de Mendel, analisando paralelamente alguns aspectos mais atuais da hereditariedade, bem como a aplicação desse conhecimento na solução de problemas legais e judiciais, na chamada Biologia Forense. Dentro dessa especialidade, vamos entender como se faz a identificação de pessoas com base em amostras de DNA.

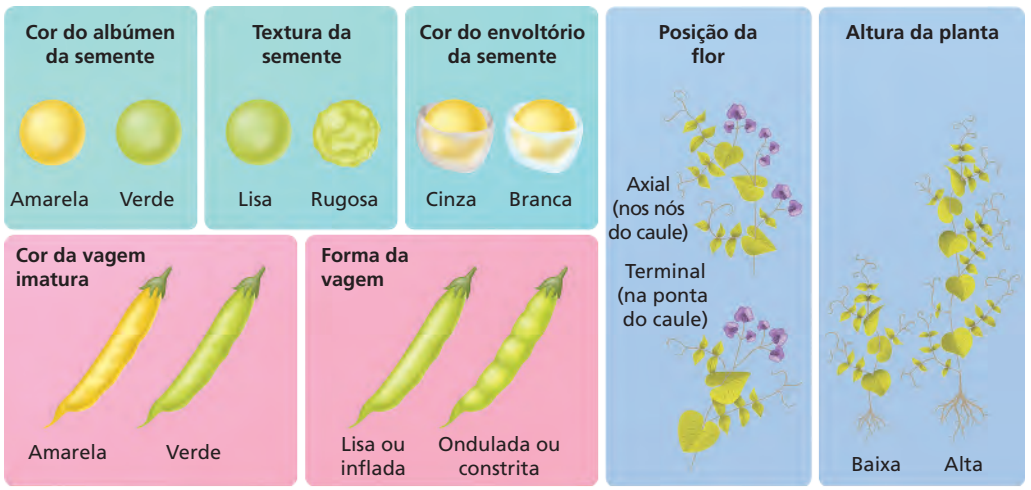
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Um pouco de história

Destaque aos estudantes que Mendel interagiu com diferentes correntes de pensamento, o que influenciou sua abordagem original sobre hereditariedade. Ele não agia isoladamente, mas era fruto de sua época e de interações sociais. Essa contextualização aprofunda a competência geral 1 e a habilidade EM13CNT205, mostrando que, além de dados empíricos, fatores socioculturais também são fundamentais na construção do conhecimento científico.

Entre 1856 e 1863, Mendel cultivou várias gerações de plantas de ervilha nos jardins do mosteiro de Brunn, no antigo império Austro-Húngaro (atualmente Brno, na República Tcheca). Durante esse período, estudou a herança de algumas características que ele havia notado ter variedades bem definidas, sem formas intermediárias. Ele considerou sete dessas características, cada uma delas com duas variedades distintas, como mostra resumidamente a figura a seguir.

Características de ervilha estudadas por Mendel



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação das características e suas variedades da planta de ervilha (*Pisum sativum*) analisadas por Mendel em seus experimentos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Mendel realizou cruzamentos controlados entre essas plantas e tratou os dados utilizando a **teoria da probabilidade**, o que foi fundamental para as conclusões a que chegou. Ele apresentou seus resultados em conferências na Sociedade de História Natural de Brunn, em 1865, publicando-os em 1866.

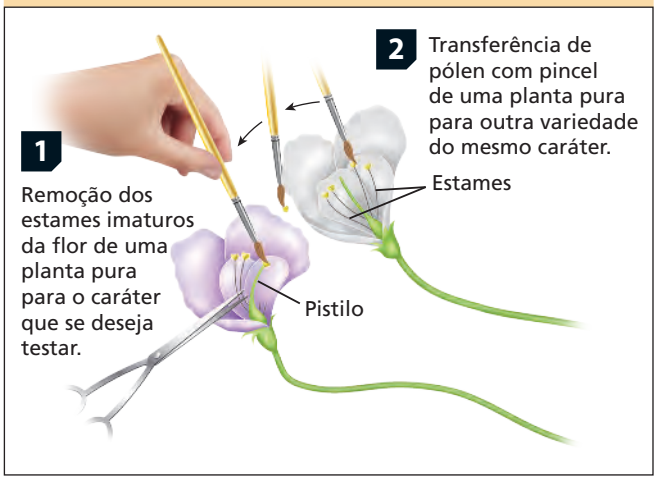
Seu trabalho passou despercebido pela comunidade científica da época, tendo sido reconhecido apenas em 1900, de modo independente, por três pesquisadores: o holandês Hugo de Vries (1848-1935), o alemão Carl Correns (1864-1933) e o austríaco Erich von Tschermak (1871-1962).

Entre a publicação do trabalho de Mendel e seu redescobrimento, muitos avanços aconteceram no campo da Citologia. Como exemplo, os cromossomos e outras estruturas celulares foram estudados ao microscópio e os processos de divisão celular por mitose e meiose foram descritos.

Mesmo sem esses conhecimentos, no entanto, Mendel chegou a conclusões que são aceitas até hoje: as **leis de Mendel**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Procedimento experimental de Mendel



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

O método experimental de Mendel

Mendel iniciava os cruzamentos com plantas pertencentes a linhagens que ele chamava de **puras**, ou seja, que não apresentavam modificações nas características em estudo ao longo das gerações. A obtenção de linhagens puras em ervilhas é facilitada, pois a autofecundação é um processo natural de reprodução nessa espécie.

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

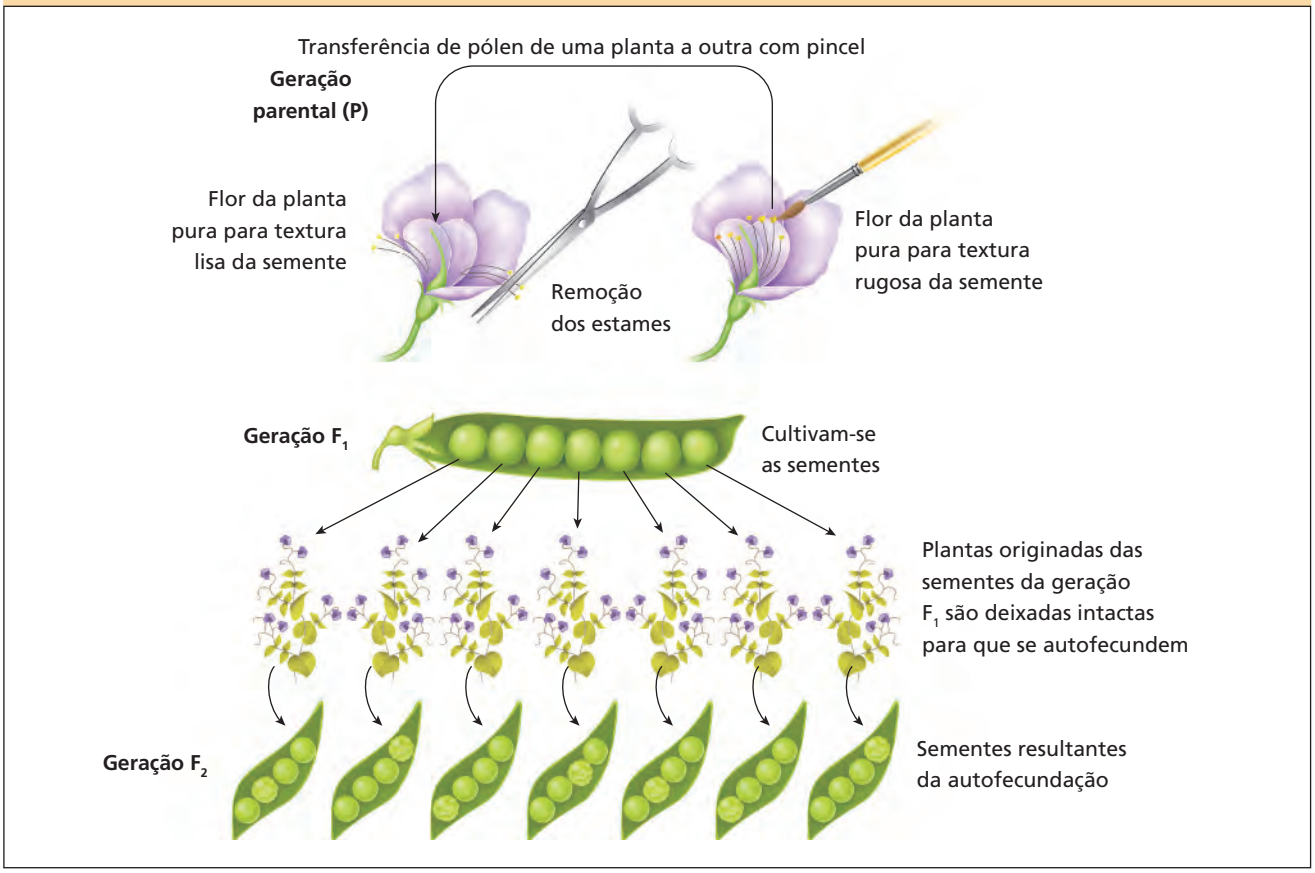
Representação do procedimento experimental de Mendel, com polinização artificial das flores de plantas de ervilha com características selecionadas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

As plantas puras que davam início à experimentação constituíam a geração de pais, ou **geração parental**, representada pela letra **P**. Para realizar os cruzamentos entre essas plantas, Mendel evitava artificialmente a autofecundação: cortava os estames das flores de uma planta pura antes que eles amadurecessem e, com um pincel, polinizava essas flores com o pólen produzido pelas flores intactas de outra planta pura. Dessa maneira, ele conseguia manter controle sobre a reprodução dos indivíduos da geração parental.

As sementes resultantes compunham a primeira geração de filhos, chamada **geração F_1**. Mendel então plantava essas sementes e deixava que as plantas desenvolvidas a partir delas se reproduzissem naturalmente por autofecundação. Por fim, ele analisava as sementes formadas por essas plantas, que representavam a **geração F_2**.

Analise a figura a seguir, que exemplifica esse método em relação a um dos sete caracteres: a textura das sementes.

Método experimental de Mendel



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação de um dos experimentos de Mendel, usando como exemplo a textura da semente. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

No início, Mendel analisou cada uma das sete características separadamente, o que levou à formulação da Primeira Lei de Mendel. Depois, ao analisar a herança de duas características simultaneamente, ele desenvolveu a Segunda Lei de Mendel.

Ao abordar essas leis, também vamos tratar de conhecimentos mais atuais sobre a interpretação delas.

A Primeira Lei de Mendel

Vamos considerar, como exemplo, a herança da textura das sementes, que está representada na figura anterior.

Ao cruzar plantas puras de ervilha que produziam sementes lisas com plantas puras que produziam sementes rugosas, Mendel obteve em F_1 apenas sementes lisas. Na geração F_2, constatou que cerca de 75% das sementes produzidas eram lisas e 25% eram rugosas, dando uma proporção aproximada de três sementes lisas para uma rugosa (3 : 1).

Mendel chamou de variedade **dominante** aquela que se manifestava na geração F_1 e de variedade **recessiva** aquela que permanecia encoberta em F_1, só reaparecendo na geração F_2 e com menor frequência.

Para todos os caracteres que estudou, Mendel obtinha sempre as mesmas proporções, tanto em F_1 quanto em F_2, que refletiam a existência de dominância e recessividade, como resumido no quadro. Ele concluiu, então, que seus resultados não eram casuais, pois havia um padrão evidente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Características estudadas por Mendel e suas variedades dominantes e recessivas

Característica	Dominante	Recessiva
Textura da semente	lisa	rugosa
Cor da semente	amarela	verde
Cor do envoltório da semente	cinza	branca
Cor da vagem	verde	amarela
Forma da vagem	lisa	ondulada
Posição da flor	axial	terminal
Altura da planta	alta	baixa

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Para explicar esses resultados, Mendel propôs o que ficou conhecido como a Primeira Lei, também chamada de princípio da segregação dos fatores, princípio da pureza dos gametas, ou ainda, monoibridismo, por se referir à herança de um único caráter. Ela é considerada a lei fundamental da Genética.

Primeira Lei de Mendel

Cada característica é determinada por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, indo apenas um dos fatores do par para cada gameta. Os gametas, portanto, são puros.

Hoje sabemos que os fatores mendelianos são **alelos** de genes. Os alelos são diferentes formas ou variantes de um gene, que surgem por mutações, e ocorrem aos pares nas células diploides, um em cada cromossomo homólogo. No caso dos experimentos de Mendel, cada uma das sete características avaliadas corresponde a um gene com dois alelos.

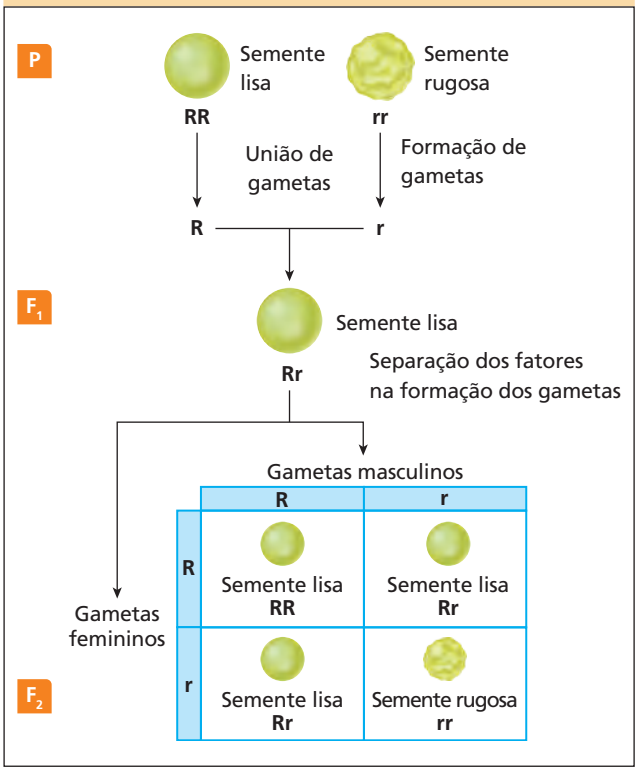
Quando os alelos de um par de homólogos são iguais, temos a condição **homozigótica**, para a qual Mendel usava o termo "puro". Quando os alelos são diferentes, temos a condição **heterozigótica**, para a qual Mendel usava o termo "híbrido".

Ambos os alelos de um loco gênico são transcritos. Se o produto do alelo só é percebido na manifestação do caráter quando está em homozigose, dizemos que ele é **recessivo**. Se esse produto é percebido tanto na condição homozigótica quanto na heterozigótica, o alelo é **dominante**. Nesses casos, fala-se em **dominância completa**.

Para explicar a Primeira Lei de Mendel com base na característica textura das sementes, utilizaremos a letra **R** para o fator (alelo) dominante e **r** para o recessivo. Além disso, faremos uso de um quadro desenvolvido em 1905 pelo geneticista inglês Reginald Crundall Punnett (1875-1967), conhecido como **quadro de Punnett**. Ele é utilizado para ilustrar os gametas dos indivíduos participantes de um cruzamento e as combinações possíveis entre eles.

Analise a figura a seguir, que resume os dados de um dos cruzamentos estudados por Mendel:

Exemplo de cruzamento estudado por Mendel



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação dos cruzamentos entre plantas de ervilha, nos quais foram usadas somente as sementes para representá-las, considerando o caráter textura das sementes. O quadro de Punnett mostra gametas dos participantes do cruzamento e os descendentes da geração F_2.

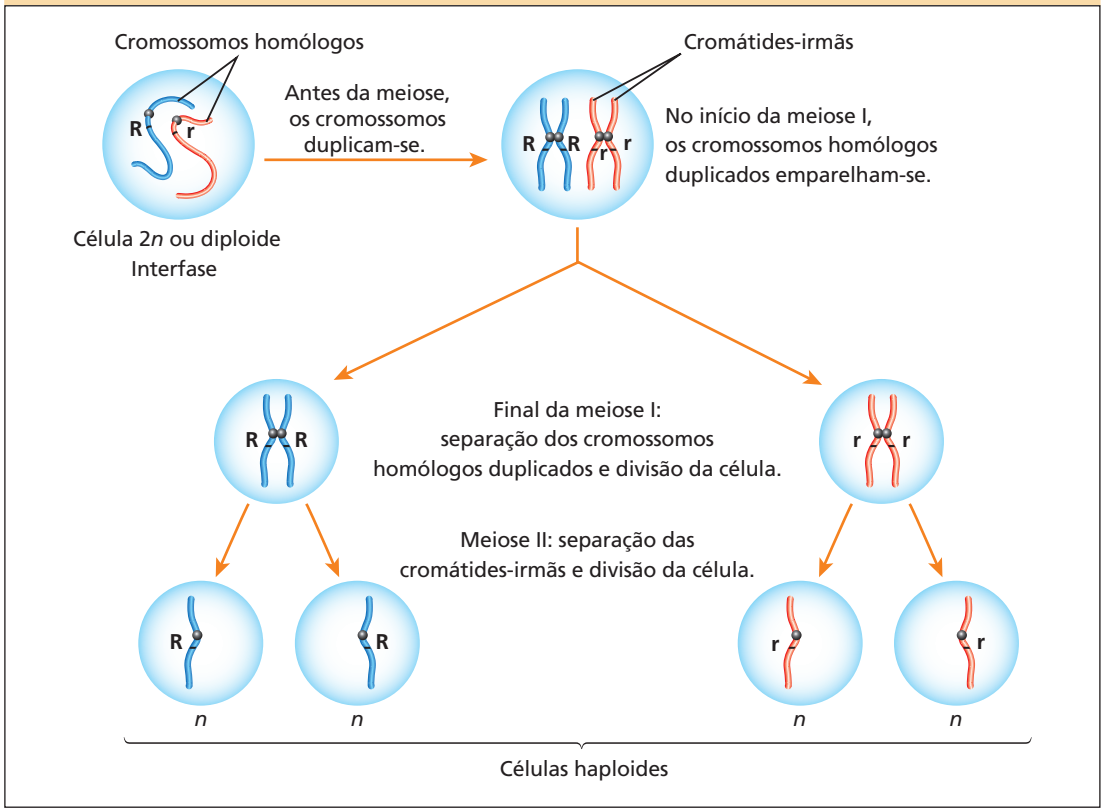
Todos esses resultados podem ser explicados atualmente com base na divisão celular por meiose.

O ciclo de vida das plantas é complexo e sua meiose não é gamética, mas espórica ou intermediária, como analisamos no capítulo anterior. Nesse processo, a meiose origina esporos (*n*), que germinam e dão origem a uma geração haploide, a qual forma gametas por mitose. Em angiospermas, essa geração haploide é muito reduzida: a que forma o gameta feminino fica protegida dentro do ovário da flor e a que forma o gameta masculino fica protegida no interior do grão de pólen. Quando o grão de pólen cai no estigma da flor, ele germina e forma dois gametas; um desses gametas fecunda o gameta feminino dentro da flor, formando a semente. Mendel referiu-se apenas à formação de gametas e as demais explicações resultam de conhecimentos hoje disponíveis.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Analise, na figura a seguir, a meiose de uma célula inicial heterozigótica **Rr** de plantas da geração F_1. Note que, ao final da meiose, 50% das células contêm um dos cromossomos homólogos com o alelo **R** e 50% portam o outro cromossomo homólogo, com o alelo **r**.

Meiose e Primeira Lei de Mendel



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al*. **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação da meiose, usando uma célula diploide hipotética com apenas um par de cromossomos homólogos, em que se destaca um par de alelos em heterozigose. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Desse modo, verifica-se que Mendel, antes mesmo que se conhecesse a existência de alelos, cromossomos e meiose, interpretou corretamente o comportamento dos fatores na herança, além de concluir que esses fatores ocorrem aos pares nas células do corpo e individualmente nos gametas.

Fenótipo e genótipo

As características apresentadas por um indivíduo correspondem ao **fenótipo**. Assim, no caso da textura das sementes de ervilha, há dois fenótipos: rugoso e liso.

O fenótipo se refere também às características moleculares que só detectamos por meio de testes especiais, como no caso dos tipos de grupos sanguíneos.

O termo **genótipo** refere-se à constituição genética de um indivíduo. Por exemplo, no caso das sementes lisas, os genótipos podem ser **RR** ou **Rr**, e, no caso das rugosas, é **rr**.

Os descendentes herdam dos parentais determinado genótipo, que tem a potencialidade de expressar um fenótipo. Este pode variar em função dos meios intracelular, extracelular ou externo ao corpo do indivíduo.

Fenótipo = Genótipo + Meio



UROSHPETROVIC/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Gato siamês, cuja coloração da pelagem depende do meio. Nas extremidades do corpo, que são mais frias, há expressão do gene para pelos escuros; nas regiões mais quentes do corpo, esse gene não se manifesta.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre

Registre em seu caderno

1. Elabore uma montagem experimental para testar se uma geração de plantas de ervilha que produz apenas sementes lisas é homozigótica **RR** ou heterozigótica **Rr**. Descreva os cruzamentos que você realizaria, como organizaria o quadro de Punnett e quais proporções fenotípicas e genotípicas seriam esperadas em cada geração. Explique como esses resultados podem esclarecer a questão.
2. Um agricultor queria hortênsias com flores róseas, mas todas as suas plantas produziam flores azuis. Seu vizinho, que tinha hortênsias com flores róseas, deu-lhe uma muda. Quando o agricultor plantou a muda, as flores que se abriram eram azuis. Um geneticista explicou que o genótipo das plantas é o mesmo, só que, em solos alcalinos, as flores são azuis, e em solos ácidos elas são róseas. Qual medida o agricultor deve tomar para que suas hortênsias produzam flores róseas? Justifique.

Noções de probabilidade

A **teoria da probabilidade** é empregada em estatística para estimar matematicamente resultados de eventos que acontecem ao acaso e com igual chance de ocorrer, como no lançamento de uma moeda ou de um dado, ambos não viciados, ou seja, em que todas as faces têm a mesma chance de ficar voltada para cima. A previsão de resultados é feita com base em grande número de repetições dos eventos. Quanto maior for o número de repetições, mais precisa será a previsão dos resultados.

A probabilidade de um evento ocorrer (**P**) é determinada pela razão do número de eventos desejados (**A**) pelo número total de eventos possíveis (**S**).

$$P(A) = \frac{A}{S}$$

Tomando como exemplo o lançamento de um dado não viciado, podemos calcular a probabilidade de isso ocorrer com uma das faces; por exemplo, a face 6.

A = evento desejado → face 6

S = eventos possíveis ou espaço amostral → faces 1, 2, 3, 4, 5, 6

P = probabilidade

Número de eventos desejados = 1

Número total de eventos possíveis = 6

Logo: $P\ (face\ 6) = \frac{1}{6}$, isto é,

a probabilidade de ocorrer o número 6 no lançamento de um dado é de uma em seis.

As probabilidades de os eventos ocorrerem referem-se a resultados esperados, mas os obtidos na prática não são exatamente os previstos. Os **resultados obtidos** aproximam-se dos **resultados esperados** à medida que aumenta o número de repetições de eventos.

Por isso, em experimentações genéticas é comum a escolha de organismos que têm ciclo reprodutivo rápido e com muitos descendentes em cada ciclo. Nesse sentido, a planta de ervilha escolhida por Mendel foi bastante adequada, pois ela atende a esses dois requisitos básicos.

As **proporções esperadas** nos cruzamentos indicam simplesmente a probabilidade do que pode ocorrer na descendência obtida. Quando se diz que uma proporção fenotípica é 3 : 1, não significa que um casal com 4 filhos tem obrigatoriamente 3 deles com fenótipo dominante e 1 com fenótipo recessivo, mas sim que cada filho desse casal teve 3 chances em 4 de apresentar fenótipo dominante e 1 chance em 4 de apresentar o recessivo. Entretanto, quanto maior for o número de filhos (assim como quanto maior for o número de repetições dos eventos), a proporção fenotípica mais se aproximará de 3 : 1.

Probabilidade de ocorrer um OU outro evento

Até aqui nos referimos à probabilidade de ocorrer apenas um evento, mas também é possível saber a probabilidade de ocorrer um **ou** outro evento. Por exemplo: qual é a probabilidade de sair o número 2 **ou** o número 5 em um lançamento de dado?

Esses eventos não ocorrem juntos, pois, se sair o número 2, não sairá o número 5. Assim, eles são **mutuamente exclusivos** e o resultado é dado pela **soma** das probabilidades isoladas de cada evento:

$$P\ (2) = \frac{1}{6}$$

$$P\ (5) = \frac{1}{6}$$

$$P\ (2\ \textbf{ou}\ 5) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

Probabilidade de ocorrer um E outro evento

Eventos iguais e independentes

É possível saber a probabilidade de que aconteçam dois eventos **independentes** e **iguais**. Por exemplo, sair o número 6 em dois lançamentos de dado. Os eventos são independentes, pois o fato de aparecer o número 6 em um lançamento não interfere na chance de sair o número

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6 em outro. Portanto, buscamos a chance de ocorrer um evento **e** outro. Nesse caso, a probabilidade é obtida pela **multiplicação** das probabilidades isoladas:

$$P(6) = \frac{1}{6}$$

$$P(6 \textbf{ e } 6) = \frac{1}{6} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$$

Eventos diferentes e independentes

Quando os eventos são **diferentes** e **independentes**, devem ser consideradas duas situações: uma em que a ordem é importante e outra em que a ordem não é importante.

Quando a ordem importa

Qual é a probabilidade de se obter o número 1 em um lançamento de dado e, em seguida, o número 6 em outro lançamento? Nesse caso, multiplica-se a probabilidade de cada evento:

$$P(1) = \frac{1}{6}$$

$$P(6) = \frac{1}{6}$$

$$P(1 \textbf{ e } 6) = \frac{1}{6} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$$

Quando a ordem não importa

Qual é a probabilidade de ocorrerem o número 1 e o número 6 sem especificar a ordem? Nesse caso, temos de considerar os eventos favoráveis (1 **e** 6) ou (6 **e** 1). A probabilidade deve ser calculada da seguinte maneira:

$$P(1 \textbf{ e } 6) = \frac{1}{36}$$

$$P(6 \textbf{ e } 1) = \frac{1}{36}$$

$$P(1 \textbf{ e } 6) \textbf{ ou } (6 \textbf{ e } 1) = \frac{1}{36} + \frac{1}{36} = \frac{2}{36} = \frac{1}{18}$$

Probabilidade condicional

A probabilidade condicional refere-se a estimativas de resultados de eventos ao acaso tendo uma condição conhecida. Por exemplo: calcular a probabilidade de uma semente com textura lisa ser heterozigótica no cruzamento de duas plantas heterozigóticas. Note que há uma condição: a semente é lisa. Do cruzamento entre dois heterozigotos para essa condição, resultam sementes lisas e rugosas e, entre as sementes lisas, $\frac{2}{3}$ são heterozigóticas, que é a probabilidade esperada para esse caso.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

3. Retome a experimentação de Mendel e aplique a ela as noções de probabilidade. Para isso, considere os cruzamentos geração F_1, em que 100% dos indivíduos são **Rr**. Esses indivíduos produzem gametas masculinos e femininos que se encontram ao acaso. Assim, devem ser consideradas duas situações: uma em que os eventos são iguais e independentes (gametas **R** e **R**, ou **r** e **r**, se encontrando); e outra em que os eventos são diferentes e a ordem não importa (gametas **R** e **r** se encontrando). Elabore os cálculos indicando as probabilidades genotípicas esperadas em F_2 e as compare com o que Mendel obteve.

4. Com base nos dados do problema anterior, calcule as proporções fenotípicas esperadas em F_2 e as compare com os resultados de Mendel. Nesse caso, deve ser empregada a regra dos eventos mutuamente exclusivos.

5. Um casal tem um filho que expressa o fenótipo dominante de uma característica relacionada a um par de alelos e quer saber a probabilidade de ele ser homozigótico. Proponha uma resposta para os pais, justificando-a.

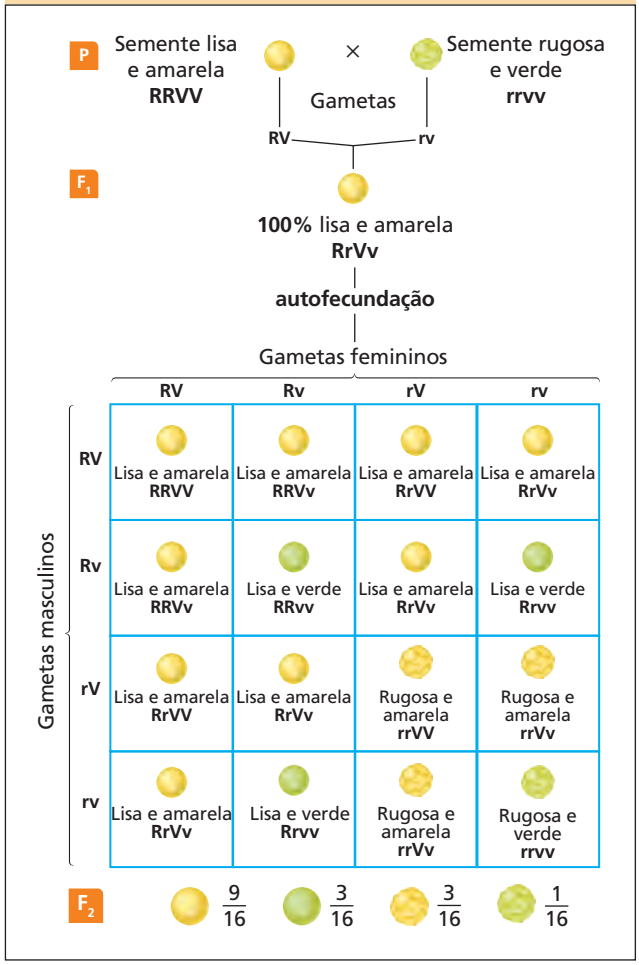
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A Segunda Lei de Mendel

Utilizando a mesma metodologia, Mendel deu prosseguimento às suas experimentações e analisou a herança de dois caracteres ao mesmo tempo. Por exemplo, a textura e a cor das sementes, como resumido na figura a seguir

Herança simultânea de dois caracteres

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação dos cruzamentos entre plantas de ervilha, visando entender a herança dos caracteres textura e cor da semente. Nela, as sementes foram utilizadas para representar as plantas; as letras **V** (cor amarela), **v** (cor verde), **R** (textura lisa) e **r** (textura rugosa) indicam os fatores mendelianos ou alelos.

Na geração P, ao cruzar plantas puras para esses dois caracteres, sendo uma delas pura para sementes lisas e amarelas (**RRVV**) e a outra para sementes rugosas e verdes (**rrvv**), ele obteve, em F_1, 100% das sementes lisas e amarelas (**RrVv**). Como resultado da autofecundação de F_1, a proporção fenotípica aproximada em F_2 foi de: $\frac{9}{16}$ lisas e amarelas (**R_V_**); $\frac{3}{16}$ lisas e verdes (**R_vv**); $\frac{3}{16}$ rugosas e amarelas (**rrV_**); $\frac{1}{16}$ rugosa e verde (**rrvv**). Os traços indicam que o alelo pode ser dominante ou recessivo.

Com base nesses resultados, Mendel concluiu que a segregação dos fatores para a cor das sementes e para a textura delas não tem relação de dependência, de modo que os dois caracteres são transmitidos de maneira independente.

Mendel analisou, duas a duas, as sete características que considerou em seus trabalhos e, em todos os casos, constatou a independência da transmissão dessas características e a mesma proporção fenotípica aproximada em F_2: **9 : 3 : 3 : 1**, sendo o número **9** referente à ocorrência de dois fenótipos dominantes, o número **3**, à ocorrência de um fenótipo dominante e um recessivo, e o número **1**, à ocorrência de dois fenótipos recessivos.

As conclusões de Mendel com base nesses resultados são enunciadas como sua **Segunda Lei**, também chamada lei da segregação independente.

Segunda Lei de Mendel

Os fatores do par responsável por uma característica separam-se independentemente dos fatores do par responsável por outra característica, de modo que os caracteres são transmitidos de maneira independente.

Ou, com base em conceitos mais atuais, os alelos de genes localizados em cromossomos não homólogos separam-se independentemente na formação dos gametas.

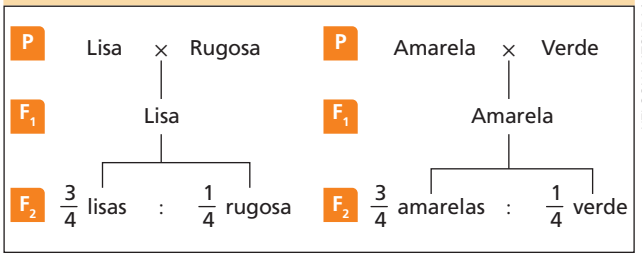
Probabilidades

A proporção fenotípica de 9 : 3 : 3 : 1 na geração F_2 de Mendel é a que se obtém ao aplicarmos a teoria das probabilidades para eventos independentes e simultâneos, confirmando que a transmissão de uma característica é independente da transmissão de outra.

Considerando o exemplo da cor e textura das sementes, vamos analisar cada herança separadamente e calcular as combinações possíveis.

Herança separada de dois caracteres

NELSON MATSUDA/ ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Representação dos cruzamentos entre plantas de ervilha e as proporções dos descendentes das gerações F_1 e F_2, analisando separadamente os caracteres textura e cor de semente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

As combinações possíveis são calculadas considerando-se a probabilidade de um evento e outro ocorrerem juntos. Para isso, multiplicam-se as probabilidades isoladas de cada evento:

- sementes lisas e amarelas = $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$
- sementes lisas e verdes = $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$
- sementes rugosas e amarelas = $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{16}$
- sementes rugosas e verdes = $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

Obtém-se, então, a proporção fenotípica de: **9** lisas e amarelas; **3** lisas e verdes; **3** rugosas e amarelas; **1** rugosa e verde. Essa foi a proporção aproximada que Mendel encontrou em suas experimentações, corroborando, dessa forma, a transmissão independente desses caracteres.

A competência geral 5 é favorecida com o simulador mendeliano ao proporcionar aos estudantes a utilização de recursos multimídia para apoiar a aprendizagem.

Fique por dentro

Simulador Mendeliano

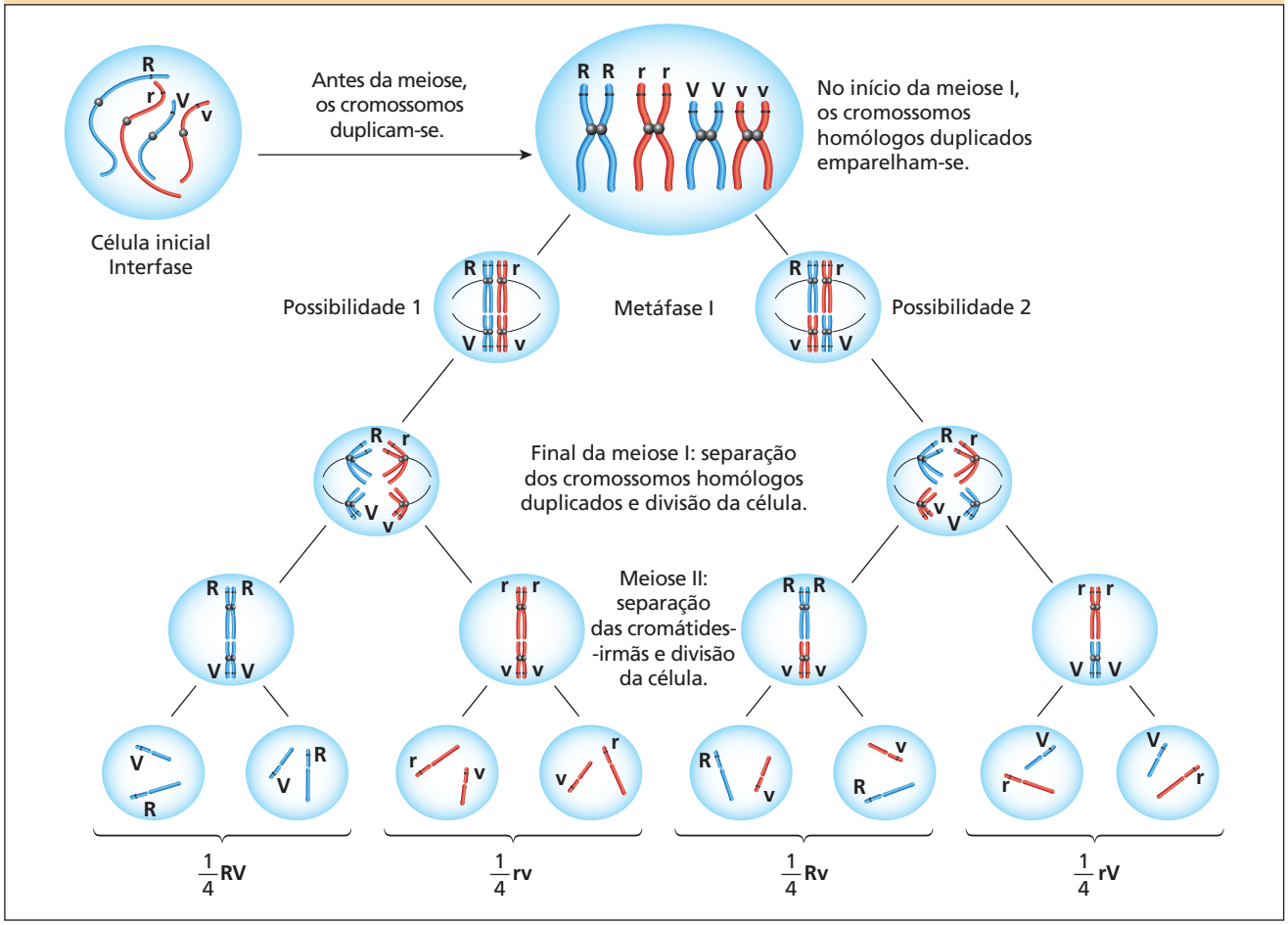
ESPAÇO INTERATIVO DE CIÊNCIAS. **Simulador Mendeliano**. Disponível em: https://eic.ifsc.usp.br/simulador-mendeliano-2/. Acesso em: 14 out. 2024.

O simulador oferece a oportunidade de observar os fenótipos das ervilhas (no caso, as cores das sementes), seus genótipos relacionados, as combinações possíveis dos alelos e as taxas de ocorrência de cada uma delas.

Meiose

Para explicar a relação entre a meiose e a Segunda Lei de Mendel, vamos usar uma célula inicial hipotética destacando apenas dois cromossomos homólogos. Em um par dos homólogos estão os alelos **Rr** e em outro, os alelos **Vv**, como representado na figura a seguir.

Meiose e Segunda Lei de Mendel



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação simplificada da meiose a partir de uma célula heterozigótica para dois genes localizados em cromossomos distintos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Como estamos analisando dois pares de cromossomos homólogos, eles podem se dispor de duas maneiras diferentes e igualmente prováveis na metáfase I e, ao final do processo, são formadas oito células haploides: quatro provenientes da meiose da primeira possibilidade de arranjo e as outras quatro, da segunda possibilidade.

Assim, no conjunto das meioses, indivíduos **RrVv** podem produzir quatro tipos de gameta, todos em iguais proporções: 25% **RV**, 25% **rv**, 25% **Rv** e 25% **rV**, como Mendel havia proposto.

Resolvendo problema por meio de diferentes abordagens

Vamos analisar a herança de três características humanas que são segregadas de modo independente, com o objetivo de demonstrar que existem várias maneiras de chegar às respostas e entender os mecanismos envolvidos. As características são as seguintes, todas relacionadas a alelos dominantes:

- polidactilia: números extras de dedos nas mãos e/ou nos pés; chamaremos o alelo de **A**;
- intolerância à lactose: incapacidade de digerir a lactose, açúcar do leite, devido à atividade reduzida ou ausente da enzima lactase, condição que se manifesta ao longo da vida; chamaremos o alelo de **B**;
- hipercolesterolemia familiar: acúmulo de colesterol no sangue causado por disfunção no receptor que transporta o colesterol para dentro das células; chamaremos o alelo de **C**.

Suponha o seguinte casal:

♀ com polidactilia e intolerância à lactose, sem hipercolesterolemia: genótipo **AaBbcc**;

♂ com hipercolesterolemia e sem as outras características: genótipo **aabbCc**.

Qual é a probabilidade de esse casal ter um descendente sem essas características, ou seja, homozigótico recessivo para os três casos?

Para resolver essa questão, devemos seguir algumas etapas a partir dos genótipos dos pais:

- considerar cada caráter separadamente, tratando-os de acordo com a Primeira Lei de Mendel;
- definir as proporções genotípicas e fenotípicas esperadas para cada cruzamento (proporções mendelianas);
- multiplicar as probabilidades (proporções) isoladas dos eventos desejados, a fim de determinar a probabilidade de eles ocorrerem juntos.

Interprete o quadro a seguir, que mostra de modo comparativo como resolver essas etapas usando, para cada característica, uma estratégia de solução.

♀ **AaBbcc** × ♂ **aabbCc**

Analisar cada caráter separadamente

Polidactilia	Intolerância à lactose	Hipercolesterolemia
Aa × aa Uma maneira de resolver é escrever diretamente as proporções mendelianas esperadas para esse tipo de cruzamento, sem realizar diagramas. Proporções: • Genotípica: $\frac{1}{2}$ **Aa**: $\frac{1}{2}$ **aa** • Fenotípica: $\frac{1}{2}$ (polidactilia); $\frac{1}{2}$ (sem polidactilia) Logo, a probabilidade do evento desejado (sem polidactilia) é: P (**aa**) = $\frac{1}{2}$	**Bb × bb** Outro modo envolve escrever os tipos de gameta produzidos pela mãe e pelo pai e montar um diagrama ou o quadro de Punnett. Gametas do pai: **b** Gametas da mãe: **B** → **Bb**; **b** → **bb** As proporções obtidas são: • Genotípica: $\frac{1}{2}$ **Bb**: $\frac{1}{2}$ **bb** • Fenotípica: $\frac{1}{2}$ (com intolerância); $\frac{1}{2}$ (sem intolerância) Logo, a probabilidade do evento desejado (sem intolerância) é: P (**bb**) = $\frac{1}{2}$	**cc × Cc** Outra maneira implica determinar os tipos de gameta e as respectivas proporções e calcular diretamente a probabilidade do evento desejado. • Gametas da mãe: todos **c** • Gametas do pai: $\frac{1}{2}$ **C** e $\frac{1}{2}$ **c** • Evento desejado: **cc** P (gametas **c** da mãe) × P (gametas **c** do pai) = 1 × $\frac{1}{2}$ = $\frac{1}{2}$ Logo: P (**cc**) = $\frac{1}{2}$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Assim, a probabilidade do evento desejado (criança sem polidactilia, sem intolerância à lactose e sem hipercolesterolemia) é:

$$P = P\ (\mathbf{aa})\ e\ P\ (\mathbf{bb})\ e\ P\ (\mathbf{cc}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

Quando a Segunda Lei de Mendel não é válida

A Segunda Lei não é válida para genes localizados muito próximos no mesmo par de cromossomos homólogos. Essa situação envolve os chamados **genes ligados**, cujo mecanismo de transmissão não abordaremos nesta obra.

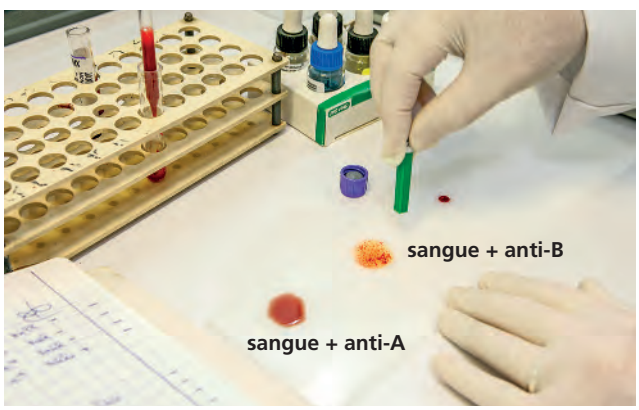
Portanto, a Segunda Lei de Mendel não é tão geral quanto a Primeira.

Os grupos sanguíneos

Atualmente já são descritos vários sistemas de grupos sanguíneos humanos, mas vamos analisar apenas a herança dos sistemas Rh e ABO, que envolvem alelos localizados em cromossomos distintos. Assim, são transmitidos independentemente, de acordo com a Segunda Lei de Mendel.

Os grupos sanguíneos são determinados pelo tipo de antígeno presente na superfície das hemácias, chamados **aglutinogênios**.

A **tipagem sanguínea** é feita em testes laboratoriais seguindo um rígido protocolo de segurança para evitar riscos de contaminação por doenças transmitidas pelo sangue. Nesses testes, amostras de sangue de uma pessoa são colocadas em contato com soros contendo **aglutininas**, anticorpos específicos para cada antígeno. Quando há a reação antígeno-anticorpo, ocorre a aglutinação das hemácias e, em função dessa reação, ou da ausência dela, os grupos sanguíneos são determinados.



CHASSENET/BSIP/AGB PHOTO LIBRARY

Resultado de um ensaio de laboratório para tipagem de sangue pelo sistema ABO. Nesse caso, houve coagulação do sangue com o anticorpo-B (anti-B), indicando que a pessoa é do grupo A. **Atenção**: esse procedimento só deve ser realizado em laboratórios especializados, pois há risco de contágio por doenças transmitidas pelo sangue.

Sistema Rh

O sistema Rh envolve cerca de 50 antígenos distintos e seu mecanismo de herança é complexo, mas o mais importante é o **antígeno D**. Se presente na hemácia, o tipo sanguíneo é **Rh positivo** (+); se ausente, é **Rh negativo** (–). A maioria das pessoas no Brasil pertence ao tipo sanguíneo Rh^+.

De modo mais simplificado, pode-se atribuir a herança do antígeno D a um par de alelos com relação de dominância completa, como resumido no quadro.

Genótipos e fenótipos dos grupos sanguíneos do sistema Rh

Genótipo	Fenótipo
DD ou **Dd**	Rh^+
dd	Rh^-

Fonte: BORGES-OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. **Genética Humana**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

O antígeno D reage com anticorpos **anti-Rh**, que só são produzidos após estímulo, como uma transfusão de sangue Rh^+ em uma pessoa Rh^-. Nesse caso, a pessoa que recebe passa a produzir anticorpos anti-Rh, causando aglutinação das hemácias recebidas, o que provoca grumos no sangue e danos à saúde. Por isso, pessoas Rh^- só podem receber sangue de doadores Rh^-, enquanto pessoas Rh^+ podem receber sangue de ambos os tipos.

Eritroblastose fetal

ODS 3

A incompatibilidade dos tipos sanguíneos do sistema Rh é a causa de uma doença chamada **eritroblastose fetal** ou **doença hemolítica do recém-nascido**, caracterizada pela destruição das hemácias do feto ou do recém-nascido, podendo causar sua morte.

Essa doença ocorre quando a mãe é Rh^- e o bebê é Rh^+, e a mãe já foi previamente sensibilizada, ou seja, se entrou em contato com sangue Rh^+ anteriormente, durante a primeira gravidez ou por meio de transfusão inadequada. Nesses casos, ela passa a ter no sangue anticorpos anti-Rh. Como durante a gravidez ocorre passagem de anticorpos da mãe para o feto através da placenta, se ele for Rh^+, os anticorpos anti-Rh reagem com as hemácias fetais, causando a doença.

Como medida preventiva, administra-se soro anti-Rh na mãe Rh^-, durante a primeira gravidez com parceiro Rh^+(pois há chance de o feto ser Rh^+) e após cada parto de bebê Rh^+. Com isso, neutralizam-se os antígenos antes que o sistema imunitário materno reaja e se sensibilize.

Sistema ABO

No sistema ABO, existem dois tipos de antígenos nas hemácias: **A** e **B**. Em função deles, são identificados quatro tipos de grupos sanguíneos:

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

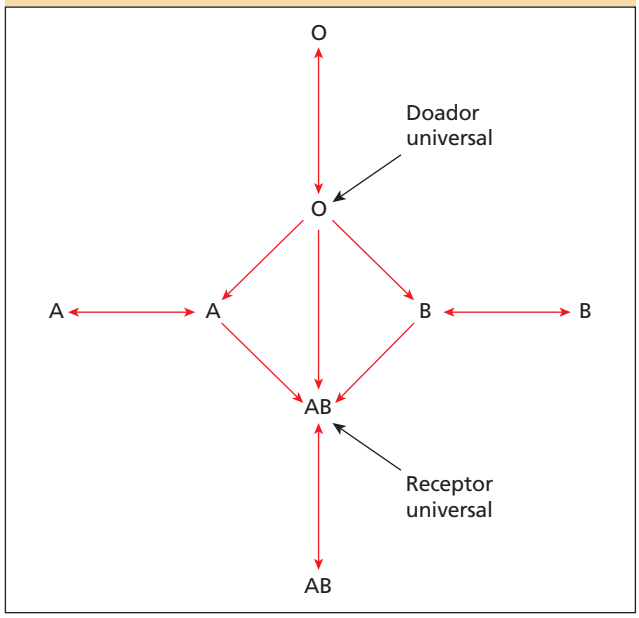
- **grupo A**: possui antígeno A;
- **grupo B**: possui antígeno B;
- **grupo AB**: possui antígenos A e B;
- **grupo O**: não possui esses antígenos.

Ao contrário do sistema Rh, no sistema ABO as pessoas já possuem anticorpos específicos contra os antígenos que não ocorrem em seu sangue: pessoas do grupo A têm anticorpos **anti-B**; pessoas do grupo B têm anticorpos **anti-A**; pessoas do grupo O têm anticorpos anti-A e anti-B; e pessoas do grupo AB não têm esses anticorpos.

Nas transfusões, é necessário que haja compatibilidade entre os antígenos das hemácias do doador e os anticorpos do plasmareceptor, pois a incompatibilidade causa aglutinação das hemácias recebidas, o que pode ser fatal. Por já existirem anticorpos prontos no plasma, os riscos de complicações nas transfusões são maiores no sistema ABO do que no sistema Rh. No entanto, é importante que haja compatibilidade do fator Rh e de outros fatores menos comuns presentes no sangue.

As possibilidades de doação de sangue quando são usadas bolsas de sangue não fracionado do doador, ou seja, o sangue não foi separado em seus componentes, são apresentadas no diagrama a seguir.

Doação de sangue – sistema ABO



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à Genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Diagrama das possibilidades de transfusão de sangue não fracionado, ou seja, cujos componentes não foram separados, considerando o sistema ABO.

Quanto aos sistemas ABO e Rh, os indivíduos do grupo sanguíneo O Rh^- são considerados **doadores universais**, pois suas hemácias não contêm antígenos A, B e D. Já os indivíduos do grupo sanguíneo AB Rh^+ são considerados **receptores universais**, pois seu plasma não contém os anticorpos anti-A e anti-B.



MINISTÉRIO DA SAÚDE/GOVERNO FEDERAL

Cartaz do Ministério da Saúde incentivando a doação de sangue.

Sistema ABO e polialelia

A herança do sistema ABO está relacionada a três alelos para o mesmo loco gênico, sendo um caso de **polialelia** (ou **alelos múltiplos**). Esse tipo de herança difere das que analisamos até aqui, em que cada gene apresentava apenas dois alelos. Na polialelia, o gene tem mais de dois alelos na população, mas em cada célula diploide de um indivíduo ocorrem apenas dois deles, sendo um alelo em cada cromossomo homólogo.

Nos casos de polialelia, os diferentes fenótipos dependem do tipo de relação entre os alelos. No sistema ABO, os alelos envolvidos são chamados I^A, I^B e **i**. A letra **i** provém de **isoaglutinação**, que se refere à aglutinação do sangue causada por transfusões entre pessoas com tipos sanguíneos incompatíveis.

O alelo **i** é recessivo em relação aos alelos I^A e I^B, sendo um caso de dominância completa entre alelos. Assim, um indivíduo do grupo sanguíneo O é homozigótico recessivo (**ii**).

Já os alelos I^A e I^B têm um tipo de relação chamada **codominância**, pois, quando os dois estão presentes no mesmo indivíduo, ambos se manifestam e o fenótipo apresentado é o do grupo sanguíneo AB.

Genótipos e fenótipos dos grupos sanguíneos do sistema ABO

Genótipo	Fenótipo
I^AI^A ou I^Ai	Grupo A
I^BI^B ou I^Bi	Grupo B
I^AI^B	Grupo AB
ii	Grupo O

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à Genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sistema ABO e interação gênica

É muito comum que uma característica seja influenciada por mais de um gene, o que caracteriza a **interação gênica**. No sistema ABO, há interação gênica entre os alelos I^A, I^B e **i** com os alelos **H** e **h**, de um gene localizado em outro cromossomo. Esses alelos têm relação de dominância completa entre si: indivíduos com genótipos **HH** ou **Hh** codificam uma enzima que transforma uma substância

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

precursora em **antígeno H**, presente na maioria da população. O antígeno H pode ser transformado em antígeno A ou B pelas enzimas codificadas pelos alelos I^A ou I^B, respectivamente. No genótipo **ii**, o antígeno H não é modificado, pois as enzimas A ou B não são produzidas.

Nos testes tradicionais de determinação dos grupos sanguíneos, a presença dos antígenos A e B é investigada. Indivíduos **HH** ou **Hh** podem ter esses antígenos identificados, mas indivíduos **hh** não sintetizam a enzima que transforma a substância precursora em antígeno H. Na ausência desse antígeno, as enzimas produzidas a partir da expressão dos alelos I^A e I^B não são operantes, pois não existe o substrato (antígeno H) sobre o qual atuam. Assim, não são formados os antígenos A ou B, mesmo que a pessoa tenha os alelos I^A e/ou I^B. Essas pessoas apresentam o fenótipo **falso O**, ou **Bombaim**, nome que se deve ao fato de esse fenótipo ter sido descrito pela primeira vez em 1952, na cidade de Bombaim, hoje Mumbai, na Índia.

O teste para identificar um falso O consiste em adicionar anticorpos anti-H a uma amostra de sangue. Se ocorrer aglutinação, o indivíduo é O verdadeiro; caso contrário, é falso O e outros testes mais especializados podem ser feitos para determinar o genótipo.

Os alelos **H** e **h** e os do sistema ABO encontram-se em pares distintos de cromossomos homólogos, de modo que segregam independentemente na meiose, de acordo com a Segunda Lei de Mendel.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

6. Maria só pode doar sangue para pessoas tipo B ou AB, e João só pode doar sangue para pessoas tipo A ou AB. Eles tiveram uma primeira filha, que é do tipo O. Com base nisso, responda.

a. Quais são os genótipos de Maria e João? Justifique.

b. Quais são os possíveis genótipos e fenótipos e respectivas probabilidades de um próximo filho do casal?

7. A respeito dos tipos sanguíneos do sistema ABO, identifique as afirmativas verdadeiras e reescreva as falsas, corrigindo-as. 7. V, F, F e V.

a. Quando em homozigose, o alelo **h** interfere na expressão dos alelos I^A e I^B, produzindo indivíduos falsos O.

b. É possível identificar se um indivíduo é um falso O por meio da tipagem sanguínea em que se usam os soros com anti-A e anti-B.

c. O loco dos alelos **H** e **h** encontra-se no mesmo par de cromossomos homólogos que o loco dos alelos do sistema ABO.

d. Para saber se um indivíduo é falso O, pingam-se gotas de soro com anti-H em uma amostra do seu sangue. Se ocorrer aglutinação, o indivíduo é O verdadeiro; se não, é falso O.

Identificação de pessoas pelo DNA

Para fazer a identificação de paternidade ou de pessoas envolvidas em crimes, é possível adotar a análise de grupos sanguíneas. Porém, essa abordagem permite apenas descartar supostos pais ou suspeitos de crimes. Já os testes de DNA fornecem respostas mais confiáveis em ambos os casos.

A técnica de identificação de pessoas com base no DNA é realizada em laboratórios de Biologia Molecular no mundo todo, sendo possível ser empregada mesmo em amostras com pouco material genético ou quando ele se encontra em mau estado de conservação.

A ideia central dessa técnica é o reconhecimento, no DNA, de curtas sequências de nucleotídeos, que são herdadas dos pais de acordo com os princípios mendelianos.

A competência geral 6 e o TCT Ciência e Tecnologia são favorecidos com o vídeo ao proporcionar aos estudantes a apropriação de conhecimentos e experiências que possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho envolvendo técnicas de Biologia Forense. Oriente os estudantes a identificar as técnicas citadas no vídeo (como a impressão digital, amostras de cabelo e teste de DNA) e, com base nelas, verifique o que eles sabem de cada uma delas.

Fique por dentro

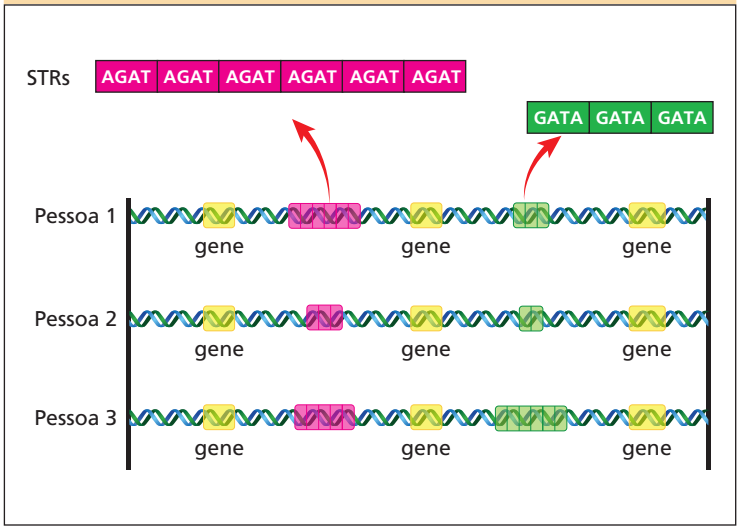
Encontrando uma criminosa sem face

ENCONTRANDO uma criminosa sem face. [*S. l.*: *s. n.*], 2017. 1 vídeo (8 min 29 seg.). Publicado pelo canal Nerdologia. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=nxSK7USgvIs. Acesso em: 14 out. 2024.

A partir de um exemplo real, o vídeo apresenta algumas informações sobre técnicas utilizadas na Biologia Forense.

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Distribuição hipotética de STRs no DNA



Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à Genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Representação mostrando a distribuição das STRs no DNA de três pessoas diferentes. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Cada pessoa tem um padrão de repetição dessas sequências, que é exclusivo, exceto no caso dos gêmeos monozigóticos, pois neles as sequências de bases do DNA são idênticas.

As sequências curtas que costumam ser analisadas são chamadas **STRs** (do inglês ***S**hort **T**andem **R**epeats*). Elas têm de 2 a 5 pares de bases nitrogenadas, que se repetem várias vezes, e é o número dessas repetições que varia entre os indivíduos. A maioria das STRs está localizada em regiões não codificantes do DNA, e elas representam uma pequena fração do genoma humano.

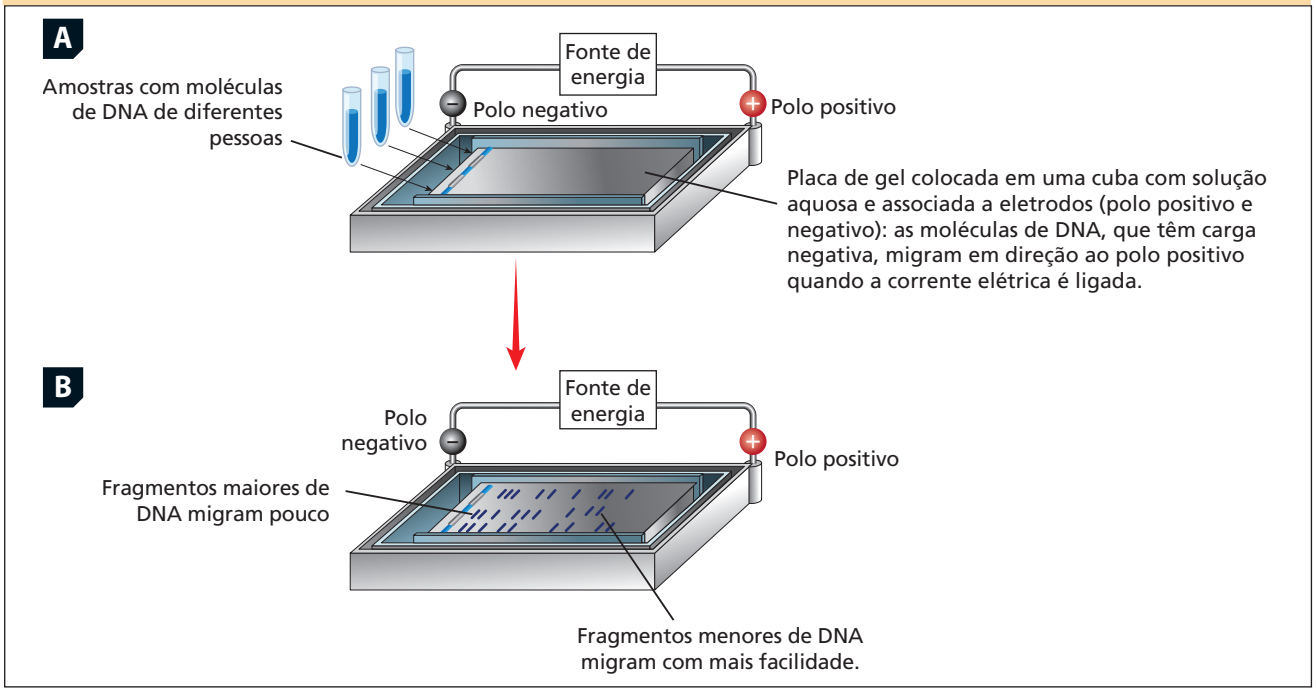
Na figura ao lado, há um exemplo hipotético de duas dessas sequências, AGAT e GATA, que têm um número variável de repetições em diferentes indivíduos.

Nos estudos de identificação de pessoas, são analisados cerca de 13 tipos diferentes de STRs já mapeadas nos cromossomos. A análise conjunta dessas sequências permite obter resultados com 99,9% de precisão.

Amostras biológicas contendo células nucleadas são preparadas para isolar as moléculas de DNA, que são cortadas por enzimas de restrição, capazes de reconhecer sequências específicas de nucleotídeos. As regiões que contém as STRs são amplificadas pela técnica de **reação em cadeia da polimerase** (**PCR**), de modo a se produzir várias cópias das STRs. Os fragmentos resultantes são geralmente separados por **eletroforese em gel** (do grego, *phóresis* = ação de levar), como resumido na figura a seguir.

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Eletroforese



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al.* **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Representação do processo de eletroforese. Em **(A)**, aplicação das amostras com moléculas de DNA de diferentes pessoas em depressões distintas próximas ao polo negativo. Em **(B)**, separação das moléculas de DNA por tamanho na placa de gel, formando o perfil genético da pessoa ou o seu DNA *fingerprint*. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

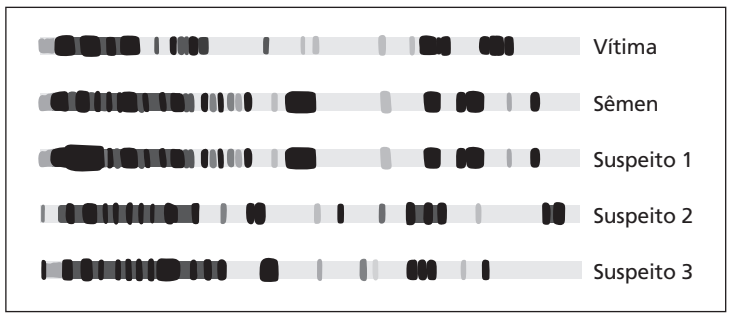
O resultado assemelha-se a um código de barras e corresponde ao perfil genético da pessoa ou impressão digital de DNA (**DNA *fingerprint***, em inglês). Cada traço ou "banda" é composto de vários segmentos de DNA de mesmo tamanho.

Essa técnica tem sido aplicada na área da Biologia Forense como mais uma das fontes de dados que podem ajudar a elucidar crimes ou a esclarecer casos de paternidade.

Vamos analisar dois exemplos que ilustram aplicações práticas do DNA *fingerprint* na Biologia Forense.

Caso 1: crime sexual

Foi feito o DNA *fingerprint* de três suspeitos, da vítima e do sêmen encontrado nela. Os resultados são indicados na figura.



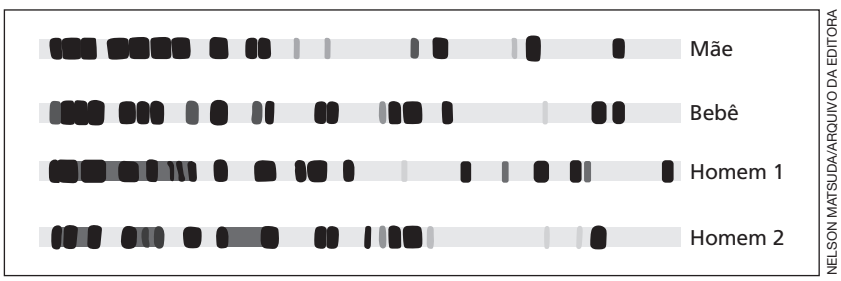
Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à Genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Representação dos padrões de bandas resultantes da eletroforese de amostras analisadas no esclarecimento de crime sexual.

Observe que o padrão de bandas do suspeito 1 coincide com o da amostra do sêmen encontrado no corpo da mulher, confirmando que ele teve relações sexuais com a vítima e, portanto, pode ser o culpado paternidade.

Caso 2: paternidade

Foi feito DNA *fingerprint* da mãe, do bebê e de dois possíveis pais. Os resultados estão na figura.



Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à Genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Representação dos padrões de bandas resultantes da eletroforese de amostras analisadas na investigação de paternidade.

Podemos comparar os padrões de banda da mãe e do bebê com os dos possíveis pais. O bebê deve ter herdado 50% do padrão de bandas da mãe e 50% do pai, que, nesse caso, é identificado como "Homem 2".

Herança e cromossomos sexuais

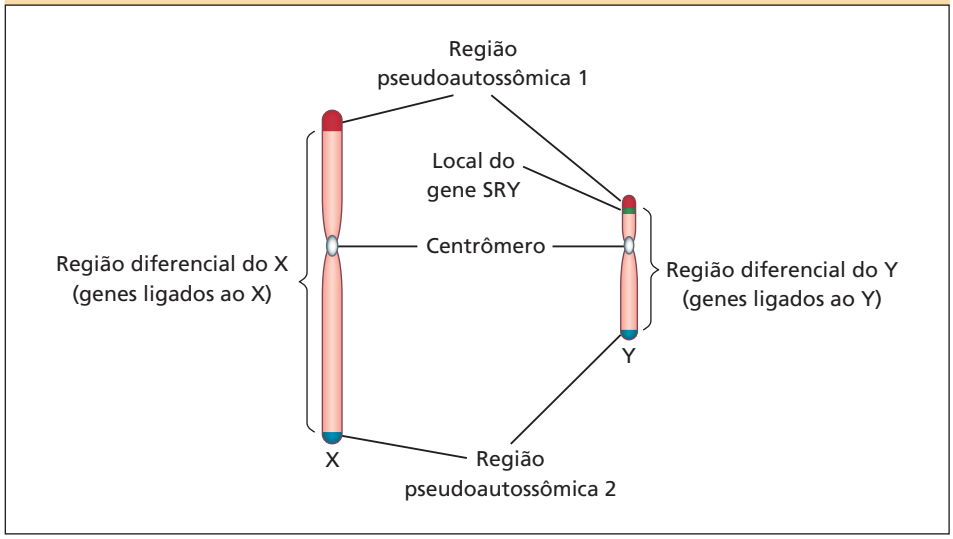
Os genes localizados nos cromossomos sexuais têm um padrão de herança diferente do padrão dos autossomos. O cromossomo X é maior do que o Y e os geneticistas dividem esses cromossomos em duas regiões:

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

- **região homóloga** ou **pseudoautossômica:** localizada nas extremidades dos cromossomos X e Y. Essas extremidades contêm sequências de DNA semelhantes que emparelham na meiose, com padrão de herança semelhante ao dos autossomos;
- **região diferencial** ou **não homóloga:** contém sequências de DNA exclusivas de cada cromossomo sexual, de modo que não há emparelhamento nessa região entre os cromossomos X e Y. Genes nessa região têm padrão de herança distinto do padrão da herança autossômica; fala-se em **herança ligada ao X** para os alelos localizados nessa região do cromossomo X, e **herança ligado ao Y**, para aqueles localizados nessa região do cromossomo Y. No cromossomo Y, essa região tem poucos genes, todos relacionados aos caracteres sexuais primários masculinos, como o gene SRY.

Regiões dos cromossomos X e Y

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. **Introdução à Genética**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Representação dos cromossomos X e Y e suas respectivas regiões. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Pessoas XX podem ser homozigóticas ou heterozigóticas para alelos localizados na região diferencial do cromossomo X. Já pessoas XY são **hemizigóticas** (*hemi* = meio) nessa região, pois possuem apenas um alelo para cada gene do cromossomo X. Como resultado, alelos recessivos em hemizigose têm maior probabilidade de se manifestar no fenótipo, ao contrário do que ocorre em heterozigose.

A hemofilia é um exemplo de herança ligada ao X, caracterizada por dificuldade na coagulação do sangue e tendência a hemorragias. O alelo relacionado à hemofilia (**h**) é recessivo em relação àquele da coagulação normal do sangue (**H**).

Como exemplo, analise o cruzamento a seguir, entre uma mulher heterozigótica para hemofilia (X^HX^h) e um homem não hemofílico (X^HY).

	X^H (homem)	**Y (homem)**
X^H (mulher)	X^HX^H	X^HY
X^h (mulher)	X^HX^h	X^hY

Quadro de Punnett evidenciando os tipos de gametas e os resultados possíveis na prole.

O cruzamento mostra que há 50% de chance de os descendentes do sexo masculino serem hemofílicos. Na caso das filhas, elas não serão hemofílicas, mas há 50% de chance de serem portadoras do alelo h.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. (Enem) A fenilcetonúria é uma doença hereditária autossômica recessiva, associada à mutação do gene PAH, que limita a metabolização do aminoácido fenilalanina. Por isso, é obrigatório, por lei, que as embalagens de alimentos, como refrigerantes dietéticos, informem a presença de fenilalanina em sua composição. Uma mulher portadora de mutação para o gene PAH tem três filhos normais, com um homem normal, cujo pai sofria de fenilcetonúria, devido à mesma mutação no gene PAH encontrada em um dos alelos da mulher. Qual a probabilidade de a quarta criança gerada por esses pais apresentar fenilcetonúria? 1. Alternativa **c**.

a. 0%

b. 12,5%

c. 25%

d. 50%

e. 75%

2. Elabore um problema de Genética original, com características fictícias, relacionando com a Primeira Lei de Mendel e envolvendo cálculos de probabilidade em experimentos sucessivos. Parta de uma geração P com os genótipos e respectivos fenótipos bem definidos e proponha a análise dos cruzamentos até a geração F_2. Passe para um colega resolver esse problema, sem fornecer as respostas. Seu colega vai passar para você o problema que ele elaborou. Depois da resolução, discutam entre si as respostas, verifiquem se acertaram e esclareçam dúvidas.

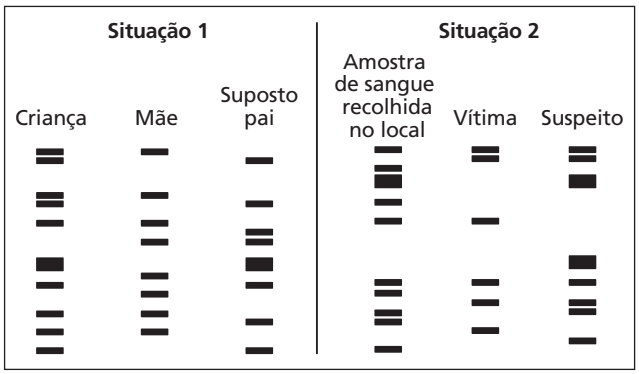
3. Cinquenta casais, todos diíbridos pertencentes ao grupo A e Rh^+, tiveram uma descendência de 160 filhos. A quais grupos fenotípicos pertencem esses filhos e qual é o número aproximado de indivíduos em cada um deles?

4. Uma mulher Rh^- recebeu transfusão de sangue Rh^+ e quer saber quais são os riscos de seu bebê nascer com a doença hemolítica do recém-nascido. O que você responderia para ela se o pai da criança fosse Rh^-? E se o pai fosse Rh^+?

5. (Unifesp-SP) As figuras representam os resultados de dois exames de DNA em que as amostras de DNA dos envolvidos são fragmentadas com enzimas específicas e submetidas à eletroforese, gerando um padrão de faixas ou "bandas".

A situação 1 refere-se a um caso de investigação de paternidade: o suposto pai deseja saber se a criança é, de fato, seu filho biológico.

A situação 2 refere-se a uma investigação criminal: na cena do crime foram encontradas manchas de sangue e o delegado precisa saber se o sangue é da vítima, de um indivíduo apontado como suspeito de ser o criminoso ou de uma terceira pessoa não identificada até o momento.



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

A partir da análise dos resultados, responda:

a. A criança é filho biológico do suposto pai? Justifique sua resposta.

b. A amostra de sangue recolhida no local do crime é da vítima, do suspeito ou de uma terceira pessoa não identificada? Justifique sua resposta.

6. Alimentos como agrião e brócolis têm um gosto amargo para muitas pessoas devido a uma substância similar à feniltiocarbamida (PTC), que é percebida como amarga por cerca de 75% da população. Isso está relacionado a um alelo dominante de um gene no cromossomo 7, que codifica receptores específicos na língua para o sabor amargo. Indivíduos sensíveis ao PTC têm o fenótipo dominante (**TT** ou **Tt**), enquanto a insensibilidade é recessiva (**tt**). O quadro mostra os resultados de uma pesquisa fictícia com famílias testadas para a sensibilidade ao PTC.

Sensibilidade ao PTC

Grupos de casais	Nº de famílias analisadas	Descendentes sensíveis ao PTC	Descendentes insensíveis ao PTC
1. Sensível × sensível	425	929	130
2. Sensível × insensível	289	483	278

a. Como se explica que os casais do grupo 1 tenham descendentes insensíveis ao PTC? Quais são os genótipos e fenótipos dos pais e dos descendentes?

b. Interprete os resultados dos casais do grupo 2 e calcule a probabilidade de um casal desse grupo ter um descendente que não sente o brócolis e o agrião como alimentos amargos.

7. A forma mais comum de daltonismo, uma condição que afeta a percepção de cores, relaciona-se à herança ligada ao X, sendo o alelo recessivo (X^d). Suponha um casal em que o homem é daltônico (X^dY) e a mulher é heterozigótica X^DX^d e que decida ter filhos.

a. Qual é a probabilidade de eles terem um descendente do sexo masculino e daltônico?

b. Qual é a probabilidade de terem uma filha daltônica?

Continua

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

8. Sob a coordenação do professor, formem três grupos para um debate sobre o uso de perfis genéticos em investigações criminais, abordando vantagens, desafios e implicações éticas. Os objetivos são: analisar aspectos científicos do uso de DNA em investigações; discutir as implicações éticas e legais do armazenamento de perfis genéticos; e explorar diferentes perspectivas sobre a tecnologia em casos criminais.
Cada grupo terá um papel:

- grupo 1: defende o uso amplo de perfis genéticos, destacando benefícios como a resolução de crimes e a prevenção de ocorrências;
- grupo 2: critica o uso de perfis genéticos, enfocando questões éticas e de privacidade, como riscos de discriminação e erros judiciais;
- grupo 3: atua como comitê de ética e justiça, preparando perguntas para os outros grupos, elaborando cenários hipotéticos e buscando fazer uma análise equilibrada.

Preparação

Leiam o texto a seguir e pesquisem mais informações em fontes confiáveis antes da data do debate, a ser estabelecida pelo professor.

Impressões digitais são importantes, mas o DNA foi um marco para a ciência forense

OLEMEDIA/GETTY IMAGES



As minúcias encontradas nas impressões digitais são únicas e permitem a identificação das pessoas.

Muitos seriados e filmes tratam da investigação e resolução de casos criminais e a procura por impressões digitais é um dos pontos centrais no exame da cena do crime. Entretanto, a busca por vestígios que contêm DNA é tão importante quanto as famosas digitais. Para a ciência forense, que é responsável pela investigação, análise e estudo dos crimes e suas provas, o advento do uso do DNA nos casos criminais foi um marco fundamental.

"[...] em 1986, na Inglaterra, houve o assassinato de duas meninas de 15 anos. Esses assassinatos ocorreram em locais diferentes, mas tinham o mesmo *modus operandi*. A análise do DNA obtido do material da secreção vaginal das duas jovens mostrou que a mesma pessoa havia cometido os dois crimes, e a partir daí a polícia coletou o material de moradores da região e chegou ao indivíduo. Esse momento é um *turning point* porque, a partir daí, passou-se a se investir na montagem de Laboratórios para Investigação Criminal em todo o mundo", comenta o professor Ivan Dieb Miziara, do Departamento de Medicina Legal, Ética Médica Social e do Trabalho da Faculdade de Medicina da USP e também membro da Academia Nacional de Medicina Legal.

[...]

Perfis genéticos no Brasil

[...]

O decreto que instituiu o BNPG [Banco Nacional de Perfis Genéticos] foi o 7.950, de 12 de março de 2013 [...]. Quanto à forma de ampliação do número de perfis, o professor Jesus Antonio Velho explica: "[...] No contexto da apuração, aqui no Brasil são incluídos obrigatoriamente no banco o DNA de condenados por crimes dolosos praticados com violência grave, bem como o dos condenados por crimes contra a vida, contra a liberdade sexual ou ainda outros crimes em que a determinação venha por meio de ordem judicial."

Fonte: UENO, A. Impressões digitais são importantes, mas o DNA foi um marco para a ciência forense. **Jornal da USP**, 8 fev. 2023. Disponível em: https://jornal.usp.br/radio-usp/impressoes-digitais-sao-importantes-mas-o-dna-foi-um-marco-para-a-ciencia-forense/. Acesso em: 14 out. 2024.

Estrutura do Debate

- Apresentações iniciais: grupos 1 e 2 têm 5 minutos cada para apresentar suas posições.
- Cenários e perguntas: o grupo 3 tem 5 minutos para apresentar cenários hipotéticos e fazer uma pergunta para cada um dos grupos 1 e 2.
- Respostas: grupos 1 e 2 têm 2 minutos cada para responder.
- Discussão moderada: o grupo 3 modera o debate por 20 minutos, permitindo perguntas e respostas entre os grupos e conduzindo a discussão.
- Considerações finais: cada grupo tem 2 minutos para fazer as considerações finais.

Fechamento

Na aula seguinte, o grupo 3 vai apresentar, em 5 minutos, um resumo das conclusões do debate e a posição tomada pelo comitê. Em seguida, haverá uma reflexão coletiva sobre as seguintes questões: "Como equilibrar segurança e privacidade?" e "Quais são os limites éticos da Ciência Forense?". A turma então deverá elaborar um manifesto com os pontos consensuais e discordantes, incluindo justificativas. Verifiquem com o professor a possibilidade de divulgar o manifesto na escola.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 24

Biotecnologia



FOTOS: (A) SÉRGIO COBEL DA SILVA/EMBRAPA ALGODÃO; (B) LUIZ PAULO DE CARVALHO/CNPA/EMBRAPA ALGODÃO

Em **(A)**, peças de roupas feitas com algodão naturalmente colorido. Em **(B)**, novas linhagens de algodão naturalmente colorido, oriundas do cruzamento entre as espécies *Gossypium barbadense* e *Gossypium hirsutum*. Nessas espécies, as plantas têm de 1 m a 3 m de altura.

Algodão naturalmente colorido foi desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na região de Campina Grande (PB), utilizando métodos tradicionais de melhoramento genético a partir da seleção e cruzamento de variedades selvagens de algodão. Com várias cores, esse tipo de algodão tem sido usado na confecção de roupas, redes, bolsas e outros materiais, gerando renda para famílias de assentados e outros agricultores familiares em estados do Nordeste brasileiro. Além dessas vantagens, esse tipo de algodão dispensa a tintura, que pode ser prejudicial ao meio ambiente, e, por não conter corantes, as roupas feitas com ele não causam alergias. Esse é um exemplo de como cientistas podem contribuir para o aprimoramento socioeconômico da população por meio da biotecnologia.

Além das técnicas tradicionais, a biotecnologia engloba processos laboratoriais cada vez mais sofisticados que permitem isolar e manipular genes de interesse, compondo a chamada Engenharia Genética ou Tecnologia do DNA recombinante. Exemplos já foram abordados de modo simplificado no capítulo anterior: a amplificação do DNA pela técnica da PCR e a identificação de pessoas por meio de seu material genético.

Neste capítulo, vamos abordar esses e outros aspectos da biotecnologia e de suas aplicações.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Biotecnologia: aspectos gerais

O exemplo do algodão colorido, um produto tipicamente brasileiro, ilustra um dos aspectos da biotecnologia (do grego, *bio* = vida; *tecno* = técnica; *logia* = estudo), área interdisciplinar de estudo que vem se desenvolvendo de modo significativo.

Segundo a Convenção de Diversidade Biológica da ONU, realizada em 1992, a biotecnologia abrange:

> [...] qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica. [...]

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Convenção sobre diversidade biológica. Brasília, 2000. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/7513-convencao-sobre-diversidade-biologica-cdb.html. Acesso em: 15 out. 2024.

Vários são os casos que se enquadram nesse conceito, que engloba desde técnicas tradicionais, como a usada na produção do algodão colorido e outras que vêm sendo realizadas há séculos pela humanidade, até técnicas laboratoriais cada vez mais sofisticadas de manipulação direta de genes.

Por milênios, agricultores têm cruzado variedades vegetais, selecionando plantas com características de interesse. Animais como os bovinos também têm sido selecionados para melhor produção de carne ou leite. A utilização de microrganismos vivos ou de seus derivados para fins específicos é outro exemplo. É o caso de determinadas espécies de fungos, que vêm sendo usadas como fermentadoras naturais na produção de pães, vinhos e cervejas, e de bactérias, que vêm sendo usadas para obter derivados do leite, como iogurtes e queijos.

As técnicas de manipulação do DNA surgiram na década de 1970 e evoluíram significativamente desde então. Elas possibilitaram a identificação de pessoas, o mapeamento de genes e o sequenciamento do DNA (determinação da sequência de bases nitrogenadas no material genético). O Projeto Genoma Humano, concluído em 2003 com a colaboração de pesquisadores brasileiros, mapeou quase todo o genoma humano. Esses avanços melhoraram os serviços de aconselhamento genético, permitindo investigar a presença de alelos relacionados a doenças e sua transmissão para descendentes. A manipulação do material genético também levanta questões éticas que são amplamente discutidas. Os progressos na biotecnologia impulsionaram áreas como Medicina, Veterinária, Agronomia, Ciência Forense e de processos industriais.

Registre em seu caderno

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

TRABALHO E JUVENTUDES

ODS 5

Quem são as pessoas que fazem Ciência?

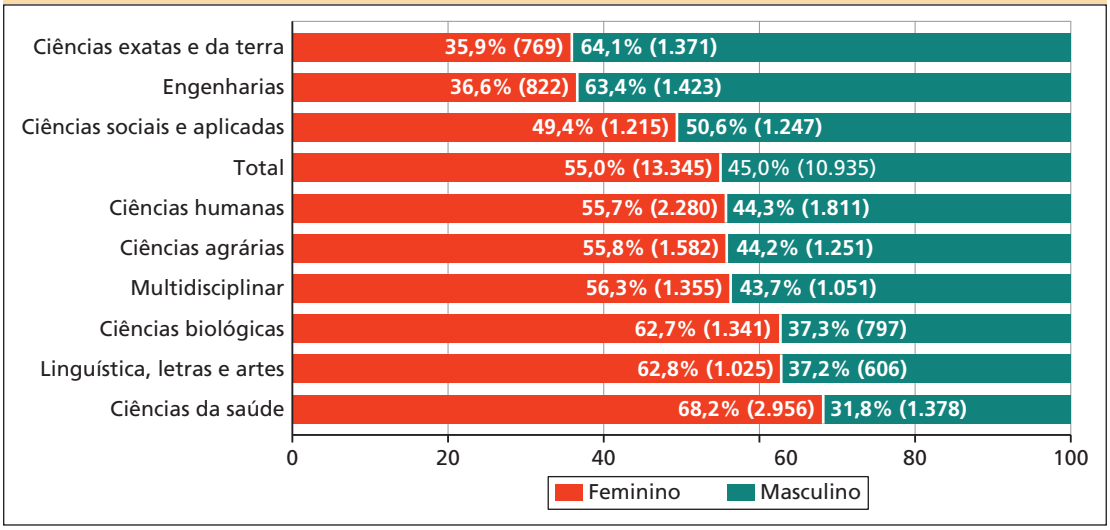
Cientistas têm um papel fundamental no desenvolvimento de um país, e o trabalho que fazem é resultado de muito estudo, dedicação e metodologias específicas. Entre o final de 2019 e o ano de 2020, com a dispersão do vírus SARS-CoV-2, que resultou na pandemia de covid-19, foi possível acompanhar, nas mais variadas mídias, eventos diversos, por exemplo: o sequenciamento genético do primeiro caso brasileiro da doença, realizado em apenas 48 horas por pesquisadoras da Universidade de São Paulo; as etapas de desenvolvimento e testes das vacinas empreendidas por diversos grupos de cientistas; avaliações de órgãos certificadores como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa); as previsões sobre a desaceleração de contaminações e óbitos; e a divulgação de dados indicando os efeitos positivos da vacinação. Mas quem são os cientistas e quais são suas principais atividades? Como se tornar cientista? Em que áreas os cientistas podem atuar?

Continua

Continuação

Além das áreas relacionadas às Ciências Biológicas e às Ciências da Saúde, os cientistas podem atuar em diversas outras, como é possível notar no gráfico a seguir.

Títulos de doutorado – Brasil 2019



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: 1996-2012 – Mestres e doutores 2015, CGEE (2016). 2013-2019 – Plataforma Sucupira/CAPES. Elaboração: Gerência de Estudos e Indicadores, DPCTA/Fapesp. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/titulos-de-doutorado-no-brasil/. Acesso em: 15 out. 2024.

Valores relativos e absolutos de títulos de doutorado no Brasil em 2019, distribuídos por grandes áreas de conhecimento e segmentados por gênero dos titulados. O gráfico evidencia as diferenças entre homens e mulheres na participação em diversas áreas acadêmicas.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

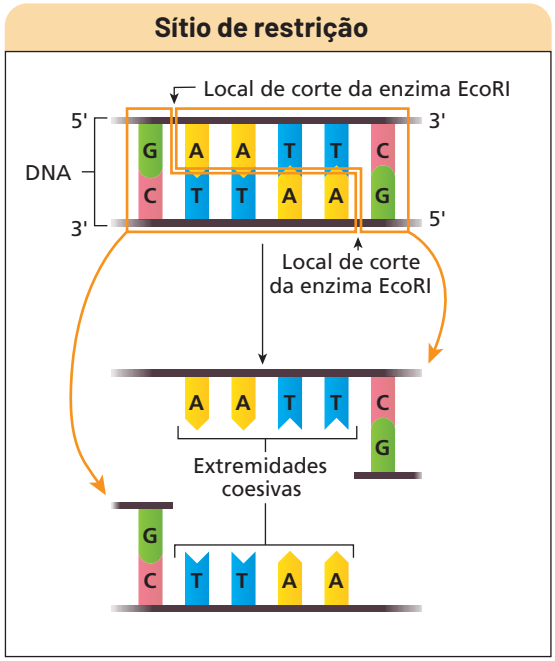
1. Qual área teve maior quantidade de cientistas doutores no ano de 2019?
2. Pesquise como pode ser a formação acadêmica de um estudante que ingressa na universidade em uma das áreas indicadas no gráfico. Em seguida, explique por que o título de doutorado é utilizado para avaliar a formação de novos cientistas no país.
3. Existe equidade na obtenção de títulos de doutorado entre mulheres e homens no total de todas a áreas? E por área? O que poderia ser feito para reduzir eventuais desigualdades?
4. Desde 2016, o Dia Internacional das Mulheres e Meninas na Ciência é comemorado em 11 de fevereiro, instituído pela Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU) na tentativa de promover igualdade de gêneros para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Você acha que essa iniciativa pode reduzir a desigualdade de ingresso e atuação na Ciência? Que outras medidas poderiam ser adotadas para promover a equidade de gênero nesse e em outros setores da sociedade? Existe equidade em sua escola e na comunidade onde você vive?
5. Suponha que você e mais quatro colegas tenham ficado responsáveis por criar uma proposta de conscientização e comemoração ao Dia Internacional das Mulheres e Meninas na Ciência. Elaborem um *slogan* que sintetize a proposta de vocês e, ao apresentá-lo à turma, compartilhem as ideias gerais do projeto e como ele poderia ser executado na escola.

Edição do DNA

O DNA é uma molécula grande e, para manipulá-lo, além de extraí-lo e isolá-lo das células, é necessário cortá-lo em locais específicos para gerar trechos menores. A edição de DNA é o procedimento que permite alterar a molécula de DNA de um organismo, podendo abranger a introdução, a deleção ou a substituição de sequências de bases nitrogenadas. Em alguns casos, essa modificação envolve a inserção de genes de outros seres vivos, resultando em organismos transgênicos ou geneticamente modificados (OGM). A seguir, são tratadas as principais técnicas que permitem a edição do DNA.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: RAVEN, P. *et al.* **Biology**. 10. ed. Nova York: McGraw-Hill Education, 2013.

Representação do sítio de restrição da enzima EcoRI. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Tecnologia do DNA recombinante

A tecnologia do DNA recombinante foi a primeira técnica de edição genética e é amplamente utilizada em laboratórios de Biologia Molecular. Por meio dela, o DNA é cortado em locais específicos usando enzimas chamadas **endonucleases de restrição** ou simplesmente **enzimas de restrição**, que ocorrem em procariontes e fazem parte dos mecanismos de defesa contra vírus. Elas agem como "tesouras moleculares", cortando o DNA viral e tornando-o inativo.

Cada enzima de restrição corta o DNA em sequências específicas de bases nitrogenadas, denominadas **sítios de restrição**. Assim, o corte feito não ocorre de forma aleatória.

Essas sequências são curtas, com quatro a oito nucleotídeos, e são chamadas **palindrômicas**, ou seja, têm a mesma leitura nos dois sentidos da fita do DNA. Por exemplo, a enzima **EcoRI** (lê-se "Eco R 1") reconhece a sequência 5'-GAATTC-3', cortando-a entre as bases G e A. Como essa sequência é a mesma na direção oposta na fita complementar da molécula, o corte ocorre em ambas as fitas, gerando segmentos de DNA com extremidades coesivas, ou seja, com bases expostas que se emparelham facilmente com outras extremidades que as complementam na mesma sequência.

Ao cortar o DNA de diferentes organismos com a mesma enzima, obtêm-se fragmentos com as mesmas extremidades coesivas e a enzima **DNA ligase** une esses fragmentos de modo estável. Com isso, forma-se o **DNA recombinante**, composto de segmentos de diferentes origens. Esse processo só é possível graças à complementariedade universal das bases nitrogenadas e à capacidade das enzimas de restrição da ligase de atuar no DNA de organismos distintos.

Edição do DNA por CRISPR

Em 1987, estudos com a bactéria *Escherichia coli* revelaram a presença de repetições palindrômicas no DNA, com cerca de 30 bases separadas por trechos espaçadores de aproximadamente 36 bases, que foram chamadas CRISPR (do inglês, *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*, ou grupos de repetições palindrômicas curtas agrupadas e regularmente espaçadas, em português).

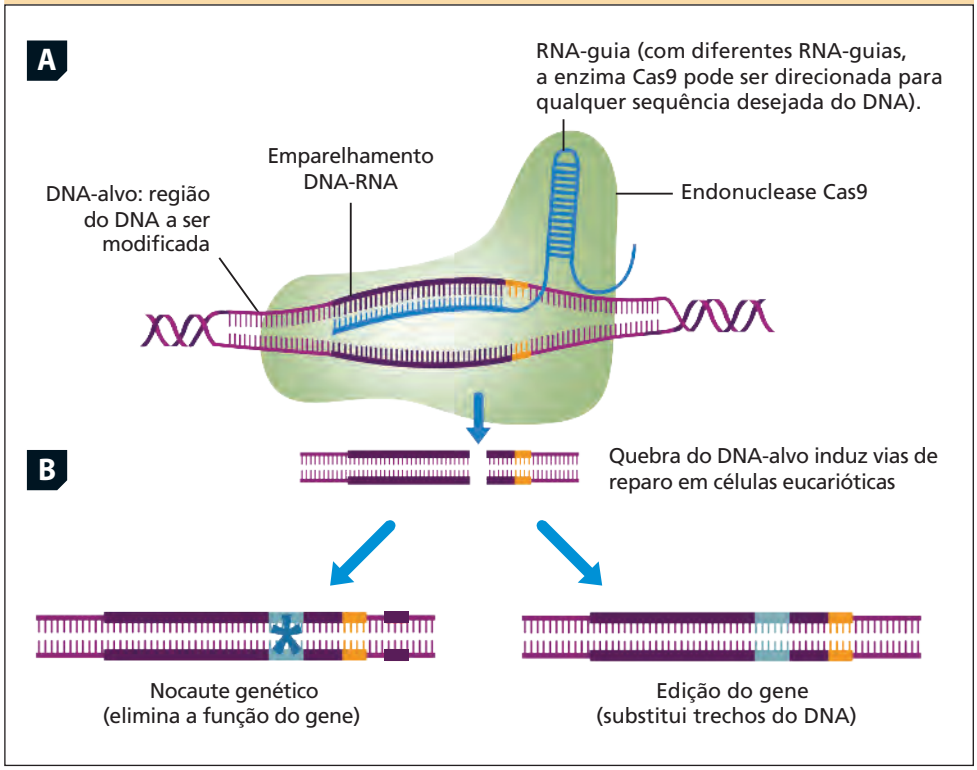
Essas sequências estão sempre associadas a genes denominados **Cas** (do inglês CRISPR *associated*, ou proteínas associadas ao CRISPR, em português), que codificam endonucleases Cas, responsáveis por quebrar o DNA em pontos específicos. Estudos posteriores verificaram que os CRISPR são, na verdade, trechos do DNA de vírus que infectaram a bactéria, funcionando como um sistema de defesa da bactéria contra um novo ataque daquele vírus. Esse sistema já foi identificado em cerca de metade das bactérias pesquisadas e em quase todas as arqueas.

Em 2012, a microbiologista e imunologista francesa Emmanuelle Charpentier (1968-) e a bioquímica estadunidense Jennifer A. Doudna (1964-) demonstraram que o sistema denominado CRISPR-Cas9 poderia ser empregado para editar genes em células eucarióticas. A enzima Cas9 separa e quebra a dupla-hélice, ativando os mecanismos naturais de reparo do DNA, os quais podem ser utilizados para inativar genes (nocautes genéticos ou *knock out*), inserir elementos genéticos novos (*knock in*), deletar trechos causadores de doenças, substituir genes defeituosos por normais, inserir genes de outras espécies, entre muitas outras possibilidades.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Sistema CRISPR-Cas9



Fonte: HUDSON ALPHA. Genome Editing and CRISPR. Disponível em: https://www.hudsonalpha.org/genome-editing-and-crispr/. Acesso em: 15 out. 2024.

Representação do funcionamento do sistema CRISPR-Cas9 **(A)** e exemplos de ações possíveis do uso do sistema de reparo para modificações de interesse no DNA: nocaute genético e edição do gene **(B)**. O asterisco indica uma alteração na sequência de nucleotídeos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Desde então, a técnica tem sido amplamente utilizada devido à sua eficiência, rapidez e baixo custo em comparação com métodos anteriores. Além disso, está disponível comercialmente para milhares de alvos moleculares, possibilitando a edição do DNA de diversos organismos. Entre suas aplicações estão a correção de doenças genéticas, a edição de genomas de embriões e de células-tronco, a inativação de genes associados ao câncer, a criação de organismos transgênicos e o desenvolvimento de medicamentos e vacinas.

Em função da enorme importância do desenvolvimento dessa técnica, Charpentier e Doudna receberam o Prêmio Nobel de Química em 2020, destacando-se entre as poucas mulheres que já ganharam esse prêmio.

MIHO TAKAHASHI/THE YOMIURI SHIMBUN/AP PHOTO/IMAGEPLUS



Da esquerda para a direita, Jennifer Doudna e Emmanuelle Charpentier segurando um modelo de CRISPR-Cas9 (Tóquio, fev. 2017).

O grande potencial da edição de genomas humanos tem gerado ampla discussão ética, especialmente em relação ao uso dessas técnicas em embriões, que é atualmente restrito. Um exemplo que ilustra isso é o caso do cientista chinês He Jiankui, que, em 2018, anunciou ter gerado os primeiros bebês geneticamente modificados, supostamente resistentes ao vírus HIV, com a tecnologia CRISPR-Cas9. A comunidade científica mundial condenou o procedimento, classificando-o como antiético. Em 2019, o cientista foi banido da universidade em que trabalhava e condenado à prisão, tendo cumprido pena por três anos.

Embora a edição de genomas ofereça muitos potenciais benefícios, ela também apresenta novos riscos e complicações. Modificações genéticas em linhagens germinativas, por exemplo, são hereditárias, o que levanta questões éticas significativas, como a possibilidade de gerar pessoas com características selecionadas conforme objetivos específicos.

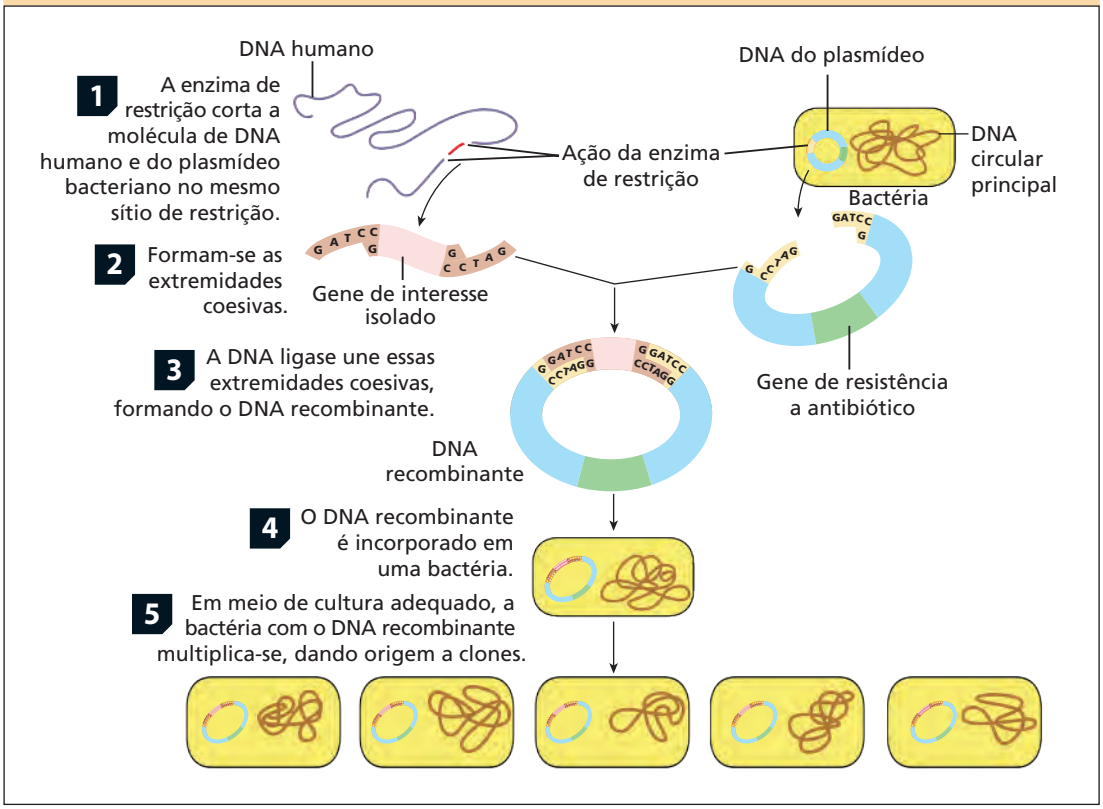
No Brasil, a Lei Federal de Biossegurança (Lei nº 11.105/05) proíbe a manipulação genética em embriões humanos. Em julho de 2021, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou relatórios com recomendações globais para estabelecer os objetivos e os limites do uso da edição do genoma humano. Esses documentos servem como diretrizes para o uso seguro e ético dessa tecnologia na saúde pública, enfatizando a necessidade de supervisão, regulamentação, transparência e biossegurança nas pesquisas.

Clonagem de DNA

Clonagem de DNA consiste em produzir inúmeras cópias idênticas de um mesmo fragmento específico da molécula de DNA. Uma maneira de fazer isso envolve o uso de plasmídeos bacterianos (pequenas moléculas circulares de DNA). Eles geralmente contêm genes que conferem resistência das bactérias a antibióticos, mas não são essenciais à manutenção do metabolismo bacteriano. Isso os torna ideais para manipulação sem prejudicar as bactérias, podendo ser usados como vetores moleculares, transportando trechos do DNA de outros organismos.

Usando enzimas de restrição, o fragmento de DNA de interesse é inserido em um plasmídeo. Em seguida, essa molécula recombinante é inserida em bactérias, que são cultivadas em condições favoráveis à sua proliferação. Ao se multiplicarem, elas replicam o plasmídeo recombinante, gerando múltiplas cópias idênticas, os clones. Posteriormente, esses plasmídeos podem ser extraídos da cultura bacteriana e purificados para uso posterior.

Clonagem de DNA



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CLARK, M. A.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. **Biology**. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: https://openstax.org/books/biology-2e/pages/17-1-biotechnology. Acesso em: 15 out. 2024.

Representação da formação de DNA recombinante e sua clonagem em bactérias. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

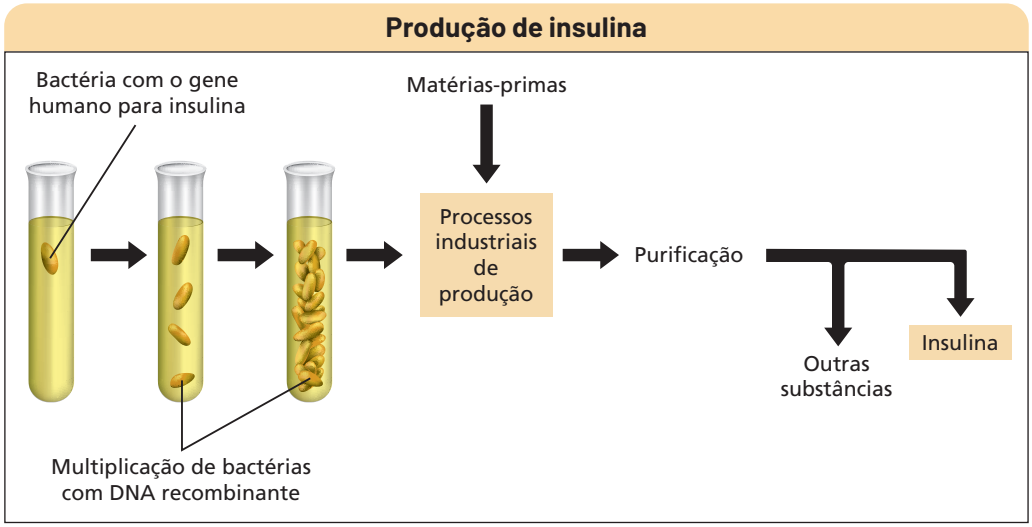
ODS 3

Produção de medicamentos

A técnica de clonagem descrita tem sido utilizada na produção de medicamentos, como os hormônios insulina e somatotropina. Nesse caso, bactérias com o DNA recombinante são cultivadas em larga escala e expressam genes humanos que codificam as proteínas desejadas. Essas proteínas são então isoladas e purificadas para o uso como medicamento.

A insulina, fundamental no metabolismo do açúcar, é necessária para o tratamento de certos casos de diabetes. A insulina produzida por DNA recombinante é idêntica à sintetizada pelo pâncreas humano, evitando reações adversas que podiam ocorrer com a insulina anteriormente extraída do pâncreas de ratos criados em laboratório ou de bovinos e suínos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



TARCÍSIO ANDRÉ GARBELLINI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CLARK, M. A.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. **Biology**. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: https://openstax.org/books/biology-2e/pages/17-1-biotechnology. Acesso em: 15 out. 2024.

Representação da produção de insulina a partir de bactérias com DNA recombinante. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A somatotropina, hormônio de crescimento produzido na hipófise, é fundamental no desenvolvimento infantil. Antigamente, o tratamento da deficiência desse hormônio dependia de sua extração da hipófise de cadáveres, mas agora ele é produzido por bactérias que recebem o gene humano para esse hormônio, clonadas em laboratório.

A técnica do DNA recombinante proporcionou avanços significativos em termos éticos e de segurança em relação aos métodos anteriores. No caso do uso de animais, além dos riscos de reações adversas em humanos, há preocupações com o bem-estar animal. E no caso da extração de hormônios de cadáveres, há o risco de transmissão de doenças.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplique e registre

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Registre em seu caderno

1. Relacione o mecanismo natural das enzimas de restrição dos procariontes contra vírus com sua aplicação, em laboratórios de Biologia Molecular, no processo de manipulação de DNA de todos os demais seres vivos.
2. Considerando o exemplo da enzima EcoRI, explique por que a característica palindrômica das sequências de DNA é importante para o processo de corte e como isso facilita a formação do DNA recombinante.
3. Associe o uso de plasmídeos no processo de clonagem de DNA com a produção industrial de medicamentos, como a insulina e a somatotropina, destacando as vantagens de utilizar essa técnica em comparação aos métodos tradicionais.
4. O que é o método CRISPR-Cas9? Como ele revolucionou as Ciências da vida?

Técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR)

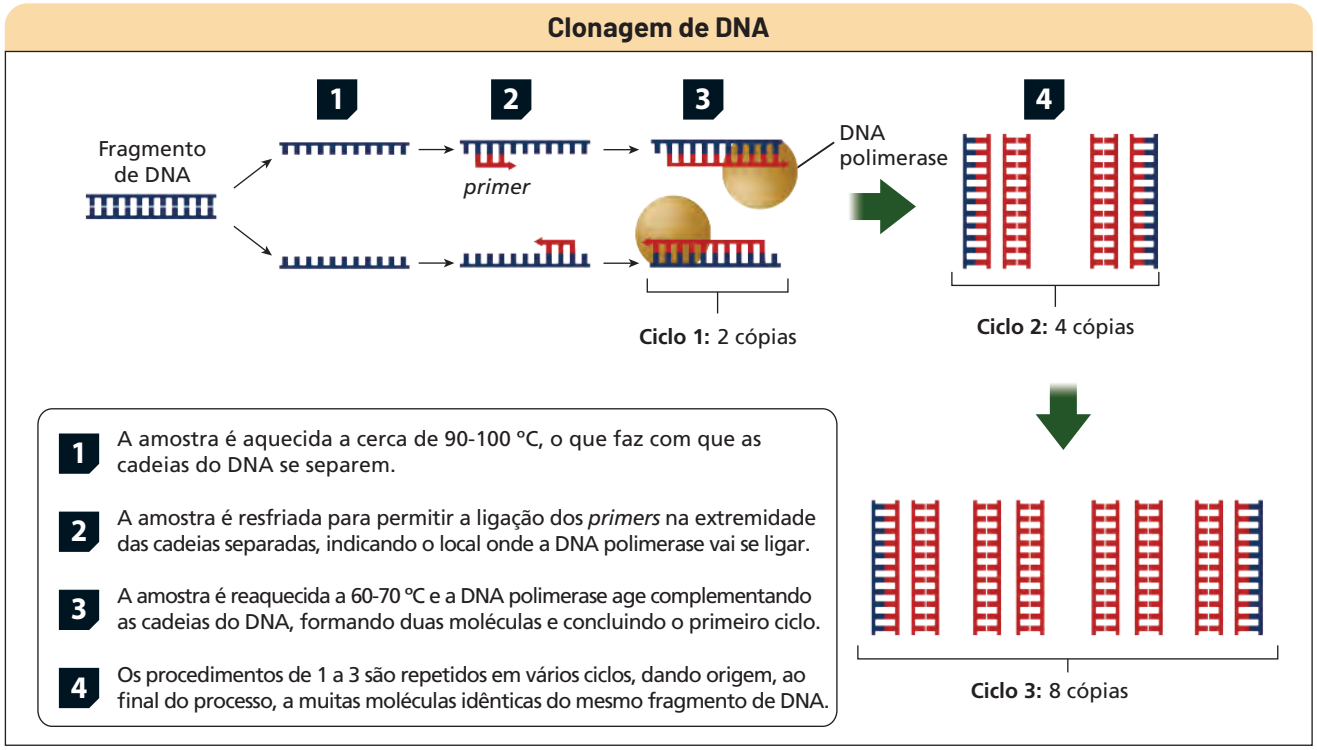
No capítulo anterior, mencionamos a importância da PCR (do inglês, *polymerase chain reaction*) na amplificação do DNA. Agora, vamos entender como é feito esse processo.

A PCR permite essa amplificação por meio de sucessivas duplicações das moléculas de DNA disponíveis, até obter a quantidade adequada. Essa técnica foi desenvolvida em 1985 pelo bioquímico estadunidense Kary Mullis (1944-2019).

As polimerases são enzimas celulares que catalisam reações de polimerização, ou seja, formação de moléculas de cadeias longas. É o caso da DNA polimerase, que participa da replicação do DNA.

Na PCR, fragmentos de DNA são submetidos a ciclos de aquecimento e resfriamento que resultam na sua multiplicação. Para que a DNA polimerase reconheça o local onde deve iniciar a síntese, são utilizadas pequenas sequências de fita única de DNA, os *primers* (ou iniciadores), que se ligam a sequências específicas do DNA a ser amplificado.

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: MILLER, J.; LEVINE, J. **Biology**. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2010.

Representação da técnica de PCR. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Esse processo só se tornou possível graças à identificação de DNA polimerases que não se desnaturam em altas temperaturas. Essas moléculas foram isoladas da bactéria extremófila *Thermus aquaticus*, encontrada em fontes termais do parque Yellowstone (EUA). Essas enzimas são capazes de atuar de forma eficiente a cerca de 70 °C e não sofrem desnaturação nas altas temperaturas usadas na PCR na etapa de desnaturação do DNA.

Uma das aplicações mais conhecidas da técnica de PCR é o teste RT-PCR (o prefixo RT refere-se à enzima transcriptase reversa), amplamente utilizado durante a pandemia de covid-19 para detectar a infecção de uma pessoa pelo SARS-CoV-2, que é um vírus de RNA. Nesse teste, o RNA do vírus é convertido em um DNA complementar (DNAc) de fita simples pela enzima transcriptase reversa, que tem a propriedade de fazer a transcrição reversa, ou seja, do RNA originar DNA. Em seguida, o DNAc é amplificado pela PCR. Se o DNAc do vírus for identificado, o teste será positivo, indicando que a pessoa que cedeu a amostra está contaminada. Se não houver DNAc, possivelmente o indivíduo não está contaminado.

Fique por dentro

GATTACA

Direção: Andrew Niccol. EUA, 1997. (112 min).

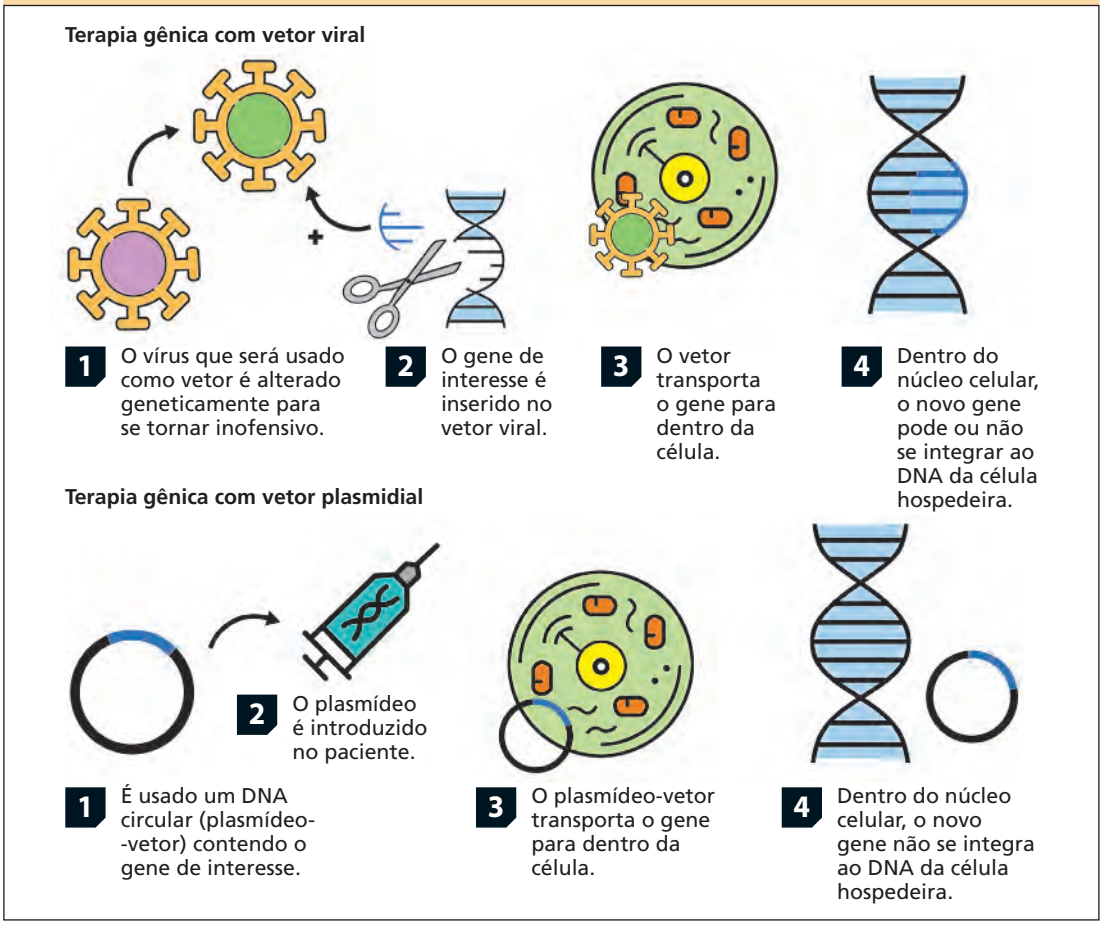
O nome do filme remete às iniciais das bases nitrogenadas do DNA. Ele aborda uma sociedade em que os seres humanos podem escolher quais características desejam que seus filhos tenham. Nele, os humanos geneticamente modificados são considerados superiores, criando um mecanismo adicional de discriminação que seria somado aos preconceitos já existentes na sociedade.

Terapia gênica

A **terapia gênica** refere-se a técnicas que visam corrigir ou substituir um gene em células-alvo para o tratamento de doenças genéticas. Para isso, técnicas de edição do material genético são empregadas para manipular vetores que carregam o DNA recombinante contendo o gene funcional. Os principais vetores utilizados são plasmídeos bacterianos e vírus inativados (isto é, inofensivos, sem potencial patogênico). Nesses vetores, o gene funcional é incorporado, sendo então transportado para o núcleo das células-alvo. Os plasmídeos não se integram ao DNA nuclear; no caso dos vetores virais, dependendo do vetor, eles podem ou não integrar o gene funcional ao DNA celular. Em todos os casos, no entanto, o gene funcional se expressa, codificando a proteína que vai compensar ou corrigir alguma disfunção, contribuindo para o tratamento de doenças genéticas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Terapia gênica



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em BERNARDES, J. Cientistas buscam alternativas a vírus modificados para terapia genética mais segura. **Jornal da USP**, 5 mar. 2020. Disponível em: https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-da-saude/cientistas-buscam-aumentar-a-seguranca-de-terapia-genetica/. Acesso em: 15 out. 2024.

Representação de terapia gênica que utiliza os vetores viral e plasmidial. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

No Brasil, a Anvisa autorizou o uso de terapia gênica para algumas doenças, como a doença hereditária da retina (DHR, que é rara e causa cegueira), a atrofia muscular espinhal (AME, doença rara que afeta os neurônios motores, resultando em fraqueza muscular progressiva), hemofilia A e alguns tipos de linfoma e leucemia.

Existem várias formas de produção e aplicação dessas terapias. No caso da AME, por exemplo, utiliza-se vetor viral contendo cópia do gene funcional SMN1. Esse vetor é administrado por meio de infusão intravenosa; uma vez no sangue, o vetor reconhece as células-alvo, sobretudo os neurônios motores, onde o gene funcional é expresso, corrigindo a deficiência genética associada à doença.

ODS 3

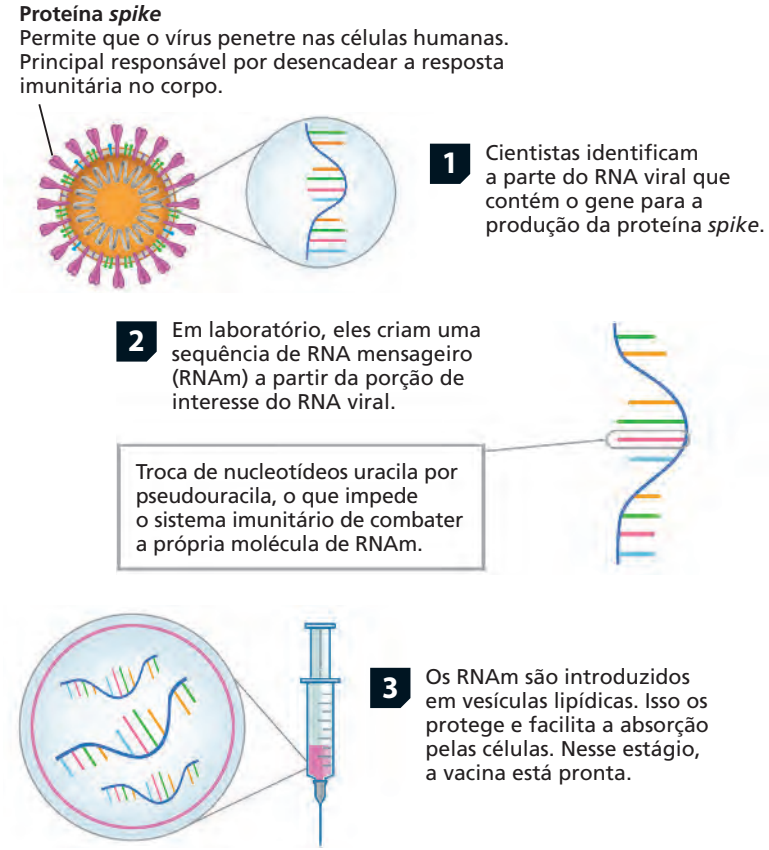
Vacinas de RNA e de DNA

Antes da pandemia de covid-19, nenhuma vacina de RNA ou de DNA havia sido aprovada para uso em humanos, embora essas tecnologias estivessem em desenvolvimento há décadas para diversas doenças. A pandemia acelerou significativamente o avanço dessas vacinas, resultando na aprovação, em 2020, das primeiras vacinas de RNA. A vacinação em massa com essas vacinas, juntamente com outras que utilizam diferentes tecnologias, foi essencial para o combate e controle da covid-19, em conjunto com diversas medidas de saúde pública. Em 2021, a Índia aprovou a primeira vacina de DNA contra a covid-19 para uso em humanos.

Todas essas vacinas têm como alvo a proteína S do envelope do vírus SARS-CoV-2, principal proteína responsável por desencadear a resposta imunitária do organismo, como analisamos no capítulo 20. É por meio dela que o vírus inicia o processo de penetração nas células do corpo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Produção de uma vacina de RNAm



PAULO MANZI/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em COSTA, C.; TOMBESI, C. Covid-19: os três passos do método revolucionário para criar vacinas de RNA. **BBC News**, 30 nov. 2020. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-55091872. Acesso em: 15 out. 2024.

Representação dos três passos para a produção das vacinas de RNA contra a covid-19. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Essas vacinas são aplicadas por meio de injeções intramusculares. Uma vez no citoplasma das células musculares, as moléculas de RNAm sintético são traduzidas em proteínas S, que ativam o sistema imunitário. As moléculas de RNA da vacina são degradadas em pouco tempo, não permanecendo nas células.

No caso da **vacina de DNA**, como o SARS-CoV-2 é um vírus de RNA, o trecho que codifica a proteína S é isolado e transcrito reversamente em DNA, utilizando a enzima transcriptase reversa. Esse DNA é amplificado e inserido em plasmídeos bacterianos, que se tornam geneticamente modificados. Esses plasmídeos recombinantes são então introduzidos em bactérias, que são cultivadas em larga escala. Depois, essas bactérias são destruídas e os plasmídeos com o gene que codifica a proteína S são isolados e purificados, compondo a vacina. Uma vez aplicada, os plasmídeos passam para o núcleo celular, mas não se integram ao DNA dos cromossomos. Eles são transcritos em moléculas de RNAm, que passam para o citoplasma, onde ocorre a tradução da proteína *spike*, estimulando o sistema imunitário contra o vírus. Os plasmídeos são degradados dentro de pouco tempo.

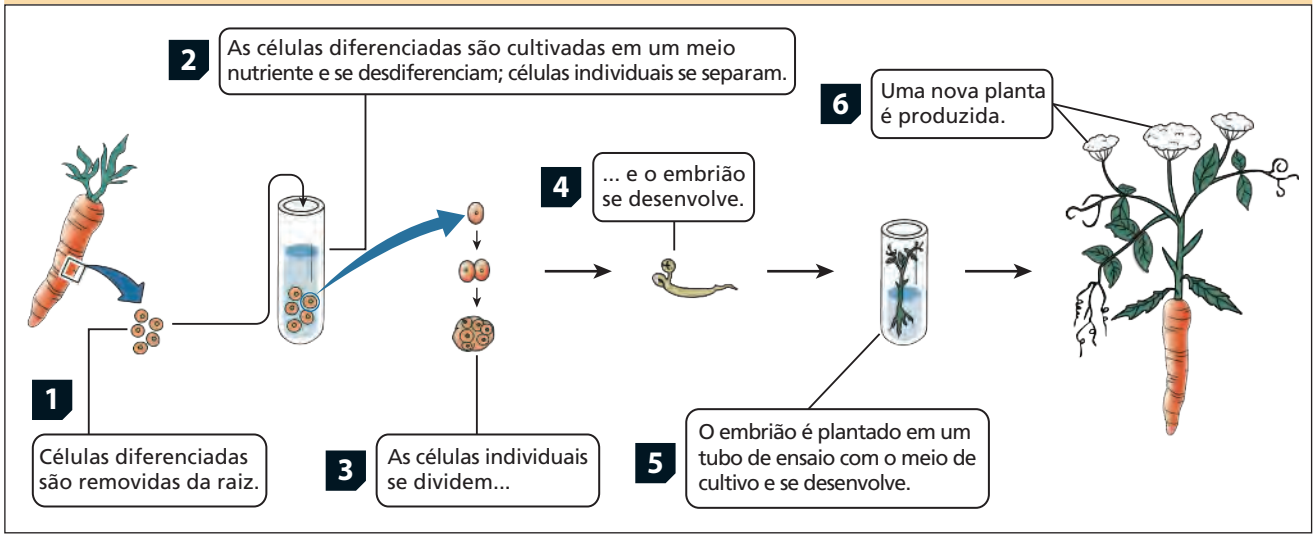
Muitas vacinas desses tipos encontram-se em desenvolvimento como medida de prevenção contra outras doenças.

Clonagem de plantas e de animais

A clonagem de plantas vem sendo realizada há séculos por meio de mudas, mas ela pode ser feita em laboratório a partir de células isoladas e cultivadas em meios de cultura. Os primeiros experimentos desse tipo foram realizados na década de 1950: o botânico britânico Frederick C. Steward (1904-1993) e colaboradores isolaram e cultivaram células da raiz da cenoura (*Daucus carota*) e notaram que cada célula pode passar por um processo de desdiferenciação, dividir-se e dar origem a uma planta completa.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Clonagem em plantas



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

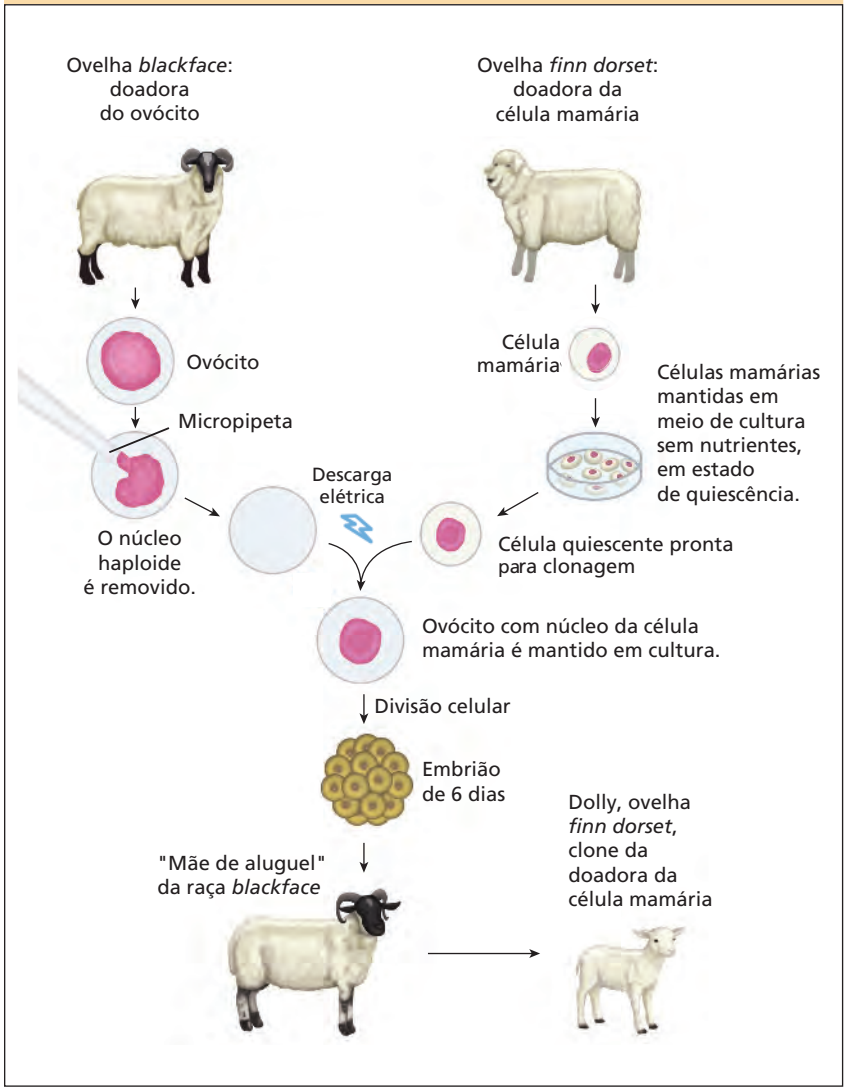
Fonte: PURVES, W. *et al.* **Vida**: a ciência da Biologia. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Representação do experimento realizado na década de 1950 indicando que, de cada célula adulta isolada da raiz de cenoura, pode surgir uma planta completa. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O primeiro clone de mamífero foi a ovelha Dolly, nascida em 1996. Para isso, os cientistas isolaram e cultivaram, em laboratório, células diploides da glândula mamária de ovelha da raça *finn dorset*, mantendo-as em condições específicas para que todos os seus genes fossem capazes de ser ativados. Removeram então o núcleo de uma dessas células e o introduziram em ovócito de ovelha da raça *blackface*, do qual haviam retirado o material genético. O ovócito com o núcleo da célula somática foi mantido em cultura, estimulado a iniciar o desenvolvimento embrionário, e finalmente introduzido no útero de uma terceira ovelha, da raça *blackface*, que atuou como "mãe de aluguel". Dela nasceu Dolly, da raça *finn dorset*. Embora tenha sido um marco na clonagem, o processo não foi simples: foram necessários 277 embriões antes do nascimento de Dolly, que também apresentou sinais de envelhecimento precoce e artrite, vindo a falecer em 2003, aos 7 anos.

Clonagem da ovelha Dolly



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: MILLER, J.; LEVINE, J. **Biology**. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2010.

Representação mostrando o processo de clonagem pelo qual a ovelha Dolly foi gerada. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No Brasil, o primeiro animal clonado foi a bezerra Vitória, da raça simental, nascida em 2001 no Campo Experimental Sucupira da Embrapa. Vitória foi gerada a partir da inserção do núcleo de uma célula embrionária de uma vaca simental em um ovócito enucleado retirado de uma vaca de outra raça. O embrião resultante foi implantado em uma "mãe de aluguel" e Vitória nasceu com características genéticas da vaca doadora do núcleo. Vitória viveu até os 10 anos de idade.

Os potenciais usos da clonagem, incluindo a humana, têm levantado intensas discussões éticas. A clonagem humana para fins reprodutivos, que é a clonagem para obtenção de um indivíduo, não é permitida por lei, ao contrário da **clonagem terapêutica**, que é feita com a finalidade de produção de células-tronco embrionárias para utilização terapêutica. No capítulo 15, analisamos o uso de células-tronco na Medicina.

Transgênicos

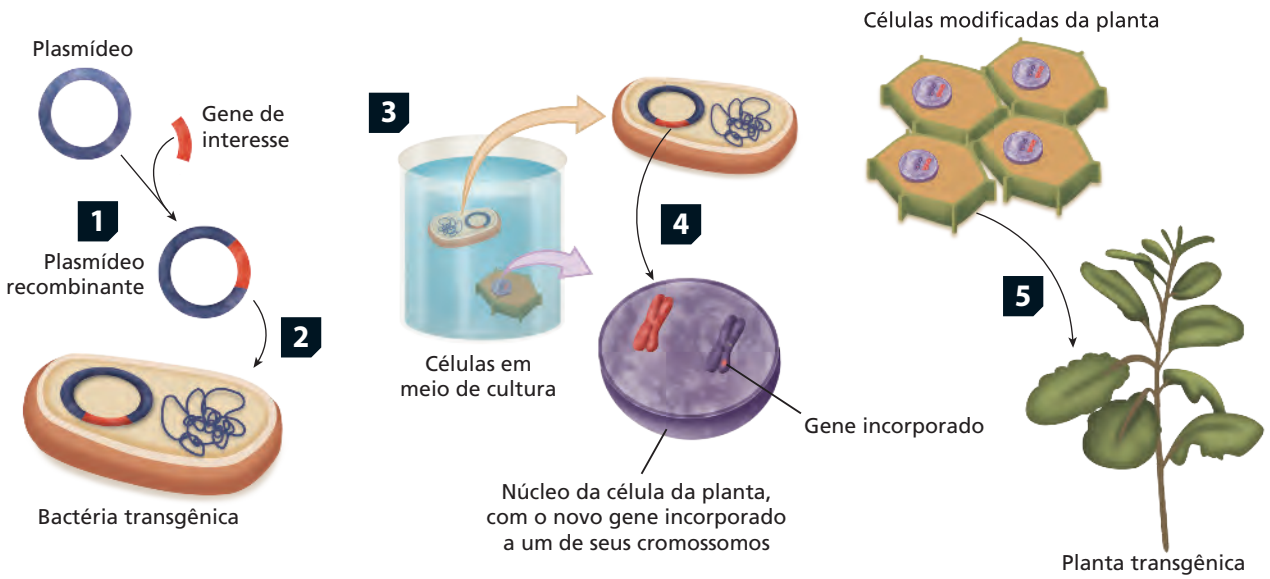
Transgênicos, ou organismos geneticamente modificados (OGM), são produzidos em laboratório para apresentar material genético de outros organismos. Essa tecnologia é amplamente aplicada em plantas, animais e microrganismos, incluindo o uso como biofábricas para a produção de medicamentos e outros produtos de interesse.

Plantas transgênicas

Diversas plantas transgênicas têm sido desenvolvidas, e várias delas, como variedades de milho, algodão, tomate e outras, portam e manifestam genes de bactérias que lhes conferem resistência a insetos, fazendo com que sejam menos predadas por esses organismos. Já se produzem também variedades transgênicas de batata, feijão e mamão resistentes ao ataque de vírus, de bananeiras resistentes ao ataque de fungos e de soja resistentes a herbicidas.

Plantas transgênicas podem ser obtidas usando a bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, que infecta naturalmente células vegetais, transferindo para elas o **plasmídeo TI** (do inglês, *tumor inducing*, ou indutor de tumor, em português), causando tumores. Os cientistas aproveitam essa característica da bactéria e alteram os plasmídeos TI, removendo os genes causadores de tumores e inserindo as sequências de DNA desejadas. Ao infectar células vegetais com os plasmídeos modificados, obtêm-se plantas transgênicas.

Planta transgênica



1. O gene de interesse é isolado do DNA de uma espécie de organismo e inserido no plasmídeo.
2. O plasmídeo recombinante é introduzido na bactéria *A. tumefaciens*.
3. As bactérias transgênicas são transferidas para meios de cultura contendo as células da planta a ser modificada.
4. Em meio de cultura, ocorre a transferência do plasmídeo recombinante para o DNA da célula da planta.
5. As células modificadas da planta são cultivadas e formam a planta transgênica.

Fonte: RAVEN, H. P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

Representação da produção de planta transgênica usando a bactéria *Agrobacterium tumefaciens*. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Outro modo de transferir o DNA exógeno para plantas é bombardear seus tecidos com **partículas de ouro**, às quais as moléculas de DNA são aderidas.

Quanto à produção e ao consumo de alimentos transgênicos, há muita controvérsia, principalmente sobre questões ambientais e segurança alimentar.

A Lei Brasileira de Biossegurança regula as atividades com transgênicos, que devem passar por rigorosos testes e aprovação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), antes de se tornarem produtos comerciais. Esse processo visa garantir que os transgênicos não afetem a saúde nem o ambiente.

Críticos contrários aos transgênicos apontam questões como: a concentração de mercado de sementes nas mãos de grandes empresas; a possibilidade do pólen das plantas transgênicas fecundar culturas não transgênicas próximas, comprometendo a biodiversidade natural; e o receio de potenciais alergias. Estudos rigorosos, no entanto, não têm indicado conexão clara entre alimentos transgênicos e casos alérgicos.

Animais transgênicos

Animais transgênicos também têm sido produzidos visando aplicações médicas. Em 1977, a equipe de cientistas que clonou Dolly também produziu a ovelha transgênica Polly, visando testar a possibilidade de inserir um gene humano para a produção de um fator de coagulação que pudesse ser extraído do leite da ovelha e usado para tratar hemofílicos, que não produzem esse fator. O estudo evidenciou que isso é possível, abrindo portas para novas pesquisas; o leite produzido pela Polly, no entanto, não foi utilizado para tratar hemofílicos em prática clínica.

Também foram desenvolvidas vacas transgênicas para produzir hormônio de crescimento humano no leite. Porém, devido a problemas de custo e escala, a produção comercial desse hormônio é realizada principalmente por métodos mais eficientes, com bactérias transgênicas.

Na Inglaterra, os cientistas criaram ovelhas transgênicas que produzem leite com a proteína alfa-1-antitripsina, cuja ausência provoca deficiência hepática e enfisema pulmonar. Essa proteína é normalmente extraída do sangue humano, mas o leite dessas ovelhas oferece uma alternativa mais econômica.

Proteoma

Os genes são transcritos em RNAm e traduzidos em polipeptídeos, que sofrem modificações pós-traducionais. No entanto, o estudo do genoma não revela quais proteínas estão ativamente sendo produzidas em uma célula em um dado momento.

O proteoma é o conjunto de proteínas expressas por um genoma em uma célula específica e em um momento particular. Enquanto o genoma de um organismo permanece constante, o proteoma varia entre diferentes tipos de célula e em resposta a estímulos externos, como drogas, poluição ou estresse.

Atualmente, há bancos de dados que oferecem mapas de proteomas, permitindo aos pesquisadores que comparem e investiguem a expressão de proteínas em situações específicas, como em diferentes tipos de células e tecidos, estados de desenvolvimento e condições de saúde e doença.

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre — Registre em seu caderno

5. Indique as afirmações corretas quanto à terapia gênica, justificando-as e corrigindo as incorretas.
- **a.** Tem como objetivo a substituição ou inserção de um gene em células-alvo.
- **b.** Tem como objetivo a produção de antígenos que vão estimular o sistema imunitário.
- **c.** Pode utilizar vetores virais ou plasmidiais.
- **d.** Atua de forma a compensar ou corrigir o alelo que causa uma doença genética por meio da introdução, nas células-alvo, de um alelo funcional.

6. Explique por que as vacinas de DNA e de RNA não causam mutações nas células humanas.

7. Com base no conceito de organismos transgênicos, as bactérias que analisamos ao tratar do DNA recombinante podem ser consideradas transgênicas? Justifique.

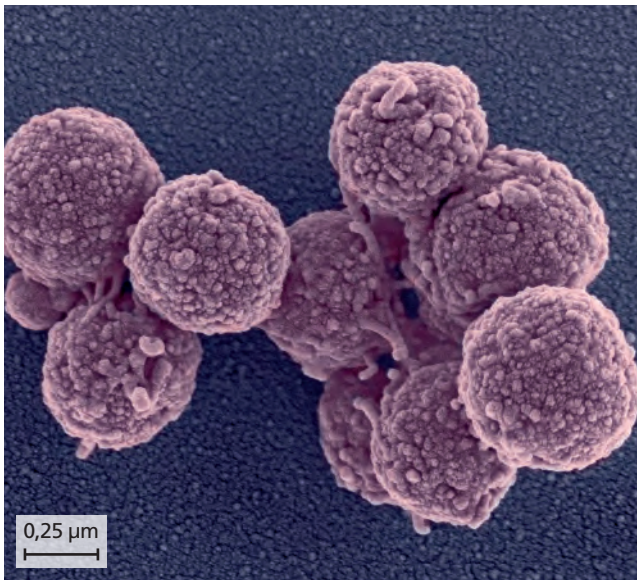
8. Qual é a importância do estudo do proteoma em contraste com o estudo do genoma, quando se trata de entender a expressão gênica em células e organismos?

Biologia Sintética

A **Biologia Sintética** é um campo interdisciplinar recente que combina bioinformática e técnicas avançadas de manipulação genética para criar em laboratório novas moléculas de DNA, muitas vezes não encontradas em organismos naturais.

Por exemplo, usando a Biologia Sintética, a equipe do bioquímico estadunidense John Craig Venter (1946-) anunciou, em 2010, a produção em laboratório de uma célula bacteriana sintética. Para isso, os cientistas removeram o material genético de uma bactéria que já existia e introduziram nela o DNA novo, construído em laboratório e não existente na natureza. Essa bactéria viveu normalmente, mas com produtos gênicos distintos da bactéria original.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



THOMAS DEERINCK, NCMIR/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Bactérias sintéticas desenvolvidas pela equipe do pesquisador John Craig Venter. (Imagem obtida com microscópio eletrônico de varredura, colorizada no computador e ampliada cerca de 40.000 vezes.)

Em organismos eucariontes, a Biologia Sintética tem avançado significativamente. Por exemplo, genes da planta *Artemisia annua* que são responsáveis pela síntese de artemisinina, um medicamento usado no tratamento da malária, foram isolados e introduzidos em células de levedura. Essas leveduras, cultivadas em laboratório, passaram a produzir ácido artemísico, que é um intermediário na biossíntese da artemisinina. Após a extração, o ácido artemísico pode ser convertido em artemisinina por meio de processos químicos adicionais. Esse sistema de síntese foi aprovado pela OMS e tem ajudado a suprir a demanda por artemisinina em vários países para o tratamento da malária.

Os cientistas que atuam nessa área usam unidades de DNA que agem como blocos funcionais, chamados *BioBricks* (Partes Biológicas Padrão). Cada unidade tem uma função específica e funciona como um bloco para a construção de sistemas biológicos artificiais. Os *BioBricks* são projetados para serem facilmente combinados, permitindo a criação de circuitos genéticos complexos de forma previsível e reprodutível. Isso facilita a engenharia de novos sistemas biológicos, já que os pesquisadores podem montar *BioBricks* de maneira semelhante a peças de encaixe, acelerando o desenvolvimento de organismos com funções específicas, como a produção de sensores biológicos ou novas terapias.

Mais de 12 mil *BioBricks* estão depositados no Registro de Partes Biológicas Padrão (*Registry of Standard Biological Parts*), mantido pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), nos Estados Unidos, facilitando a construção e o estudo de novos sistemas biológicos em laboratórios ao redor do mundo.



SAM OGDEN/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Caixas com frascos contendo diferentes *BioBricks* estocados em *freezer* do Massachusetts Institute of Technology (MIT, EUA).

Anualmente, desde 2004, ocorre a Competição Internacional de Máquinas Geneticamente Engenheiradas (iGEM), criada pelo MIT. Desde sua criação, muitos projetos têm sido apresentados, inclusive por equipes de universidades brasileiras que já receberam vários prêmios.

Essa nova área desencadeia discussões éticas importantes. Se, por um lado, a Biologia Sintética pode ser empregada para trazer vários benefícios, ela pode vir a ser usada de forma negativa, como na criação de armas biológicas e na geração de novos organismos que podem afetar o equilíbrio dos ecossistemas.

Fique por dentro

Brasil no iGEM

HERING, O. Brasil no IGEM. **Synbio Brasil**. Disponível em: https://www.blogs.unicamp.br/synbiobrasil/page/8/?chocaid=397. Acesso em: 15 out. 2024.

A página comenta a participação do Brasil no iGEM, com exemplos dos projetos apresentados.

Metagenômica

A metagenômica é um conjunto de técnicas bioquímicas e bioinformáticas que permite sequenciar e caracterizar o material genético de diversos organismos presentes em ambientes específicos, sem a necessidade de cultivar esses organismos individualmente.

Ela difere da genômica tradicional, que analisa o material genético de uma única espécie em condições controladas. O termo "metagenômica" foi introduzido em 1988 pela pesquisadora estadunidense Jo Handelsman (1959-), ao investigar a diversidade metabólica de microrganismos não cultiváveis e naturalmente presentes no solo.

Desde então, a metagenômica tornou-se uma ferramenta essencial em diversas áreas de pesquisa. Exemplos de suas aplicações incluem:

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

- **identificação de genes de resistência a metais tóxicos**: em amostras ambientais, como solos ácidos do Cerrado, a metagenômica pode identificar genes em microbiotas que conferem resistência ao excesso de metais;
- **caracterização do microbioma humano**: a metagenômica é usada para identificar e caracterizar os inúmeros microrganismos que compõem o microbioma humano, que vivem em equilíbrio e proporcionam benefícios à saúde;
- **DNA ambiental e conservação**: o estudo do DNA ambiental, que consiste em fragmentos de DNA de organismos que estiveram ou estão presentes em um ambiente, por meio da metagenômica permite a identificação de espécies sem a necessidade de coletar os organismos. A técnica é usada para monitorar ecossistemas e espécies, contribuindo para a conservação da biodiversidade;
- **monitoramento de espécies invasoras e ameaçadas**: a metagenômica ajuda a estimar a abundância de populações e a caracterizar a distribuição espacial e temporal de espécies invasoras ou ameaçadas;
- **monitoramento de patógenos e produtores de toxinas**: a metagenômica é utilizada para detectar organismos patogênicos ou produtores de toxinas em sistemas de água, tanques de criação, pesqueiros e esgoto.

VITRANC/E+/GETTY IMAGES



A técnica de DNA ambiental permite a identificação de espécies de seres vivos que estiveram ou estão presentes em determinado ambiente.

MAURO TEIXEIRA JUNIOR/ARQUIVO DO FOTÓGRAFO



O anuro *Hylodes asper* (mede cerca de 40 mm de comprimento) é um exemplo de anfíbio da Mata Atlântica que foi monitorado pelo método de DNA ambiental. A técnica permitiu que cientistas identificassem espécies de anfíbios em ambientes desse bioma com base em amostras de água de riachos.

Biofortificação

ODS 2

A biofortificação envolve o enriquecimento nutricional de alimentos por meio do melhoramento genético e é vista como uma grande esperança para solucionar de forma sustentável a desnutrição mundial. Esse processo pode ser realizado por meio de melhoramento genético clássico, cruzando e selecionando variedades ricas em vitaminas, proteínas e minerais, ou por manipulação genética, criando plantas transgênicas. Em ambos os métodos, as plantas resultantes são multiplicadas para cultivo.

Um exemplo de biofortificação transgênica é o arroz dourado, que foi modificado para conter genes de bactérias e da planta narciso (*Narcissus pseudonarcissus*), permitindo a produção de betacaroteno, precursor da vitamina A, que dá a cor amarela ao grão. Embora ainda enfrente desafios em termos de adoção, o arroz dourado tem o potencial de ajudar a combater a deficiência de vitamina A em regiões afetadas.

ERIK DE CASTRO/REUTERS/FOTOARENA



Comparação entre o arroz branco e o dourado. Ambos são variedades da espécie *Oryza sativa*.

O cruzamento seletivo, embora mais lento que a manipulação genética, também tem gerado resultados significativos. A Embrapa desenvolveu variedades biofortificadas de oito espécies alimentícias (abóbora, arroz, batata-doce, feijão, feijão-fradinho, milho, trigo e mandioca) que são mais ricas em ferro e zinco, além de apresentarem maior resistência a doenças e variações climáticas. Algumas dessas variedades já estão disponíveis no mercado.

A Embrapa também tem produzido variedades biofortificadas de mandioca, que são mais ricas em betacaroteno, precursor da vitamina A. As mandiocas biofortificadas chegam a ter cerca de 800 UI de vitamina A, comparadas às 20 UI das variedades não fortificadas (UI, Unidade Internacional, é uma medida de quantificação de vitaminas; 1 UI equivale a 0,3 µg de vitamina).

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

Aplique e registre — Registre em seu caderno

9. Justifique por que os *BioBricks* facilitam a construção de novos sistemas biológicos.

10. O que é metagenômica e como essa abordagem difere da genômica tradicional?

11. Justifique a importância da biofortificação para a saúde pública.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES DE FECHAMENTO

Respostas e subsídios no Suplemento para o professor.

1. Em 2008, dois cientistas estadunidenses e um japonês ganharam o Prêmio Nobel de Química por suas pesquisas pioneiras com a proteína fluorescente GFP (proteína verde fluorescente), presente originalmente na espécie de água-viva *Aequorea victoria*. Os genes que codificam essa proteína foram implantados e expressos em diversos organismos, como camundongos, para evidenciar processos, como o crescimento de neurônios, ou mesmo a expressão de outros genes. Os organismos que expressam o gene da GFP ficam verdes e fluorescentes quando iluminados com luz ultravioleta. Considerando esse fato, é correto afirmar que esses camundongos: 1. Alternativa **d**.

a. foram injetados com a proteína GFP e por isso ficaram verdes.
b. apresentam RNA recombinante.
c. tiveram seu genoma substituído pelo genoma da água-viva.
d. são transgênicos.
e. são clones.

2. ODS 3 (Enem) A tecnologia de vacinas de RNA mensageiro (RNAm) é investigada há anos. Avanços científicos em genética molecular permitiram desenvolver uma vacina para controle da pandemia da covid-19 causada pelo vírus de RNA SARS-CoV-2. A vacina de RNAm tem sequências de genes do vírus. Entretanto, por ser muito instável, o RNAm deve ser recoberto por uma capa de lipídios que evita sua degradação e favorece sua ação. Dessa forma, o RNAm desempenhará sua função específica atuando no mesmo compartimento celular de sempre.

Disponível em: https://sbim.org.br/images/files/notas-tecnicas/pno-2a-edicao-isbn-equivalente-14.pdf. Acesso em: 28 out. 2024. (Adaptado.)

A imunização produzida por esse tipo de vacina é alcançada por meio da: 2. Alternativa **c**.

a. estimulação de leucócitos induzida pela capa lipídica contendo RNAm.
b. atuação do RNAm como sequestrador do vírus para o meio extracelular.
c. tradução do RNAm em proteína viral, desencadeando a resposta antigênica.
d. competição entre o RNAm vacinal e o RNA viral pelos sítios dos ribossomos.
e. incorporação do RNAm viral ao genoma do hospedeiro, gerando novo fenótipo.

3. (Enem) Entre as diversas técnicas para diagnóstico da covid-19, destaca-se o teste genético. Considerando as diferentes variantes e cargas virais, um exemplo é a PCR, reação efetuada por uma enzima do tipo polimerase. Essa técnica permite identificar, com confiabilidade, o material genético do SARS-CoV-2, um vírus de RNA. Para comprovação da infecção por esse coronavírus, são coletadas amostras de secreções do indivíduo. Uma etapa que antecede a reação de PCR precisa ser realizada para permitir a amplificação do material genético do vírus.

Essa etapa deve ser realizada para: 3. Alternativa **e**.

a. concentrar o RNA viral para otimizar a técnica.
b. identificar nas amostras anticorpos anti-SARS-CoV-2.
c. proliferar o vírus em culturas, aumentando a carga viral.
d. purificar ácidos nucleicos virais, facilitando a ação da enzima.
e. obter moléculas de cDNA viral por meio da transcrição reversa.

4. ODS 3 (Enem) A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) aprovou um produto de terapia gênica no país, indicado para o tratamento da distrofia hereditária da retina. O procedimento é recomendado para crianças acima de 12 meses e adultos com perda de visão causada pela mutação do gene humano RPE65. O produto, elaborado por engenharia genética, é composto por um vírus, no qual foi inserida uma cópia do gene normal humano RPE65 para corrigir o funcionamento das células da retina.

Fonte: ANVISA. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/aprovado-primeiro-produto-de-terapia-avancada-no-brasil. Acesso em: 15 out. 2024. (Adaptado.)

O sucesso dessa terapia advém do fato de que o produto favorecerá a: 4. Alternativa **e**.

a. correção do código genético para a tradução da proteína.
b. alteração do RNA ribossômico ligado à síntese da proteína.
c. produção de mutações benéficas para a correção do problema.
d. liberação imediata da proteína normal na região ocular humana.
e. expressão do gene responsável pela produção da enzima normal.

5. Analise as seguintes afirmativas e reescreva as incorretas, corrigindo-as. 5. As afirmativas **a** e **b** estão corretas.

a. A Biologia Sintética usa técnicas de manipulação de blocos de DNA e depende de várias áreas, como a Bioinformática, para modificar ou criar trechos de DNA, de modo a produzir novos circuitos genéticos.
b. Por meio das técnicas usadas na Biologia Sintética, é possível construir genomas em laboratório que não existem na natureza.
c. Os *BioBricks* são proteínas que funcionam como blocos funcionais para a construção de circuitos genéticos.

6. Suponha que um laboratório tenha realizado o seguinte experimento de clonagem com sucesso: o núcleo de uma célula somática de um jumento foi transplantado para um ovócito enucleado de uma zebra e o embrião que se formou foi implantado no útero de uma égua, onde

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ocorreu a gestação. O clone produzido no experimento terá essencialmente características genéticas de qual organismo? Justifique.

7. (Unicamp-SP) A estrutura química do composto puromicina é muito semelhante à estrutura de um RNA transportador. Em virtude dessa semelhança, os ribossomos de procariotos são capazes de interagir com a puromicina como se ela fosse um RNA transportador. O ribossomo catalisa a formação de uma ligação covalente entre a cadeia proteica em crescimento e a puromicina, se este composto estiver presente durante a tradução. Após tal evento bioquímico, novos aminoácidos não podem ser incorporados à cadeia da proteína.

a. Por que a puromicina tem ação antibiótica sobre bactérias? Na presença de puromicina, a massa molecular média de uma dada proteína bacteriana será maior, igual ou menor em relação à massa média da mesma proteína na ausência do antibiótico? Explique seu raciocínio.

b. A puromicina também é utilizada para transgenia. Neste caso, um gene que codifica uma enzima capaz de destruir a puromicina é adicionado, juntamente com o gene de interesse do pesquisador, ao genoma de células cultivadas *in vitro*. Na presença de puromicina, a taxa de sobrevivência de células que receberam esses genes será igual, maior ou menor em relação à sobrevivência de células não modificadas? Explique seu raciocínio.

8. ODS 2 Uma pequena comunidade rural enfrenta um problema de deficiência nutricional entre os residentes. Proponha uma solução para esse problema com base na biotecnologia tradicional utilizando plantas locais e avalie quais seriam os possíveis impactos sociais e econômicos dessas práticas para a comunidade rural.

9. Forme um grupo com outros quatro colegas e pesquisem mais a respeito das controvérsias sobre as plantas transgênicas. Componham então um resumo com os argumentos favoráveis e contrários. Em seguida, reflitam a respeito do tema, tomem um posicionamento e elaborem um argumento que justifique resumidamente a decisão do grupo.

10. A utilização de técnicas e dados metagenômicos vem crescendo rapidamente. Em grupos, busquem mais exemplos de aplicações de ferramentas metagenômicas em diferentes áreas do conhecimento, como Ecologia da Conservação, Medicina humana e Engenharia Agrícola. Lembrem-se de buscar informações em fontes seguras e oficiais, priorizando aquelas de institutos de pesquisa e agências de jornalismo e divulgação científica. Após selecionar o exemplo de maior interesse, cada grupo deverá compor um relatório de até uma página que sintetize as informações a seguir.

a. Qual é o objetivo do estudo que empregou técnicas metagenômicas?

b. Qual é a origem das amostras investigadas?

c. Quais são os principais resultados em relação aos organismos identificados?

d. Há indicação de perspectivas ou aplicações futuras? Quais?

11. ODS 3 ODS 16 Para debater e divulgar temas de grande importância, a Organização Mundial da Saúde (OMS) frequentemente utiliza painéis como estratégia de trabalho. Segundo esse modelo, grupos de discussão são formados por centenas de participantes do mundo todo representando diversas perspectivas, incluindo cientistas, pesquisadores, grupos de pacientes, líderes religiosos e líderes políticos. Assim, esses painéis representam um recurso democrático valioso para definir estratégias futuras com foco em saúde, bem-estar e segurança. Em grupos, vocês deverão simular um painel da OMS para discutir o tema "Ferramentas genômicas e aplicações à saúde humana". Cada grupo deverá se aprofundar em um dos seguintes aspectos: (1) tecnologias e experimentos, (2) pesquisas no Brasil e no mundo, (3) aplicações na Medicina, (4) aplicações na Bioengenharia, (5) ética e biossegurança. Cada grupo deverá apresentar suas pesquisas aos outros grupos e realizar uma discussão dos temas para esclarecer possíveis questões e controvérsias. Assim como ocorre nos painéis da OMS, todos os participantes deverão produzir coletivamente um documento final, como um texto a ser publicado em página de internet. Além de sintetizar as informações, esse material deverá ser propositivo, ou seja, propor diretrizes favoráveis à saúde e à Ciência com base no conhecimento construído por meio das pesquisas e discussões.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com esta unidade foi finalizado, é o momento de você refletir sobre seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, analise e responda às questões a seguir.

1. Retome as questões da seção **Pense nisso!** na abertura desta unidade e avalie se concorda com suas respostas anteriores depois das discussões realizadas ao longo do estudo dos capítulos. Reescreva-as, se for necessário.

2. O que você aprendeu acerca dos assuntos abordados nesta unidade?

3. Quais assuntos/atividades geraram mais dificuldades para sua aprendizagem? Como você as superou?

4. Reveja os pontos que deixaram dúvidas e que não foram bem compreendidos. Converse sobre eles com o professor e os colegas a fim de planejarem outras possíveis estratégias de estudo.

5. O que mais você gostaria de saber sobre os conteúdos abordados nesta unidade?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Os testes genéticos e a proteção de dados pessoais

A realização de testes genéticos é cada vez mais frequente, sendo motivados por razões diversas. Ao fazer esses exames, não apenas os dados genéticos das pessoas são armazenados em bancos de dados, mas também outros dados pessoais, como nome, data de nascimento, localização geográfica, fotografias e conexões genealógicas. Por isso, empresas ou órgãos públicos que realizam esses testes devem garantir a proteção e a privacidade dos dados dos indivíduos.

Se uma grande empresa de testes genéticos sofre um ataque *hacker* em seus sistemas e informações de seus clientes são roubadas, elas podem, por exemplo, ser colocadas à venda em fóruns *on-line* de cibercriminosos. Diante disso, os dados genéticos e os outros dados pessoais podem ter destinos diversos e atender a diferentes motivações antiéticas e ilegais.

Esse tipo de situação envolve o chamado vazamento de dados pessoais e o cometimento de crimes digitais ou cibercrimes. Para combater e prevenir essas ocorrências, existe hoje a proteção à cidadania digital, ou responsabilidade digital, e sua garantia envolve mecanismos de denúncia, segurança e privacidade.

TEK IMAGE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



É importante ter ciência da segurança que a legislação garante às pessoas que fazem testes genéticos. Diante do risco de dados pessoais serem roubados por cibercriminosos, instituições privadas e públicas que realizam esses exames devem seguir normas rígidas de proteção às informações dos indivíduos.

Nesta seção, abordamos a segurança *on-line* em casos de testes genéticos, de modo a promover reflexão sobre o uso, o armazenamento e o compartilhamento de dados genéticos e outros dados pessoais no ambiente digital. Com base nessa temática, reflita e converse com os colegas sobre as questões a seguir.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Como são realizados os testes genéticos? Como os resultados desses testes são obtidos e analisados?
2. Quais são os motivos que levam as pessoas a fazer esses testes?
3. Se dados genéticos e outros dados pessoais armazenados em sistemas de instituições que realizam testes genéticos são acessados por cibercriminosos, que destinos essas informações podem ter? Como elas podem ser usadas?
4. Compartilhem situações reais de vazamento de dados genéticos ou outros dados pessoais e as consequências que as vítimas tiveram de enfrentar. Como foram resolvidas?
5. No Brasil, como é garantida a proteção de dados pessoais, incluindo os genéticos, no ambiente digital?
6. Que cuidados devemos tomar no dia a dia para assegurar que nossos dados pessoais (incluindo os genéticos, caso façamos testes dessa natureza) sejam devidamente protegidos?

Ampliação de repertório

Aprofundem a discussão buscando informações adicionais sobre os tópicos discutidos anteriormente. Procurem conhecer mais características de instituições que realizam testes genéticos, como as estratégias de publicidade adotadas, os valores cobrados, os serviços específicos que são oferecidos. Busquem descobrir também alguns detalhes técnicos desses testes, por exemplo, a maneira como o material biológico é coletado e tratado e como são os resultados obtidos e as análises realizadas. Pesquisem ainda detalhes do que as pessoas visam quando decidem fazer esse tipo de exame.

Façam uma busca de notícias sobre vazamento de dados genéticos/pessoais e os tipos de cibercrimes cometidos nesses casos. Identifiquem como as vítimas foram prejudicadas e como as instituições atacadas e o poder público atuaram na resolução do problema.

Procurem saber também o que a legislação brasileira estabelece em relação à cibersegurança, assim como os cuidados que os cidadãos comuns devem tomar ao realizar testes genéticos e proteger seus dados no ambiente digital. Aproveitem para pesquisar exemplos de ações que visam promover práticas de cidadania digital, como campanhas educativas e a definição de datas comemorativas.

Organizem os dados pesquisados com o auxílio de alguma ferramenta digital ou no próprio caderno, pois serão importantes para a próxima etapa.

Produção de conteúdo

Criem uma campanha de utilidade pública sobre segurança e privacidade digital com foco em testes genéticos, tendo como público-alvo a comunidade escolar. Para isso, vocês deverão produzir e distribuir um fôlder, que é uma folha de papel com conteúdo informativo e que pode ter uma ou mais dobras. Façam uma pesquisa sobre exemplos de fôlderes, de modo que possam se inspirar quanto aos recursos visuais e à organização do conteúdo em colunas.

Esse fôlder deverá ter um caráter educativo, no qual vocês vão informar o que são os testes genéticos e para que eles servem. Além disso, incluam dicas e cuidados sobre como garantir a confidencialidade e a segurança dos dados genéticos/pessoais compartilhados.

Autoavaliação

Este espaço é destinado para reconhecer seus pontos fortes e oportunidades de melhoria em seu processo de aprendizagem. Anote em seu caderno o nível de desempenho para cada critério listado a seguir. Combine previamente com o professor o que é esperado para os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente. Seguem os critérios adotados para essa proposta:

- Aplicar técnicas de pesquisa para avaliar, nas mídias utilizadas, a confiabilidade dos diversos tipos de informação e conteúdo apresentados.
- Reunir e resumir informações do conteúdo abordado com responsabilidade.
- Aderir ao tema com textos e informações coletadas de maneira responsável.
- Produzir e divulgar campanha de utilidade pública com ética, domínio técnico do assunto e linguagem assertiva e adequada ao público-alvo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

RESPOSTAS

Seguem as respostas das atividades de múltipla escolha e de cálculo. No Suplemento para o professor, você encontrará as resoluções e as orientações adicionais de todas as atividades.

CAPÍTULO 1

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **c**.

3. Alternativa **d**.

CAPÍTULO 2

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**.

2. Alternativa **c**.

3. Alternativa **d**.

CAPÍTULO 3

Aplique e registre

4. Alternativa **b**.

6. Alternativa **b**.

8. Alternativa **c**.

9. Alternativa **b**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**.

2. Alternativa **a**.

3. Alternativa **d**.

4. Alternativa **b**.

5. Alternativa **e**.

CAPÍTULO 4

Aplique e registre

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **b**.

6. Alternativa **c**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**.

2. Alternativa **a**.

3. Alternativa **d**.

4. Alternativas corretas: 01, 04 e 08.

CAPÍTULO 5

Aplique e registre

8. Alternativa **e**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **a**.

3. Alternativa **c**.

4. Alternativa **a**.

5. Alternativa **e**.

CAPÍTULO 6

Atividades de fechamento

1. Alternativa **a**.

2. Alternativa **c**.

CAPÍTULO 7

Aplique e registre

4. Alternativa **e**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**.

2. Alternativa **c**.

3. Alternativa **e**.

4. Alternativa **b**.

CAPÍTULO 8

Aplique e registre

1. Alternativa incorreta: **d**.

2. Alternativa **b**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**.

2. Alternativa **c**.

3. Alternativa **d**.

4. Alternativa **b**.

CAPÍTULO 9

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **c**.

3. Alternativa **b**.

4. Alternativa **a**.

CAPÍTULO 10

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **d**.

3. Alternativa **c**.

CAPÍTULO 11

Aplique e registre

3. Alternativa **d**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **e**.

2. Alternativa **e**.

3. Alternativa **e**.

4. Alternativa **d**.

5. Alternativa **a**.

6. I-a, II-c, III-b, IV-d, V-f.

CAPÍTULO 12

Aplique e registre

6. Alternativa **d**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **e**.

2. Alternativa **b**.

CAPÍTULO 13

Aplique e registre

6. Alternativa **e**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **b**.

3. Alternativa **e**.

4. Alternativa **b**.

5. Alternativa **a**.

6. Alternativa **c**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

8. **a.** 100 J.
b. 50%.
c. 33,5%; 16,5%.

CAPÍTULO 14

Aplique e registre

2. Alternativa **b**.

3. Alternativa **a**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**.

2. Alternativa **d**.

3. Alternativa **d**.

4. Alternativa **d**.

5. Alternativa **d**.

6. Alternativa **b**.

7. Alternativa **a**.

8. Alternativa **e**.

CAPÍTULO 15

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **b**.

CAPÍTULO 16

Aplique e registre

1. I-B, II-A, III-C

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**.

2. Alternativa **d**.

3. Alternativa **e**.

4. Alternativa **d**.

CAPÍTULO 17

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**.

2. Alternativa **b**.

3. Alternativa **d**.

4. Alternativa **e**.

5. Alternativa **b**.

CAPÍTULO 18

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**.

2. Alternativa **c**.

3. Alternativa **b**.

4. Alternativa **d**.

5. Alternativa **a**.

CAPÍTULO 19

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**.

2. Alternativa **c**.

3. Alternativa **b**.

4. Alternativa **e**.

5. Alternativa **d**.

CAPÍTULO 20

Aplique e registre

1. I-a, II-d, III-c, IV-b.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **b**.

3. Alternativa **e**.

CAPÍTULO 21

Aplique e registre

2. Alternativa **c**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **a**.

2. Alternativa **e**.

3. Alternativa **e**.

4. Alternativa **d**.

5. Resposta correta: I.

6. 20% de adenina e 30% de guanina e citocina

CAPÍTULO 22

Aplique e registre

4. b, d, a, c.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**.

2. Alternativa **e**.

CAPÍTULO 23

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**.

3. 90 são A, Rh^+, 30 são A, Rh^-, 30 são O, Rh^+ e 10 são O, Rh^-.

6. **b.** Probabilidade de filho não sentir brócolis em agrião é de 50%.

7. **a.** Probabilidade de 25%.
b. Probabilidade de 25%.

CAPÍTULO 24

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**.

2. Alternativa **c**.

3. Alternativa **e**.

4. Alternativa **e**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**: 2018/2019. 2019. Disponível em: https://www.migalhas.com.br/arquivos/2020/1/492DD855EA0272_PanoramaAbrelpe_-2018_2019.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

O relatório traz dados, oriundos de fonte primária, compilados e tratados com base em critérios científicos, mostrando a estruturação e a implementação de ações, programas e políticas públicas relacionadas à gestão de resíduos sólidos.

ALBERTS, B. *et al*. **Biologia molecular da célula**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

O livro aborda aspectos moleculares recentes sobre a biologia das células, sendo o conteúdo teórico acompanhado de ilustrações e explicações que ajudam na análise e na compreensão de conceitos relacionados à biologia celular.

BEGON, M. *et al*. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

O livro trata de conceitos fundamentais da Ecologia.

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

O livro aborda os estudos da área da Bioquímica, relacionando-os aos conceitos da fisiologia humana.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. Brasília, 2014.

O documento aborda os princípios e as recomendações de uma alimentação adequada.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Convenção sobre biodiversidade biológica**. Brasília, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biodiversidade1/convencao-sobre-diversidade-biologica. Acesso em: 18 set. 2024.

O documento traz a definição de diversidade biológica, levando em consideração o seu valor intrínseco e os valores ecológico, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético.

CAIN, M. L. *et al*. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre, 2018.

O livro trata de conceitos fundamentais da Ecologia.

CAMPBELL, B. **Evolution of technological species**. Disponível em: https://www.hq.nasa.gov/pao/History/CP-2156/ch4.4.htm. Acesso em: 18 set. 2024.

O *site* aborda a evolução tecnológica das espécies, como o uso e a fabricação de ferramentas, o uso e o controle do fogo e a tecnologia dos metais.

CAMPBELL, N. A. *et al*. **Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

O livro trata de diversos temas relacionados à área das Ciências Biológicas, com imagens que facilitam a compreensão do texto.

CAMPBELL, N. A. *et al*. **Biology**. 11. ed. Nova Iorque: Pearson, 2016.

O livro trata de diversos temas relacionados à área das Ciências Biológicas.

CAMPBELL, N. A. *et al*. **Biology***:* concepts and connections. 6. ed. San Francisco: Benjamin Cummings, 2009.

O livro apresenta conceitos referentes à área da Biologia, sendo ricamente ilustrado com imagens que contribuem para o aprendizado.

CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. **Biology**. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: https://openstax.org/books/biology-2e/pages/5-2-passive-transport. Acesso em: 18 set. 2024.

O livro apresenta conceitos gerais de Ciências Biológicas.

COSTA, K. M. *et al*. Evolution and physiology of neural oxygen sensing. **Frontiers in Physiology**, v. 5, n. 302, 2014.

O artigo discute a regulação da homeostase do gás oxigênio como um dos papéis primordiais do sistema nervoso.

CUNNINGHAM, W. P.; CUNNINGHAM, M. A. **Principles of Environmental Science**: inquiry and applications. Nova York: McGraw-Hill Co., 2002.

O livro traz uma visão atualizada e introdutória de temas essenciais em Ciências Ambientais.

CURTIS, H.; BARNES, S. N. **Biology**. 5. ed. Nova York: Worth Publisher, 1989.

O livro aborda concepções da área da Biologia, como fisiologia de plantas e animais. É ricamente ilustrado com fotografias e ilustrações.

FERRARI, A. C.; OCHS, M.; MACHADO, D. **Guia da educação midiática**. 1. ed. São Paulo: Instituto Palavra Aberta, 2020.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Livro que convida agentes da educação a refletir sobre a importância de preparar os jovens para lidar com as mídias de maneira crítica e responsável.

FERREIRA, B.; MACHADO, D. 5 contribuições da educação midiática aos direitos humanos. 6. ed. São Paulo: Instituto Palavra Aberta, 2023. Disponível em: https://educamidia.org.br/api/wp-content/uploads/2023/11/finalBIBLIOTECA_EM-e-Direitos-humanos_ISBN-v3.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

O livro apresenta cinco contribuições da educação midiática sobre o tema e atividades para serem realizadas por estudantes da Educação Básica.

FERREIRA, G. M. L. **Atlas geográfico**: espaço mundial. São Paulo: Moderna, 2010.

O atlas apresenta mapas atualizados, imagens de satélites, gráficos, temáticas socialmente relevantes que auxiliam na assimilação de conceitos.

FLOWERS, S.; ROUSH, R.; WISE, J. **Concepts of Biology**. Houston: Openstax, 2013.

O livro aborda conceitos básicos de Biologia, promovendo a alfabetização científica.

FOWLER, S. *et al*. **Concepts of Biology**. Texas: Rice University,2017.

Esse livro apresenta conceitos básicos de biologia, promovendo a alfabetização cientifica.

GENOME Unlocking Life's Code. **Marshall Nirenberg cracks the genetic code for protein synthesis**. Disponível em: https://www.unlockinglifescode.org/timeline. Acesso em: 18 set. 2024.

O *site* apresenta o código genético construído por Marshall Nirenberg, que, em 1968, compartilhou com Har Gobind Khorana e Robert W. Holley o prêmio Nobel de Medicina por suas contribuições para entender a síntese proteica.

GRIFFIN, J. E.; WILSON, J. D. **Metabolic control and disease**. 8. ed. Philadelphia: Saunders, 1980.

O livro aborda aspectos do metabolismo basal humano.

GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. **Introdução à Genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

O livro aborda a Genética clássica com diversas imagens que dão suporte ao texto.

GÜNTÜRK, I. *et al*. Efeito protetor da N-acetilcisteína na ototoxicidade por cisplatina em ratos: um estudo com testes auditivos e microscopia eletrônica de varredura. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v. 86, n. 1, 2020.

O artigo mostra o efeito preventivo da N-acetilcisteína na ototoxicidade por cisplatina.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

O livro aborda conceitos de fisiologia e fisiopatologia humana.

HUDSON ALPHA. **Genome Editing and CRISPR**. Disponível em: https://hudsonalpha.org/genome-editing-and-crispr/. Acesso em: 18 set. 2024.

O *site* em inglês apresenta os passos da técnica CRISPR de edição do DNA.

INGRAHAM, C. Scientistis decry "ignorance" of rolling back species protection in the midst of a mass extinction. **The Washington Post**, 16 ago. 2019. Disponível em: https://www.washingtonpost.com/business/2019/08/16/scientists-decry-ignorance-rolling-back-species-protections-midst-mass-extinction/. Acesso em: 18 set. 2024.

O artigo (em inglês) mostra que a extinção de espécies está acima do que o registro geológico indica como normal, sendo maior do que a média nos últimos 10 milhões de anos, com tendência a aumentar graças à ação humana.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1 : 250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

O relatório mostra os fundamentos teóricos, conceituais e metodológicos que nortearam a elaboração dos mapas sobre os biomas e o sistema costeiro-marinho. Além disso, traz dados e fotos das expedições realizadas em campo.

NATIONAL Ocean Service. What are El Niño and La Niña? **National Oceanic and Atmospheric Administration** (NOAA). Disponível em: https://oceanservice.noaa.gov/facts/ninonina.html. Acesso em: 28 out. 2024.

O *site* em inglês traz texto e vídeo explicativos a respeito dos fenômenos *La Niña* e *El Niño*.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**: texto e atlas. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

O livro trata de conceitos fundamentais da Histologia.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. **Histologia básica**: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

O livro trata de conceitos fundamentais da Histologia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

O livro trata de conceitos gerais de Astronomia com linguagem acessível.

LAHR, D. J. G. A evolução da vida em um planeta em constante mudança. *In*: GALANTE, D. (org.). **Astrobiologia**: uma ciência emergente. Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia. São Paulo: Tikinet. IAG/USP, 2016.

O artigo retrata a evolução da vida no planeta Terra.

LIMA, B. Conheça as cinco pesquisadoras que sequenciaram o genoma do coronavírus. **Correio brasiliense**, 7 mar. 2020. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2020/03/08/interna-brasil,832797/conheca-as-5-pesquisadoras-que-sequenciaram-o-genoma-do-coronavirus.shtml. Acesso em: 18 set. 2024.

A reportagem conta quem são as pesquisadoras responsáveis pelo sequenciamento do novo coronavírus no Brasil.

LUTGENS, F. K.; TARBUCK, E. J.; TASA, D. G. **The atmosphere**: an introduction to meteorology. Upper Saddle River (N.J.): Prentice-Hall, 2001.

O livro traz conceitos introdutórios da área da Meteorologia.

MACHADO, D. Contribuições da educação midiática ao enfrentamento da crise climática. São Paulo: Instituto Palavra Aberta, 2024. Disponível em: https://educamidia.org.br/api/wp-content/uploads/2024/05/final_BIBLIOTECA_EM-e-Crise-climatica_ISBN-v3.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

O livro apresenta cinco contribuições da educação midiática sobre o tema e atividades para serem realizadas por estudantes da Educação Básica.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

O livro trata de conceitos básicos e fundamentais da Bioquímica.

MAUSETH, J. **Botany**. Burlington: Jones & Bartlett Publishers, 1988.

O livro trata de assuntos relacionados à Biologia vegetal, abordando conceitos botânicos, como fisiologia e desenvolvimento das plantas, biotecnologia e pesquisas botânicas recentes.

MEEHL, G. A. *et al*. Combinations of Natural and Anthropogenic Forcings in Twentieth-Century Climate. **Journal of Climate**, v. 17, n. 19, 2004.

O artigo apresenta dados que comparam as mudanças climáticas no início e no final do século XX, analisando a influência antrópica no processo de aquecimento global.

MEYER, A. **Detetives do DNA**. 1. ed. Rio de Janeiro: Record, 2008.

O livro mostra como o conhecimento e o estudo sobre o DNA podem esclarecer diversos eventos históricos, desde a morte de membros da realeza até epidemias que atingiram e mataram milhares de pessoas no mundo.

MILLER, K. R.; LEVINE, J. S. **Biology**. 3. ed. New Jersey: Pearson Educations, Prentice Hall, 2010.

O livro aborda conceitos básicos de Biologia.

MOON, P. Branco pelo lado paterno, negro pelo materno. **Agência FAPESP**, 12 abr. 2017. Disponível em: https://agencia.fapesp.br/branco-pelo-lado-paterno-negro-pelo-materno/25096. Acesso em: 18 set. 2024.

O artigo apresenta a miscigenação da população brasileira, resgatando a história genética de quatro a cinco gerações de membros remanescentes de quilombos.

NEUHAUS, G. *et al*. **Tratado de Botânica de Strasburger**. 36. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

Esse livro permeia de forma harmoniosa todas as subáreas da Botânica, apresentando aspectos básicos e os avanços mais recentes nessa área.

ODUM, E.; BARRET, G. **Fundamentos da Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

O livro traz os conceitos básicos da Ecologia, com exemplos reais de sua aplicação no gerenciamento de recursos do ambiente.

PIERCE, B. A. **Genética**: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

O livro aborda conceitos da área da Genética com imagens que facilitam a compreensão do texto.

POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. **Life**. Boston: Cengage Learning, Inc., 2011.

O livro trata de assuntos referentes à Biologia e apresenta imagens que facilitam a compreensão das temáticas.

POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. **Modern Biology**. Austin: Holt, Rinehart and Winston, 2006.

O livro trata de assuntos referentes às Ciências Biológicas, como genética, saúde e doenças, entre outros, e é rico em imagens que facilitam a compreensão dos temas.

POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. **The nature of life**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1995.

O livro trata de assuntos das Ciências Biológicas, como genética, saúde e doenças.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Unidade de conservação. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/tab_ucs_1344528072.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

O arquivo traz as unidades de conservação de proteção integral e as de uso sustentável.

PURVES, W. *et al*. **Vida**: a ciência da Biologia. Porto Alegre: Artmed, 2005.

O livro traz os conteúdos de Biologia com imagens que os tornam mais acessíveis pedagogicamente.

RAVEN, P. *et al*. **Biology**. 9. ed. Pennsylvania: McGraw-Hill Education, 2008.

O livro apresenta o conteúdo geral de Biologia, utilizando o método científico como abordagem.

RAVEN, P. *et al*. **Biology**. 10. ed. Nova York: McGraw-Hill Education, 2013.

O livro apresenta o conteúdo geral de Biologia utilizando o método científico e sua contextualização histórica como abordagem.

REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015.

O livro aborda questões relativas ao uso e à qualidade da água no Brasil. Além disso, apresenta informações sobre a demanda mundial da água e o desenvolvimento sustentável como alternativa para preservar esse recurso natural.

REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

O livro trata de diversos assuntos relacionados à Biologia.

RICARDO, A.; SZOSTAK, J. W. The origin of life on Earth. **Scientific American**, set. 2009, p. 59. Disponível em: https://www.scientificamerican.com/article/origin-of-life-on-earth/. Acesso em: 18 set. 2024.

O artigo trata da hipótese da origem dos primeiros seres vivos.

SADAVA, D.; HELLER, H. C.; ORIANS, G. H.; PURVES, W. K.; HILLIS, D. M. **Vida**: a ciência da Biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

O livro trata de diversos temas relacionados à área das Ciências Biológicas.

SCHOLTE, R. G. C. *et al*. Predictive risk mapping of schistosomiasis in Brazil using Bayesian geostatistical models. **Acta Tropica**, v. 132, p. 57-63, 2014.

O artigo trata do mapeamento preditivo de risco de esquistossomose no Brasil usando modelos geoestatísticos.

SCIENCE for a changing world. USGS. Disponível em: https://water.usgs.gov/water-resources/software/DOTABLES/. Acesso em: 18 set. 2024.

O *site* apresenta um banco de dados com informações científicas que auxiliam no gerenciamento de recursos hídricos, biológicos, energéticos e naturais.

SILVA, C. M.; ARBILLA, G. Antropoceno: os desafios de um Novo Mundo. **Revista Virtual de Química**, v. 10, p. 1.619--1.647, 2018.

O artigo apresenta a história do Antropoceno do ponto de vista geológico e ambiental.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GENÉTICA. **Genética na escola**. Disponível em: https://www.geneticanaescola.com/revista. Acesso em: 18 set. 2024.

A revista propõe reflexões sobre temas relacionados à Genética, além de difundir experiências educativas na área da Biologia Molecular.

SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. **Biology**. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

O livro aborda os conceitos gerais da área das Ciências Biológicas, com perguntas que guiam a leitura e o aprendizado.

SOLOMON, E. P.; MARTIN, C. E.; MARTIN, D. W.; BERG, L. R. **Biology**. 11. ed. Boston: Censage, 2019.

O livro aborda os conceitos gerais da área das Ciências Biológicas.

SOLOMON, E. P. *et al.* **Biology**. 9. ed. California: Brooks/Cole, 2011.

O livro aborda assuntos relacionados à área da Biologia, como evolução, transmissão de informações biológicas, fluxo de energia, doenças relacionadas aos seres humanos, entre outros.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. *et al*. **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2007.

O livro trata de conceitos fundamentais da Geologia.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Corpo humano**: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

O livro aborda conceitos relacionados à Fisiologia e à Anatomia humana.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

O livro aborda conceitos relacionados à Microbiologia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. **Corpo humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

O livro aborda conceitos relacionados à anatomia e fisiologia humanas.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

O livro trata de conceitos fundamentais da Ecologia.

TURGEON, M. L. **Clinical hematology**: theory and procedures. 4. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

O livro aborda as teorias e os procedimentos envolvidos no diagnóstico e no tratamento dos distúrbios sanguíneos e distúrbios da medula óssea.

UNAIDS. **Saúde Pública e a supressão viral do HIV**. Brasília, 2017.

O artigo apresenta o objetivo principal da terapia antirretroviral, que é manter a boa saúde das pessoas com HIV.

WIDMAIER, E. P.; RAFF, H.; STRANG, K. T. Vander, Sherman & Luciano – **Fisiologia humana**: os mecanismos das funções corporais. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

O livro trata de conceitos fundamentais da Fisiologia humana.

WWF BRASIL. **Cartilha Pegada Ecológica**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/?35722/Cartilha-Pegada-Ecologica. Acesso em: 18 set. 2024.

O *site* explica o que é a pegada ecológica e como foi possível calcular as pegadas em vários tipos de territórios produtivos e diversas formas de consumo.

WWF BRASIL. **Plástico vale ouro**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/programa_marinho/plasticovaleouro/. Acesso em: 18 set. 2024.

O *site* traz dados que mostram o crescimento mundial da produção de plástico e os benefícios econômicos desse material, bem como os malefícios gerados por ele ao ambiente.

ZARET, T.; PAINE, R. T. Species introduction in a tropical lake. **Science**, v. 182, n. 4.111, p. 449-455, nov. 1973.

No artigo (em inglês) são apresentadas a influência de fatores bióticos e a interação na abundância e na diversidade de peixes em regiões de planície alagada.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

SUPLEMENTO PARA O PROFESSOR

Caro Professor,

A elaboração da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) trouxe mudanças significativas para toda a área educacional. Não somente o papel da escola e a atuação de professores e estudantes precisam ser ressignificados, mas também o material didático. O documento deixa explícita a necessidade de

> [...] superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento, o estímulo à sua aplicação na vida real, a importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem e na construção de seu projeto de vida (BRASIL, 2018, p. 15).

Tendo em vista esse contexto, o novo Ensino Médio pretende atender às necessidades e às expectativas dos estudantes, fortalecendo seu interesse, seu engajamento e seu protagonismo e visando garantir sua permanência e sua aprendizagem na escola. Também busca assegurar o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores capazes de formar novas gerações aptas para lidar com desafios pessoais, profissionais, sociais, culturais e ambientais do presente e do futuro, considerando a intensidade e a velocidade das transformações que marcam as sociedades na contemporaneidade.

Assim, o estudo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias é indispensável na sociedade contemporânea em razão da influência que essas ciências exercem no cotidiano de todos. Os conhecimentos nessa área atuam em diferentes aspectos, que abrangem desde noções básicas sobre o funcionamento dos organismos e dos objetos até melhoria da qualidade de vida, manutenção do ambiente e geração de energia para todos. Portanto, compreender as mudanças geradas por influência da Ciência e da Tecnologia, refletir e agir mediante conhecimentos científicos adquiridos no decorrer da vida escolar são atitudes essenciais na formação de todos os estudantes brasileiros.

Desse modo, o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em todas as etapas da Educação Básica, necessita abordar conceitos, leis, teorias e modelos com foco no desenvolvimento de competências e habilidades, além de permitir que os estudantes compreendam, interpretem e apliquem os conhecimentos científicos na resolução de problemas individuais e coletivos em diferentes esferas da vida. Ou seja, ao mesmo tempo que o ensino se compromete com o letramento científico, ele deve estimular os estudantes a investigar, a analisar e a discutir as problemáticas que podem surgir de diferentes contextos socioculturais.

Com isso em mente, procuramos, neste Suplemento, apresentar a você, professor, as escolhas teórico-metodológicas que embasam a Coleção e, sobretudo, apoiá-lo no processo de mediação entre o conteúdo científico e as práticas cotidianas vivenciadas pelos estudantes. Buscamos também inspirar sua prática docente, viabilizando um diálogo constante entre as nossas propostas, as suas perspectivas pedagógicas e o contexto sociocultural dos estudantes. Como resultado dessa interação, as possibilidades sugeridas se multiplicam, pois, quando somadas às suas experiências e aos seus conhecimentos, elas poderão efetivamente contribuir para o ensino de Ciências mais significativo que todos almejamos.

Para facilitar a organização das informações, dividimos este Suplemento em Orientações gerais e Orientações específicas. Nas Orientações gerais: a) apresentamos a organização e a proposta da Coleção, explicando a estruturação dos volumes à luz dos pressupostos teórico-metodológicos que embasaram sua elaboração; b) destacamos como a Coleção se articula com esses referenciais, com a BNCC e seu material de apoio; c) exploramos sugestões de abordagem e de uso da Coleção, de acordo com algumas opções de estrutura do curso: bimestral, trimestral ou semestral. Nas Orientações específicas: a) apresentamos sugestões de organização do trabalho em sala de aula visando colaborar no planejamento, na condução e na avaliação do ensino; b) reforçamos nosso objetivo de estabelecer uma parceria valorizando seu conhecimento acerca da realidade da escola onde você e os estudantes estão inseridos.

Assim, caberá a você, professor, fazer as escolhas na busca por melhores caminhos para favorecer a aprendizagem dos educandos. Nossa função é oferecer subsídios para que siga a jornada educacional com apoio e confiança.

Conte conosco e bom trabalho!

Os Autores

SUMÁRIO

ORIENTAÇÕES GERAIS DA COLEÇÃO MP003

Formação geral básica para o Ensino Médio MP003

As competências específicas e as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias MP004

A BNCC e os Temas Contemporâneos Transversais MP006

Organização e proposta da Coleção MP007

Organização do Livro do estudante MP008

Organização do Suplemento para o professor MP009

Sugestões de uso da Coleção MP009

Pressupostos teóricos da Coleção MP010

Aspecto teórico-metodológico na perspectiva da alfabetização científica MP010

Contextualização e interdisciplinaridade no ensino de Ciências por meio da inter-relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade MP011

A argumentação na perspectiva da alfabetização científica MP012

A importância das práticas investigativas para a alfabetização científica MP012

O pensamento computacional e o ensino de Ciências da Natureza MP014

Alfabetização midiática: do acesso à criação de mídias MP015

A leitura inferencial como objeto de conhecimento MP016

O jovem do Ensino Médio como protagonista MP017

Ressignificando o papel do professor e sua prática pedagógica MP018

Metodologias ativas MP018

Avaliação a serviço da aprendizagem MP019

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS DO VOLUME MP021

O componente curricular Biologia MP021

UNIDADE 1 Universo, Terra e vida MP022

UNIDADE 2 Energia e sustentabilidade MP034

UNIDADE 3 Água e alimentos MP046

UNIDADE 4 Transformações e movimentos MP057

UNIDADE 5 Saúde humana MP068

UNIDADE 6 Mundo tecnológico MP079

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS MP091

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES COMENTADAS MP096

ORIENTAÇÕES GERAIS DA COLEÇÃO

Formação geral básica para o Ensino Médio

O novo Ensino Médio simboliza uma reforma que visa diminuir a evasão escolar e tornar a educação mais relevante e atrativa para os estudantes. Ela foi implementada com base na Lei nº 13.415/2017 e, após ampla consulta pública realizada ao longo de 2023, reestruturada pela Lei nº 14.945/2024. Conforme o Ministério da Educação, a aposta da reforma centra-se em

> [...] atender às necessidades e às expectativas dos jovens, fortalecendo o protagonismo juvenil na medida em que possibilita aos estudantes escolher o itinerário formativo no qual desejam aprofundar seus conhecimentos. Um currículo que contemple uma formação geral, orientada pela BNCC, e também itinerários formativos [...] contribuirá para maior interesse dos jovens em acessar a escola e, consequentemente, para sua permanência e melhoria dos resultados da aprendizagem.
>
> **Fonte:** BRASIL. Ministério da Educação. **Novo Ensino Médio – perguntas e respostas**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensino-medio-duvidas. Acesso em: 3 set. 2024.

Para atender a essa nova perspectiva, a carga horária foi aumentada gradativamente de 800 para, no mínimo, 1.000 horas por ano letivo, totalizando 3.000 horas em todo o Ensino Médio. Até 2.400 horas são garantidas para a **formação geral básica**, com os conhecimentos previstos na BNCC, e o restante da jornada deve ser destinado aos **itinerários formativos**, que visam ao aprofundamento em ao menos uma das áreas de conhecimento ou à formação técnica e profissional, fomentando a escolha dos estudantes em sua trajetória escolar. Além disso, as disciplinas obrigatórias do Ensino Médio passaram a ser organizadas em quatro áreas do conhecimento, valorizando os conhecimentos de cada componente curricular com vistas ao fortalecimento das aprendizagens e à formação integral dos estudantes:

- Linguagens e suas Tecnologias (Língua Portuguesa, Língua Inglesa, Arte e Educação Física);
- Matemática e suas Tecnologias (Matemática);
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física e Química);
- Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (Geografia, História, Sociologia e Filosofia).

O Ensino Médio é a etapa da Educação Básica que busca o aprofundamento e a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do Ensino Fundamental, garantindo o desenvolvimento de competências necessárias para o trabalho e para o exercício da cidadania.

Esta Coleção busca oferecer a **formação geral básica** aos estudantes, por meio de competências e habilidades previstas pela BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, traduzindo as expectativas propostas por esse documento e atendendo às demandas contemporâneas do século XXI. Vale ressaltar que a BNCC é um documento normativo cujos propósitos são balizar a qualidade do ensino e das políticas educacionais no país e estabelecer direitos de aprendizagem e desenvolvimento comuns às diversas propostas curriculares e pedagógicas que compõem a Educação Básica no Brasil. Trata-se, portanto, da referência nacional obrigatória para embasar a elaboração de currículos e propostas pedagógicas das redes de ensino e escolas públicas e particulares do país com respeito à autonomia dessas instituições e redes.

A BNCC, organizada em competências e habilidades, direciona a formação integral dos estudantes em suas variadas dimensões – intelectual, afetiva, ética, física, cultural, sociopolítica –, levando-os a construir e compreender suas atuações em uma sociedade inclusiva e consciente. O documento apresenta **dez competências gerais** que orientam a Educação Básica e permitem o estabelecimento de um processo de continuidade com o Ensino Médio.

Competências gerais da Educação Básica

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, re-

Continua

solver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

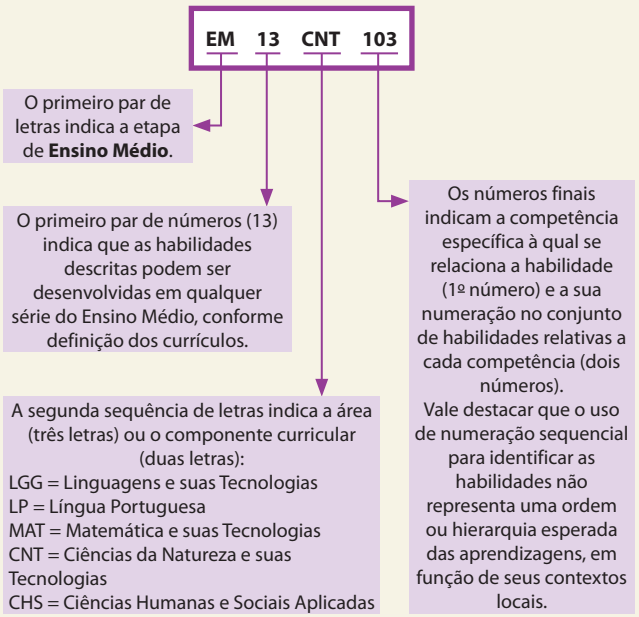
(BNCC, 2018, p. 9-10)

Vinculadas a essas competências, existem as competências específicas das diferentes áreas do conhecimento. E, por último, a BNCC traz as habilidades – agrupadas e vinculadas às competências específicas de área – que permitem definir as aprendizagens essenciais e expressar o **domínio conceitual e metodológico** a ser desenvolvido em cada área do conhecimento.

Especificamente, a proposta da BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na etapa do Ensino Médio apoia-se em: **ampliação** e **sistematização** das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental quanto aos conhecimentos conceituais da área relativos a Biologia, Física e Química; **contextualização** social, histórica e cultural da Ciência e da Tecnologia, considerando-as elementos da construção humana e, portanto, em constante transformação; **processos e práticas** da investigação científica, como identificação de problemas, formulação de hipóteses, identificação de variáveis, escolha de instrumentos e procedimentos para o teste de hipóteses, argumentação, análises quantitativa e qualitativa dos dados obtidos e conclusão acerca de fatos, fenômenos e problemáticas analisados; e **linguagens** aplicadas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, como códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais importantes na compreensão da Ciência e seus procedimentos.

As competências específicas e as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Cada competência específica está relacionada a um conjunto de habilidades, que representa aprendizagens essenciais a ser garantidas a todos os estudantes do Ensino Médio. Cada habilidade, além do texto geral que a define, tem um código alfanumérico, como o mostrado a seguir.



Seguem as competências específicas e as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio determinadas pela BNCC.

Competência específica 1

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

Continua

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

Competência específica 2

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Competência específica 3

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

Continua

Continuação

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

(BNCC, 2018, p. 554-560)

A BNCC e os Temas Contemporâneos Transversais

Tendo em vista o atendimento de expectativas e demandas da geração jovem do Brasil, a BNCC destaca ainda a importância de uma abordagem integradora entre as diversas áreas do conhecimento mediante o enfoque de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escalas local, regional e global, contextualizando aquilo que é ensinado (BRASIL, 2019):

> Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) buscam uma contextualização do que é ensinado, trazendo temas que sejam de interesse dos estudantes e de relevância para seu desenvolvimento como cidadão. O grande objetivo é que o estudante não termine sua educação formal tendo visto apenas conteúdos abstratos e descontextualizados, mas que também reconheça e aprenda sobre os temas que são relevantes para sua atuação na sociedade. Assim, espera-se que os TCTs permitam ao aluno entender melhor: como utilizar seu dinheiro, como cuidar de sua saúde, como usar as novas tecnologias digitais, como cuidar do planeta em que vive, como entender e respeitar aqueles que são diferentes e quais são seus direitos e deveres, assuntos que conferem aos TCTs o atributo da **contemporaneidade**.
>
> Já o **transversal** pode ser definido como aquilo que atravessa. [...] Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) são assim denominados por não pertencerem a uma disciplina específica, mas por traspassarem e serem pertinentes a todas elas. Existem distintas concepções de como trabalhá-los na escola. Essa diversidade de abordagens é positiva na medida em que possa garantir a autonomia das redes de ensino e dos professores. [...] manteve-se a orientação de que os sistemas de ensino trabalhem esses temas de forma transversal, por meio de abordagens intra, inter e transdisciplinares. [...]
>
> [...] Esses pressupostos buscam contribuir para que a educação escolar se efetive como uma estratégia eficaz na construção da cidadania do estudante e da participação ativa da vida em sociedade, e não um fim em si mesmo, conferindo a esses conteúdos um significado maior e classificando-os de fato como *Temas Contemporâneos Transversais*.

Assim, a BNCC considera quinze TCTs: Educação ambiental; Educação para o consumo; Trabalho; Educação financeira; Educação fiscal; Saúde; Educação alimentar e nutricional; Vida familiar e social; Educação para o trânsito; Educação em direitos humanos; Direitos da criança e do adolescente; Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso; Diversidade cultural; Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras; e Ciência e Tecnologia. Esses TCTs constituem um conteúdo indispensável para a Educação Básica por contribuírem para o desenvolvimento das competências gerais e das habilidades relacionadas aos componentes curriculares. Além disso, eles oferecem a possibilidade de trabalhar valores e conceitos ligados à cidadania, salientando a importância da contextualização das problemáticas fundamentais para a vida em sociedade. Os TCTs estão distribuídos em seis macroáreas temáticas – Meio ambiente; Economia; Saúde; Cidadania e civismo; Multiculturalismo; Ciência e Tecnologia – que interligam as diferentes áreas do conhecimento a temas vividos no cotidiano em sociedade.

Garantir o trabalho com os TCTs é também uma forma de dialogar com as juventudes que estão imersas no cotidiano das

escolas. A cultura juvenil é considerada pela BNCC elemento fundamental para pensar em propostas pedagógicas na etapa do Ensino Médio. É necessário reconhecer a juventude:

> […] como condição sócio-histórico-cultural de uma categoria de sujeitos que necessita ser considerada em suas múltiplas dimensões, com especificidades próprias que não estão restritas às dimensões biológica e etária, mas que se encontram articuladas com uma multiplicidade de atravessamentos sociais e culturais, produzindo múltiplas culturas juvenis ou muitas juventudes. (BRASIL, 2018, p. 462.)

Essa abordagem, que considera o conhecimento e a formação cultural dos jovens em suas respectivas realidades, motiva as escolas a atuar como espaços de expressão da diversidade juvenil. Nesse espaço, a contextualização da teoria com a prática, aliada a uma proposta de resolução de problemas, de estímulo à investigação, de incentivo à postura empreendedora, de acesso às bases científicas e tecnológicas e de interpretação da realidade, adquire um caráter de suporte para que os jovens se reconheçam, assumam as próprias potencialidades e vocações e compreendam seu papel como participantes ativos da sociedade na qual estão inseridos.

Desse modo, tanto a escola quanto o material didático precisam assumir um novo papel coerente com as recomendações da BNCC, valorizando a formação de estudantes protagonistas, com autonomia para construir o próprio processo de aprendizagem, e capazes de assumir responsabilidades, refletir, decidir e agir de forma ativa e independente, com base em ética e respeito pelas diversidades.

Ao favorecer o desenvolvimento do jovem protagonista, é necessário lembrar que os estudantes também são fontes de conhecimento e, por isso, a escola precisa oferecer tempo e espaço para que eles compartilhem vivências, experiências e conhecimentos prévios em sala de aula e, simultaneamente, possibilitar-lhes a aquisição de novos conhecimentos. Além disso, é preciso estimular nos estudantes a criatividade e a capacidade de construir pensamentos complexos, por meio dos quais um mesmo problema possa ser abordado de diferentes perspectivas, e favorecer o desenvolvimento de um ambiente compreensivo e colaborativo, onde os estudantes possam cooperar entre si para que o processo de aprendizagem admita efetivamente o exercício de autonomia individual e cooperativa.

Organização e proposta da Coleção

Vários foram os aspectos que nortearam a organização e a seleção do conteúdo, de atividades e propostas de discussão para a Coleção, dentre eles destacam-se a BNCC e seu material de apoio e as pesquisas sobre culturas juvenis. Além dessas inspirações, é importante mencionar a relevância dos assuntos da vida cotidiana, suscitados pelos TCTs, e a abordagem dos diferentes campos das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Dessa forma, a Coleção articula-se ao referencial curricular nacional e pode ser considerada motivadora e significativa para os estudantes do Ensino Médio.

O diálogo entre a obra e a BNCC permeia toda a Coleção, tanto no âmbito do desenvolvimento das dez competências gerais estabelecidas pelo referencial curricular quanto nas especificidades da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, criando oportunidades de mobilização de todas as competências específicas e respectivas habilidades.

Por ter caráter nacional e inspirada na BNCC, a obra traz abordagens inovadoras e tópicos conceituais contemporâneos, propondo a investigação da realidade e das características culturais, naturais, éticas e sociais locais, possibilitando uma problematização articulada às diferentes especificidades educacionais e buscando dialogar com os currículos propostos pelas redes de ensino.

Esta Coleção também busca contemplar as demandas, as motivações e as formas de participação social do jovem no século XXI em diferentes ocasiões. Segundo Jesús Martín-Barbero (BORELLI; FREIRE FILHO, 2008, p. 22), os jovens são "sujeitos íntima e estruturalmente mediados por suas interações pela e com a tecnologia". Na mesma publicação, que se tornou uma referência sobre as culturas juvenis, destaca-se uma notável pluralidade de objetos e de abordagens das práticas culturais da chamada "condição jovem". Por meio de análises de aspectos do circuito de produção e apropriação cultural juvenil, reconhecem-se as complexidades, os dilemas e as riquezas dessa faixa etária, exploram-se temas característicos – como a música, o grafite, o audiovisual, a internet e os dispositivos digitais – e articulam-se modos de pertencimento e incertezas.

Nessa perspectiva, visando atender ao que preconizam a BNCC e os TCTs e às culturas juvenis, a obra foi organizada em três volumes independentes, cada um referente a um componente curricular da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física e Química). Além disso, cada volume é composto de seis unidades, que se repetem nos três volumes: 1. Universo, Terra e vida; 2. Energia e sustentabilidade; 3. Água e alimentos; 4. Transformações e movimentos; 5. Saúde humana; e 6. Mundo tecnológico. Cada unidade explora aspectos da área partindo de uma temática significativa à sua aplicação e à interferência efetiva na sociedade. A integração entre Biologia, Física e Química articulada a temáticas atuais e relevantes possibilita um movimento de organização e maior troca entre os professores especialistas, embora ainda permita as contribuições de cada especialidade separadamente. Essa integração não se limita à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, pois a Coleção traz elementos para articular com outras áreas do conhecimento, propiciando abordagens integradoras e oportunidades para trocas de experiências ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Com base nessas escolhas, espera-se que o estudo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias ocorra por meio da contextualização e de atividades colaborativas com viés investigativo, o que permitirá ao estudante dominar diferentes linguagens e situar-se como agente capaz de elaborar propostas de intervenção em sua realidade. De acordo com Silva (2007, p. 10),

> […] A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores, pesquisadores e grupos ligados à educação como um "meio" de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania concomitante à aprendizagem significativa de conteúdos. Assim a contextualização se apresenta como um modo de ensinar conceitos das ciências ligados à vivência dos alunos, seja ela pensada como recurso pedagógico ou como princípio norteador do processo de ensino. A contextualização como princípio norteador caracteriza-se pelas relações estabelecidas entre o que o aluno sabe sobre o contexto a ser estudado e os conteúdos específicos que servem de explicações e entendimento desse contexto, utilizando-se da estratégia de conhecer as ideias prévias do aluno sobre o contexto e os conteúdos em estudo […].

Os conteúdos tradicionalmente trabalhados no Ensino Médio foram revistos, selecionados e reorganizados para atender às competências e às habilidades da BNCC para essa etapa do

ensino, às relações com os TCTs e às necessidades das temáticas escolhidas, além de estabelecer conexões entre conceitos próprios das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e destes com diferentes áreas do conhecimento, tendo a temática central da unidade como eixo. As temáticas trabalhadas na Coleção potencializam, em seu conjunto, o desenvolvimento das competências gerais e específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, preconizadas pela BNCC.

No desenvolvimento do conteúdo, buscou-se levar em consideração a progressão e o aprofundamento em relação ao conteúdo abordado na etapa do Ensino Fundamental (anos iniciais e finais), que foi considerado pré-requisito na seleção do conteúdo abordado nas temáticas propostas.

Ao longo de cada unidade da Coleção, procura-se relacionar e integrar os componentes curriculares de Ciências da Natureza e suas Tecnologias entre si e com outras áreas do conhecimento. Essa articulação colabora para que não sejam estabelecidos limites rígidos entre os componentes curriculares de Ciências da Natureza e suas Tecnologias nem entre as áreas do conhecimento, favorecendo essa percepção mais integrada pelos estudantes.

Organização do Livro do estudante

Na página inicial da **Abertura** de cada unidade, é apresentada uma imagem ou uma composição de imagens acompanhada de um breve texto em linguagem familiar ao estudante. Juntos, texto e imagem se articulam e apresentam a temática proposta, cuja abordagem pode integrar diferentes áreas do conhecimento. A atividade de leitura da imagem tem importante papel motivador, estimulando e aproximando o estudante do assunto que será abordado.

A **Abertura** traz ainda a seção **Pense nisso!**, que propõe questões que buscam fazer o estudante estabelecer relações, com apoio do texto e da imagem, entre o que ele já sabe e o que ainda será estudado, possibilitando-lhe exteriorizar seu conhecimento e, ainda, refletir sobre as concepções dos colegas. As atividades de levantamento de conhecimento prévio foram desenvolvidas considerando as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da etapa do Ensino Fundamental definidas pela BNCC. Esse momento é uma oportunidade para o professor de realizar a avaliação diagnóstica das concepções iniciais da turma.

Para organizar e sistematizar o conteúdo, cada unidade é subdividida em quatro capítulos. Neles, as informações são agrupadas em subtítulos e algumas palavras são destacadas para identificar os conceitos principais, o que facilita a leitura e a compreensão do texto pelo estudante. A presença de imagens, como fotografias, ilustrações, gráficos e mapas, visa esclarecer e exemplificar o conteúdo específico.

Além do texto expositivo, as unidades abrigam algumas seções cujos objetivos são: a complementação de informação (**Fique por dentro**), o trabalho com leitura inferencial, argumentação, pensamento crítico e integração com outras áreas do conhecimento (**Em foco**), o contato com procedimentos próprios do fazer científico (**Na prática**), a relação do conteúdo com culturas e vivências juvenis (**Trabalho e juventudes**), o passo a passo para resolução de uma atividade (**Atividade comentada**) e a realização de atividades sobre o conteúdo de cada capítulo (**Aplique e registre** e **Atividades de fechamento**). O material conta ainda com o boxe **Glossário**, que apresenta explicações de termos que possam ser desconhecidos pelos estudantes.

Ampliações do conteúdo e novas relações também podem ser construídas além da sala de aula com o auxílio das indicações de *sites*, filmes e simuladores, entre outros recursos, na seção **Fique por dentro**. Cada indicação é acompanhada de breve resenha e pode ser compreendida como mais um estímulo à busca autônoma de conhecimentos.

As seções **Em foco** ocorrem pelo menos uma vez por unidade. Elas trazem textos autorais ou de terceiros acompanhados de atividades que conduzem o estudante a integrar o conteúdo estudado com outras áreas do conhecimento e a exercitar a leitura inferencial, a argumentação, o pensamento crítico, a comunicação e aspectos da educação midiática.

As atividades da seção **Na prática** são diversificadas, em grupo e privilegiam o protagonismo dos estudantes. Elas incluem experimentações, situações-problema, estudos de caso e montagens de modelos, entre outras propostas. Em relação às experimentações, elas podem ser desenvolvidas em laboratório ou, se a escola não dispuser de um, em espaços adequados na própria sala de aula, com os devidos cuidados adicionais. Em nenhuma das atividades práticas sugeridas são empregadas substâncias com potencial tóxico. Informações sobre normas de segurança, regras para preparo e realização das atividades, periculosidade de determinada substância ou material e descarte de resíduos são inseridas na própria atividade e nas Orientações específicas deste Suplemento.

Nesta Coleção, procurou-se priorizar atividades práticas que vão além da mera comprovação de fatos e informações predeterminados e que favoreçam a compreensão das relações conceituais das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, permitindo que os estudantes manipulem objetos e assimilem significados entre si e com o professor durante a aula, e propiciando uma oportunidade aos sujeitos de extrair de suas ações as consequências que lhes são próprias e aprender com os erros tanto quanto com os acertos. Há oportunidades para que os estudantes realizem observações, reúnam resultados, troquem ideias com os colegas e proponham conclusões antes de a teoria relacionada ser abordada, proporcionando a vivência das práticas e dos procedimentos científicos e, portanto, favorecendo o desenvolvimento da **competência específica 3** de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Explorando mais profundamente a relação de algum tema com culturas juvenis, a seção **Trabalho e juventudes** permite aos estudantes que, em grupos, mobilizem os próprios saberes e vivências culturais e os relacionem com o conteúdo estudado. Nesse processo, eles são estimulados a refletir e tomar decisões diante de uma série de fatores, como o projeto de vida, o mundo do trabalho, o exercício da cidadania e o reconhecimento da diversidade humana e o respeito por ela.

Cada unidade contém ainda uma seção **Atividade comentada**, que aborda uma estratégia de resolução do problema proposto em alguma atividade autoral ou de vestibular/Enem. Para isso, é apresentado um passo a passo que se apoia nos pilares do pensamento computacional.

Em todos os capítulos há seções **Aplique e registre**, com atividades que possibilitam ao estudante aplicar e registrar os conhecimentos adquiridos ao longo do estudo do conteúdo. Com isso, ele pode acompanhar e avaliar o próprio desempenho. Essas seções podem, ainda, contribuir para o planejamento de recomposição de aprendizagens e para o processo de avaliação processual ou formativa.

Cada capítulo termina com a seção **Atividades de fechamento**, que propõe um conjunto diversificado de atividades para avaliação do processo de aprendizagem do estudante. Essa seção apresenta questões que abordam os assuntos trabalhados no capítulo, de modo complementar às questões da seção **Aplique e registre**. Há tanto questões autorais como aquelas provenientes do Enem e dos principais exames vestibulares do país, possibilitando o desenvolvimento de diferentes habilidades e competências pelo corpo discente.

As questões em si empregam diversas linguagens (gráficos, tabelas, textos citados, tirinhas etc.) e apresentam diferentes níveis cognitivos, tanto de baixa ordem, como entender e aplicar, quanto de alta ordem, como analisar, avaliar e criar, de acordo com a taxonomia de Bloom (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001). A escolha das atividades e o momento para sua realização devem ser avaliados pelo professor, considerando a realidade dos estudantes em sala de aula e as individualidades no processo de aprendizagem.

Ao final do último capítulo da unidade, encontra-se o quadro **Reflita sobre seu aprendizado!**, que oferece ao estudante a oportunidade de autoavaliar a aprendizagem do conteúdo desenvolvido na unidade, buscando identificar os aspectos que ainda precisam ser mais bem trabalhados. Mais do que a mera reflexão, é importante incentivar o estudante a registrar suas considerações e a compartilhá-las com os colegas e o professor, buscando estabelecer estratégias para resolução das lacunas de compreensão. Esse momento, além de propiciar o desenvolvimento de autonomia e protagonismo do estudante em relação à própria aprendizagem, pode ser entendido como uma das muitas possibilidades de avaliação continuada que fornecem subsídios à prática docente.

Cada unidade é encerrada com uma seção **Educação midiática**, que se apoia em algum tema abordado ao longo da unidade para desenvolver uma atividade relativa à alfabetização midiática e informacional (AMI). Para isso, parte-se da relação de um conteúdo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias com o universo midiático-informacional para, então, aprofundar conceitos de AMI e conceber um produto de mídia específico pautado no uso responsável, democrático, ético e crítico dos meios de comunicação. Aspectos da educação midiática também são trabalhados em algumas atividades das seções **Em Foco**, **Na prática** e **Atividades de fechamento**.

Nas páginas finais de cada volume, são apresentadas as respostas das atividades de múltipla escolha e as respostas de atividades que requerem cálculo. Para você, professor, apresentamos neste Suplemento as resoluções comentadas de todas as atividades das unidades.

Organização do Suplemento para o professor

Este Suplemento para o professor está organizado de modo que ofereça subsídios para o melhor uso da Coleção por meio de ferramentas, instruções e atividades que gerem melhoria na qualidade do processo de ensino-aprendizagem e contribuam com seu aprimoramento didático-pedagógico.

As Orientações gerais deste Suplemento exploram a proposta didático-pedagógica da Coleção e descrevem a organização do Livro do estudante e do Suplemento para o professor. Essa seção enfatiza a importância de atividades investigativas no ensino da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, apresenta e discute diferentes metodologias de ensino e explora diversas formas, possibilidades, recursos e instrumentos de avaliação que poderão ser utilizados ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

No início das Orientações específicas por unidade são apresentados: breve exposição da relevância das temáticas tratadas, contextualizando e justificando os conteúdos específicos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias que serão trabalhados na unidade e dando significado ao processo de aprendizagem; considerações sobre o texto e a imagem da Abertura; e respostas e comentários referentes às questões da seção **Pense nisso!** da Abertura.

Para cada capítulo, as Orientações específicas contemplam um texto que introduz os temas abordados e os seguintes tópicos: *Objetivos de aprendizagem*; *Por dentro da BNCC*, que apresenta a relação de competências gerais e habilidades, tanto da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias quanto das demais áreas do conhecimento, e dos TCTs mobilizados; *Sugestões didáticas*, com orientações e encaminhamentos sobre o conteúdo e as seções, comentários sobre como competências e habilidades da BNCC e TCTs estão contemplados, sugestões de abordagem interdisciplinar e indicação de estratégias que promovam o protagonismo discente e dinâmicas variadas em sala de aula; *Atividades complementares*, com o intuito de ampliar as opções didáticas; e *Resoluções e comentários*, que dialogam com o professor prevendo situações que podem surgir em sala de aula, discutindo caminhos para mediar as atividades e apresentando respostas esperadas e comentadas. Há ainda, sugestões de referências suplementares, como indicações de simuladores *on-line* e leituras adicionais voltadas para a área de educação em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, visando apoiar o trabalho com o conteúdo e as atividades propostas no Livro do estudante.

Ao final da unidade, em **Reflita sobre seu aprendizado!** é possível encontrar orientações sobre esta proposta de autoavaliação. São fornecidos também os comentários e respostas para as propostas de **Educação midiática**.

As **Atividades de fechamento** apresentadas em cada capítulo podem ser usadas como propostas de avaliação na verificação da aprendizagem dos estudantes para os principais conteúdos trabalhados.

Sugestões de uso da Coleção

No centro das mudanças do novo Ensino Médio, estão a ampliação do tempo mínimo de permanência do estudante na escola e a definição de uma nova organização curricular, mais flexível, que contempla a BNCC (formação geral básica) e oferece possibilidades de escolha aos estudantes, os itinerários formativos, com foco nas áreas de conhecimento e na formação técnica e profissional.

A flexibilização curricular demanda um material didático também flexível, que permita e apoie a implementação das mudanças e dos diversos arranjos curriculares. Nesse contexto, esta Coleção pode ser considerada um dos instrumentos de um projeto pedagógico nessa nova perspectiva, auxiliando no desenvolvimento de competências e habilidades preconizadas pela BNCC e tão necessárias aos jovens.

Cabe aos professores de Biologia, Química e Física, orientados pela coordenação pedagógica, estabelecer, nos respectivos volumes da Coleção, a ordenação dos conteúdos mais adequada e relevante para o projeto pedagógico da escola e o currículo do estado em que atua. Essa ordenação deverá levar em conta alguns aspectos, que abrangem desde características mais amplas, como a provável mudança na carga horária destinada às diferentes áreas do conhecimento, até aspectos mais particulares, como as diferenças de rendimento de uma turma para outra. Saber transitar por essas particularidades faz parte da excelência de um professor.

Pensando em um modo de auxiliar o trabalho dos professores na organização e em sua prática, apresentamos sugestões de abordagem e uso da obra, de acordo com algumas opções de estruturação de curso:

Unidades	Capítulos	Bimestres	Trimestres	Semestres
1. Universo, Terra e vida	1	1º	1º	1º
	2			
	3	2º		
	4		2º	
2. Energia e sustentabilidade	5	3º		2º
	6			
	7	4º	3º	
	8			
3. Água e alimentos	9	5º	4º	3º
	10			
	11	6º		
	12		5º	
4. Transformações e movimentos	13	7º		4º
	14			
	15	8º	6º	
	16			
5. Saúde humana	17	9º	7º	5º
	18			
	19	10º		
	20		8º	
6. Mundo tecnológico	21	11º		6º
	22			
	23	12º	9º	
	24			

As sugestões de uso da obra também admitem ordenação variada das unidades e dos capítulos. Essa ordenação deve ser adaptada de acordo com o projeto pedagógico da escola, o currículo regional e as características do grupo discente.

Pressupostos teóricos da Coleção

Esta Coleção assume os princípios norteadores preconizados pela BNCC considerando as especificidades da juventude atual. A obra é centrada na alfabetização científica e midiática por meio da abordagem da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade para permitir o desenvolvimento de aspectos da prática científica, da argumentação, da leitura inferencial e do pensamento crítico, baseados em fatos e informações confiáveis, obtidos em referências científicas (livros e artigos acadêmicos), universidades, órgãos governamentais, institutos de pesquisa e organizações internacionais (ONU, OMS e Unesco, por exemplo).

A Coleção objetiva ser um instrumento para fortalecer a formação intelectual do estudante, além de promover a reflexão sobre ações individuais e coletivas dos jovens, que resultem em propostas para minimizar os problemas contemporâneos e para interagir de forma ativa na sociedade, exercendo a cidadania.

Buscamos aprofundar elementos teórico-práticos para dialogar com você, professor, sobre o papel desta Coleção no contexto da alfabetização científica e midiática no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Aspecto teórico-metodológico na perspectiva da alfabetização científica

Os avanços científicos e tecnológicos são uma realidade atual e trazem implicações positivas e negativas para a sociedade. Diante desse contexto, a democratização do acesso ao conhecimento científico ocupa espaço fundamental na vida das pessoas, levando-as a compreender as questões científico-tecnológicas que as rodeiam e a intervir de modo responsável nas decisões que afetam o próprio meio. Nesse sentido, o desafio do ensino de Ciências é a formação dos estudantes em uma perspectiva de alfabetizá-los cientificamente.

Responder a esse desafio, em primeiro lugar, é resgatar a função social da educação em Ciências: formar para a cidadania. Esse conceito de cidadania está vinculado à concepção de democracia e à participação do indivíduo na sociedade (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Essa formação, portanto, implica fornecer aos estudantes subsídios para que possam "ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais" (BRASIL, 2018, p. 472).

Quando se resgata a educação científica comprometida com a cidadania, a alfabetização científica assume o papel de superar a reprodução de conceitos científicos destituídos de significados e de sentidos e levar em consideração a natureza do conhecimento científico e os impactos da Ciência e da Tecnologia na vida das pessoas. Para isso, os conteúdos específicos dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias são apresentados em uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, contemplando, portanto, as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Sasseron (2015) identifica, com base em análises de estudos internacionais, três eixos estruturantes da alfabetização científica, que foram considerados na idealização e construção desta obra:

- compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais – a importância deles reside na necessidade exigida na sociedade de compreender conceitos-chave a fim de entender as informações e as situações do dia a dia;
- compreensão da Natureza da Ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática – no cotidiano, sempre nos defrontamos com informações e conjuntos de novas circunstâncias que nos exigem reflexões e análises considerando o contexto. Tendo em mente a forma como as investigações científicas são realizadas, podemos encontrar subsídios para o exame de problemas do dia a dia que envolvem conceitos científicos ou conhecimentos advindos deles;
- entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – reconhecimento de que quase todo evento da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias. Tendo em mente o desejo de um futuro saudável e sustentável para a sociedade e o planeta.

Esses eixos da alfabetização científica estão permeados nesta obra. Os temas foram selecionados considerando essa articulação. As seções elaboradas também buscam promover os três eixos. A seção **Na prática** envolve os eixos "compreensão básica de termos e conceitos científicos" e "compreensão da natureza da Ciência e dos fatores que influenciam sua prática". Já a **Abertura** da unidade e as seções **Em foco**, **Trabalho e juventudes** e **Educação midiática** envolvem principalmente o "entendimento das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente".

Articulados a esse tripé da alfabetização científica, Trivelato e Silva (2011) ressaltam que, para o processo de ensino-aprendizagem em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, é necessário que o professor:

- reconheça a existência de concepções espontâneas (conhecimentos prévios) dos estudantes para vários conceitos que são trabalhados na escola;
- entenda que o processo de aprendizagem requer construção e reconstrução de conhecimentos;
- aproxime a aprendizagem de Ciências das características do trabalho científico, em que o estudante tenha possibilidade de propor questões, formular hipóteses, argumentar, buscar evidências, realizar investigações etc.;
- proponha a aprendizagem por meio de situações-problema relacionadas ao contexto sociocultural do estudante;
- reconheça o caráter social da construção do conhecimento científico;
- entenda o pluralismo que envolve o processo de ensino e aprendizagem em Ciências explorando diferentes metodologias.

Esses elementos também são incorporados na Coleção com o objetivo de auxiliar o professor nessa tarefa, trazendo questões para levantamento de conhecimentos prévios, situações-problema, relação entre Ciência e sociedade, autoavaliação do estudante e pluralismo de possibilidades metodológicas.

De modo geral, atendendo às recomendações dos documentos oficiais para a Educação Básica e inspirada nas pesquisas da área de ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a obra se pauta em elementos que buscam contribuir com a formação do estudante na perspectiva da alfabetização científica, por meio da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), como um caminho viável à formação dos cidadãos.

Contextualização e interdisciplinaridade no ensino de Ciências por meio da inter-relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade

A contextualização no ensino de Ciências não se limita a abordar determinados conceitos com base em temas do cotidiano dos estudantes, mas traça paralelos entre o cotidiano deles, permeado por conhecimentos de senso comum, e os conhecimentos científicos, a fim de que esses conhecimentos possam dialogar entre si e fazer sentido para os estudantes (LINSINGEN, 2010). Além disso, muitos estudos preconizam que a apropriação de conhecimentos científicos pelo estudante tenha como pano de fundo a sua participação crítica nas questões sociais, políticas, econômicas e ambientais que permeiam a sociedade atual. Santos e Schnetzler (2010) sinalizam a importância da participação dos estudantes como sujeitos inseridos no meio natural (âmbito científico), no meio artificialmente construído (âmbito tecnológico) e no meio social (âmbito social), de modo que tenham condições de avaliar e participar das decisões que interferem no próprio contexto. Dessa forma, o ensino de Ciências, com vistas à participação social, possibilita a formação cidadã dos jovens, favorecendo o amadurecimento de uma sociedade mais democrática.

Pensar o ensino de Ciências em uma perspectiva cidadã é pensar para além dos conhecimentos específicos isolados, sendo necessário articular esses conhecimentos com os aspectos da inter-relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Essa inter-relação é a base que vai constituir a educação CTS, defendida por pesquisadores da área de ensino de Ciências.

Auler (2007) aponta alguns objetivos importantes da educação CTS: desenvolver a capacidade e o interesse dos estudantes em relacionar Ciência com aspectos tecnológicos e sociais; discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da Ciência-Tecnologia (CT); possibilitar melhor compreensão da natureza da Ciência; formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados para capacitá-los a tomar decisões; desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual dos estudantes.

Buscando atender aos objetivos de uma educação CTS, Santos (2007) destaca a importância da contextualização com base em temas sociais e situações reais que, transversalmente, estejam articulados aos conceitos científicos. Nesse intento, entendemos que pensar a elaboração de materiais didáticos por meio da abordagem de temas relativos à sociedade é acreditar que assuntos, como saúde, alimentação e agricultura, recursos energéticos, indústria e tecnologia, ambiente, transferência de informação e tecnologia, ética e responsabilidade social, favorecem a assimilação, pelo estudante, dos processos biológicos, químicos e físicos envolvidos. Favorecem ainda e o debate sobre aplicações tecnológicas relacionadas ao tema, levando os estudantes à compreensão dos efeitos das tecnologias na sociedade, na melhoria da qualidade de vida das pessoas e nas suas decorrências ambientais.

Há, ainda, temáticas que envolvem questões controversas da Ciência, que podem favorecer uma discussão em sala de aula sobre diferentes pontos de vista baseados em argumentações coletivamente construídas. São temas que, além das questões sociais e políticas, englobam a ética e a moral, sendo chamadas de questões sociocientíficas (QSC). As QSC têm características controversas centradas na relação entre as inovações da Ciência e Tecnologia e seus impactos sociais. Em consonância, Silva (2016) afirma que "a riqueza em se abordar as QSC no contexto do ensino de Ciências está justamente em seu potencial problematizador e na valorização do pensar diferente. Não há uma resposta que seja correta.".

Embasadas nessas discussões, as unidades da Coleção são abordadas por meio de uma organização do conteúdo que permite o trabalho integrado entre conceitos científicos e temas de relevância social. Com isso, busca-se oferecer um conhecimento que seja significativo para professores, estudantes, família e comunidade. Atribuir sentido a esses conhecimentos é possibilitar aos indivíduos o exercício da cidadania.

A abordagem CTS representa ainda uma forma de promover o ensino interdisciplinar, como apontam Silveira, Santos e Chrispino (2019, p. 168), quando afirmam:

> Sabemos que CTS é um campo acadêmico interdisciplinar na sua essência e formado por diversas correntes de pensamentos unidos para divulgar os fatores humanos envolvidos no contexto científico-tecnológico. No ensino de Ciências, as abordagens das relações CTS aparecem como uma forma de trabalho interdisciplinar, trazendo novas possibilidades para a formação do cidadão consciente de suas ações.

Corroborando esse contexto, Bazzo, Linsingen e Pereira (2003, p. 125) afirmam:

> Os estudos CTS definem hoje um campo de trabalho recente e heterogêneo, ainda que bem consolidado, de caráter crítico a respeito da tradicional imagem essencialista da Ciência e da tecnologia, e de caráter interdisciplinar por convergirem nele disciplinas como a Filosofia e a História da Ciência e da tecnologia, a Sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a Economia da mudança técnica. Os estudos CTS

> buscam compreender a dimensão social da Ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais como de suas consequências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança.

A questão que surge é saber como a interdisciplinaridade se apresenta no âmbito da abordagem CTS. Partimos da ideia da que o conceito de interdisciplinaridade não é uma nova proposta pedagógica (POMBO, 2003). Tampouco há um consenso sobre esse conceito, tendo em vista a existência de várias definições, isto é, a interdisciplinaridade se apresenta como um conceito polissêmico (FEISTEL; MAESTRELLI, 2009).

Ao tratar da diversidade de ideias e definições do conceito de interdisciplinaridade, Lima e colaboradores (2018, p. 26) mencionam:

> Apesar de inúmeros enfoques concedidos ao termo interdisciplinaridade, por diversos teóricos, a compreensão parece ser comum a todos. Entretanto, essa compreensão está na necessidade de integrar os significados na construção desses saberes e perceber que eles se relacionam nesse conjunto de ideias. [...]

Nessa multiplicidade de definições, a Coleção se aproxima da definição proposta por Fazenda (2011, p. 34), que destaca que a interdisciplinaridade consiste essencialmente:

> [...] num trabalho em comum tendo em vista a interação das disciplinas científicas, de seus conceitos e diretrizes, de suas metodologias, de seus procedimentos, de seus dados e da organização de seu ensino.

Nesse sentido, a interdisciplinaridade envolve a colaboração e a reciprocidade entre os diferentes campos do saber, permitindo trabalhar os conteúdos com base em um ensino mais sistêmico que ajude os estudantes a pensar na totalidade de saberes e nos aspectos sociais e culturais envolvidos em sua produção.

Com base na abordagem CTS, portanto, a obra favorece o despertar de um olhar crítico dos estudantes, contribuindo para o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão perante situações reais e baseada em diferentes questões problematizadas na obra. A **Abertura** das unidades, por exemplo, possibilita a abordagem CTS e seu conteúdo fornece subsídios para que os estudantes compreendam a problemática, identifiquem e estabeleçam relações interdiciplinares e façam conexões com a sua realidade e atuem nela.

As temáticas selecionadas para a Coleção evidenciam as complexas relações entre CTS e articulam-se ao processo de ensino-aprendizagem para a superação de problemas das abordagens pedagógicas tradicionais, fragmentadas e tecnicistas na educação científica e tecnológica. Essas temáticas trazem a complexidade das questões contemporâneas relacionadas ao campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias de forma contextualizada interdisciplinar, prática e aplicada. As seções **Em foco**, **Trabalho e juventudes** e algumas atividades da seção **Atividades de fechamento**, particularmente, buscam transpor a temática trabalhada na unidade em questão para a realidade do estudante e incentivar a troca de ideias e a proposição de intervenção; por meio delas, o professor pode fazer articulações dos temas propostos com algumas questões sociocientíficas que emergem de alguns temas, promovendo a reflexão, a discussão e a argumentação dos estudantes.

A abordagem CTS contemplada na Coleção vai ao encontro da função social do ensino recomendada por pesquisadores da área de ensino de Ciências e dos documentos oficiais da Educação Básica, contribuindo, assim, para a formação da autonomia crítica do estudante e para sua participação no processo democrático de tomada de decisão.

A argumentação na perspectiva da alfabetização científica

A argumentação é reconhecida como uma competência essencial no ensino de Ciências, uma vez que emerge como uma prática central da atividade científica. Segundo Sasseron (2015), a argumentação em aulas de Ciências engloba mais do que apenas características linguísticas na forma de enunciar ideias; ela é um processo de avaliação de enunciados, análise de possibilidades, refinamento de explicações e justificativas. A argumentação, portanto, pode ser considerada um ato discursivo plural pelo qual um indivíduo, ou grupo de pessoas, busca evidenciar determinado fenômeno, por meio da emissão de alegações, que devem ser amparadas por justificativas e outros elementos, conferindo-lhes validade perante determinada audiência (FERRAZ; SASSERON, 2017).

Em um artigo de revisão sobre a argumentação em situações de ensino, Erduran (*in* ERDURAN *et al.*, 2007) destaca potenciais contribuições da argumentação no processo de ensino-aprendizagem, como o desenvolvimento de habilidades comunicativas e do pensamento crítico e a colaboração da alfabetização científica. Assim, percebe-se que a competência argumentativa é um instrumento essencial para a mediação de conflitos e o pensamento crítico, habilidades desejáveis no mundo do trabalho e para a construção de consensos necessários para a vida em sociedade.

Nesse cenário, o desenvolvimento da competência de argumentação pelos estudantes é fundamental para auxiliá-los na passagem do senso comum para o saber científico, ou seja, constitui um meio de realização da alfabetização científica (PEZARINI; MACIEL, 2018). O propósito da prática argumentativa no ensino de Ciências, portanto, está na promoção de um processo de ensino-aprendizagem que, de fato, contribua para a formação cidadã, subsidiando a construção do conhecimento científico e da alfabetização científica.

Nesse contexto em que se almeja o desenvolvimento da prática argumentativa, o papel do professor é fundamental para gerar e gerenciar as interações discursivas entre os estudantes e para estabelecer um espaço interativo de argumentação colaborativa (BERLAND; HAMMER, 2012). Essa mediação pode ser incrementada por meio da utilização de perguntas, cujo objetivo é melhorar e avançar nas atividades argumentativas (MACHADO; SASSERON, 2012).

Ancorada nos pressupostos da alfabetização científica, a Coleção também propicia oportunidades para a prática argumentativa. Em vários momentos, busca-se contribuir com a construção de argumentos pelo estudante, a análise da estrutura e da qualidade de argumentos produzidos em diferentes contextos, a avaliação da credibilidade das informações recebidas e a tomada de decisões justificadas e fundamentadas com base em evidências.

A importância das práticas investigativas para a alfabetização científica

As aulas práticas e investigativas no ensino de Ciências têm importância indiscutível. Algumas principais funções das aulas práticas reconhecidas na literatura do ensino de Ciências sintetizadas por Myriam Krasilchik (2004) são:

- despertar e manter o interesse;
- envolver-se em investigações científicas;
- desenvolver a capacidade de resolver problemas;
- compreender conceitos básicos;
- formular, elaborar métodos para investigar e resolver problemas individualmente ou em grupo;
- analisar cuidadosamente resultados e significados de pesquisas, voltando a investigar caso ocorram contradições conceituais;
- compreender as limitações do uso de um pequeno número de observações para gerar conhecimento científico;
- distinguir observação de inferência, comparar crenças pessoais com compreensão científica e compreender as funções que estas exercem na Ciência;
- compreender como são elaboradas e testadas hipóteses e teorias.

Embora reconheçamos a existência de fatores limitantes para a proposição de aulas práticas na Educação Básica, como ausência de laboratório, indisponibilidade de tempo para preparação, falta de equipamentos etc., algumas atividades práticas propostas nesta Coleção são suficientes para proporcionar o contato direto com fenômenos, identificar questões de investigação, organizar e interpretar dados, entre outras finalidades. Nas Orientações específicas deste Suplemento, há exemplos de práticas investigativas complementares que podem ser propostas pelo professor.

É fundamental que o professor esteja atento às ações e às aprendizagens dos estudantes para identificar se eles realmente estão vivenciando uma experiência investigativa. Sasseron e Carvalho (2008) apresentam um conjunto de indicadores que podem ser utilizados pelo professor para acompanhar a interação dos estudantes com as atividades práticas, tendo a função de mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a alfabetização científica em processo de construção entre os estudantes, particularmente em práticas investigativas. Esses indicadores são algumas competências próprias das Ciências e do fazer científico e estão organizados em três grupos:

1º grupo – incorpora as ações desempenhadas nas tarefas de **organizar**, **classificar** e **seriar** os dados obtidos em uma investigação;

2º grupo – engloba dimensões relacionadas à estruturação do pensamento. São dois os indicadores desse grupo: o **raciocínio lógico** compreende como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e a relação direta entre elas e a exposição do pensamento; e o **raciocínio proporcional** ilustra a interdependência que pode existir entre as variáveis;

3º grupo – mais diretamente associados à procura do entendimento da situação analisada, os indicadores deste grupo devem surgir em etapas finais das discussões, uma vez que se caracterizam pelo trabalho com as variáveis envolvidas no fenômeno e a busca por relações capazes de descrever as situações para aquele contexto e outros semelhantes. Fazem parte deste grupo os seguintes indicadores da alfabetização científica: **levantamento de hipótese**, **teste de hipótese**, **justificativa**, **previsão** e **explicação**.

É importante que o professor investigue durante os diálogos, as atividades práticas e outros momentos da prática pedagógica se esses elementos estão presentes. Em caso negativo, é preciso reforçar a necessidade do uso deles durante momentos de reflexão coletiva e na condução de novas práticas. Alguns questionamentos que podem direcioná-los são: "Os estudantes estão levantando e testando hipóteses?", "Apresentam diálogos que permitem verificar um raciocínio lógico e proporcional entre as variáveis encontradas?", "Justificam as conclusões com base nos dados?", "Executam as tarefas de organizar e seriar os dados?".

O professor deve estar atento aos procedimentos na preparação de atividades experimentais. Nesta obra, as atividades são pensadas de maneira que os estudantes não sejam expostos a riscos físicos; o cuidado em requerer materiais de baixo custo também foi uma preocupação na Coleção. Além da segurança, há precaução com o fator ambiental, indicando-se sempre a maneira correta de descarte. Também não são propostas atividades de aulas práticas com manipulação, dissecção, coleta e vivissecção de animais, tendo em vista que elas somente são permitidas em instituições de Ensino Superior ou instituições de Ensino Médio Técnico na área Biomédica e que tenham Comitê de Ética e Pesquisa com uso de animais (Ceua) regulamentado (ver legislação disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11794.htm e https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=77042. Acessos em: 14 set. 2024).

Em algumas propostas de atividades práticas apresentadas na Coleção, busca-se levar os estudantes a refletir sobre problemas específicos (como os de caráter experimental) que podem ser resolvidos ou minimizados, desafiando-os a pensar cientificamente.

> [...] Utilizar experimentos como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações. (CARVALHO *et al.*, 1999)

Com isso, cria-se um ambiente intelectualmente ativo, pois o exercício do pensamento científico possibilita a aplicação posterior dessa habilidade também em diferentes aspectos da vida e na construção da visão de Ciência, Tecnologia, Sociedade e ambiente.

As aulas com práticas de investigação podem ser abordadas em forma de aulas práticas experimentais, construção de modelos, simulações e trabalhos de campo.

Carvalho (2006) classifica a atuação do professor e dos estudantes em diferentes níveis de envolvimento com uma atividade investigativa e propõe uma graduação para estudar o que chama de grau de liberdade que os professores oferecem aos estudantes.

Graus de liberdade do professor (P) e do aluno (A) em aulas práticas

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
PROBLEMA	P	P	P	P	A/P
HIPÓTESES	P	P/A	P/A	P/A	A
PLANO DE TRABALHO	P	P/A	A/P	A	A
OBTENÇÃO DE DADOS	P	A/P	A	A	A
CONCLUSÃO	P	A/P/ CLASSE	A/P/ CLASSE	A/P/ CLASSE	A/P/ SOCIEDADE

No grau I, somente o professor participa da aula prática enquanto os estudantes apenas assistem a ela e assumem um papel passivo.

A partir do grau II, é possível encontrar diferentes enfoques de acordo com o nível de participação dos estudantes. Nesse nível de liberdade, o professor propõe o problema, enquanto a elaboração de hipóteses e o plano de trabalho são realizados pelos estudantes, ainda que sob a orientação do professor. O registro dos dados é realizado pelos estudantes sob a orientação do professor, e a conclusão pode ser elaborada pelos estudantes, mas apresentada e discutida por toda a turma, ressaltando a necessidade da divulgação do conhecimento, assim como ocorre na Ciência.

Já no grau III, o professor apresenta um problema e constrói hipóteses com os estudantes, mas cabe a estes, em grupos, pensar em planos de trabalho para coletar os dados. Eles podem discutir com o professor, mas permanecem autônomos para o processo de obtenção dos dados, que pode então ser realizado de diversas formas. No fim, os dados levantados e o processo adotado são apresentados para a turma.

O grau IV se diferencia do anterior pelo fato de o plano de trabalho para testar hipóteses ser feito inteiramente pelos estudantes, exigindo habilidades de planejamento, organização, classificação e seriação. No final, o detalhamento do plano e os dados obtidos com ele são apresentados para a turma e para o professor.

O grau de liberdade V é o nível mais avançado. O professor motiva os estudantes, geralmente em grupos, a pensar e elaborar questões-problema com base na realidade. Uma vez definida a questão a ser investigada, caberá ao grupo elaborar uma hipótese e um plano de trabalho, organizando e realizando o processo de obtenção dos dados, que deverão ser apresentados, ao final, ao professor, à turma e à sociedade, por exemplo, por meio de feiras de Ciências. Esse grau de liberdade conta com o professor como facilitador e orientador e é mais apropriado para as etapas finais do Ensino Médio ou até para o Ensino Superior.

É recomendável proporcionar diferentes graus de liberdade nas práticas investigativas no Ensino Médio. O professor pode utilizar esse quadro para se inspirar, considerando adaptações no formato das atividades práticas já propostas no Livro do estudante, dependendo da maturidade da turma e das condições de ensino.

Algumas atividades propostas na seção **Na prática** podem ser classificadas como de grau II, pois são estruturadas e fornecem o procedimento a ser conduzido. Elas deixam para os estudantes tarefas como o levantamento de hipóteses, a análise e a discussão de dados e a elaboração de conclusões.

Se a turma já tiver vivenciado outras atividades investigativas e desenvolvido certa maturidade em relação a essas práticas, é possível adaptar as atividades do Livro do estudante, tornando-as de grau III e IV. Pode-se, por exemplo, apresentar apenas a questão-problema, deixando a cargo do corpo discente o levantamento de hipóteses e o desenho experimental adequado para resolver o problema com base no conteúdo conceitual estudado, exercendo habilidades de seriação de etapas, raciocínio lógico e resolução de problemas. A possibilidade da vivência de diferentes graus ajuda a criar novos desafios para que os estudantes passem da manipulação para a discussão, a argumentação, os registros, a organização das apresentações e a relação com o conteúdo teórico da unidade, exercitando assim o protagonismo.

O professor assume papel fundamental nesse processo ao propor novos problemas, acompanhar as discussões, promover novas oportunidades de reflexão, motivar, desafiar e estimular a argumentação. Desse modo, ele se torna um orientador da aprendizagem dos estudantes, auxiliando-os na articulação entre o senso comum e o saber científico. Na abordagem integrada das diferentes Ciências da Natureza, o professor também tem o papel de problematizar com os estudantes a articulação das diferentes ciências na produção de conhecimento.

Segurança nas atividades práticas

Seja em um laboratório equipado, seja na sala de aula, as atividades práticas representam situações que podem envolver riscos – à integridade física e à saúde das pessoas, de forma direta ou indireta, ao ambiente. Nesta Coleção, oferecemos maneiras de minimizá-los: eliminamos reagentes tóxicos, adequamos materiais e procedimentos e reduzimos as quantidades envolvidas. Outra medida fundamental é o uso de avental (ou jaleco) e óculos de segurança em todas as atividades. Ainda que esses equipamentos possam parecer, à primeira vista, dispensáveis, o uso constante colabora para a construção de uma cultura de segurança no laboratório. Os estudantes devem ter pleno domínio do trabalho a ser executado; para isso, oriente-os a revisar todo o procedimento antes de executá-lo, evitando ações mecânicas e irrefletidas.

No Livro do estudante, a orientação sobre segurança é reforçada nos quadros *Atenção*, sobretudo na seção **Na prática**.

O pensamento computacional e o ensino de Ciências da Natureza

Pensamento computacional é uma estratégia de como pensar e desenvolver resoluções para um problema. De fato, a técnica leva inclusive à elaboração de soluções que não são únicas para o problema em questão e que também podem ser aplicadas a outros problemas parecidos. O conceito de pensamento computacional pode ser aplicado em qualquer área do conhecimento e provavelmente é utilizado de forma inconsciente por muitas pessoas no dia a dia. No entanto, estar consciente dessa estratégia é benéfico por permitir consistentemente o enfrentamento de problemas grandes e complexos e a obtenção de boas soluções.

No artigo "Pensamento computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar", escrito por Jeannette Wing e publicado em 2006 (p. 1-10), a autora dá alguns exemplos da presença de elementos do pensamento computacional no cotidiano:

> Quando sua filha vai para a escola pela manhã, ela coloca em sua mala as coisas que precisará para o dia – isso é *prefatching* e *caching*. Quando seu filho perde suas luvas, você sugere que ele refaça seus passos – isso é *backtracking*. Em que ponto você para de alugar esquis e compra seu próprio? – isso são *algoritmos on-line*. Em qual fila do mercado você fica? – isso é *modelagem de performance para sistemas multisservidores*. Por que seu telefone continua funcionando mesmo com falta de energia? – isso é *independência de falha* e *redundância de projeto*.

Para Wing (2011 *apud* ANDRÉ, 2018), favorecer o pensamento computacional tem como principal função formar pessoas capazes não apenas de identificar as informações, mas principalmente de produzir artefatos com base na compreensão de conceitos e utilizá-los para enfrentar desafios e refletir sobre seu cotidiano. André (2018) também traz outro pressuposto importante relacionado ao pensamento computacional: fazer com que estudantes e professores desenvolvam a competência de pesquisar, isto é, de aprender de forma independente e

autônoma sobre um tema ou um procedimento que não conhecem, usando *sites*, bibliotecas e ambientes virtuais, ao mesmo tempo que discutem com outros indivíduos os resultados encontrados. Dessa forma, o pensamento computacional se alinha aos processos e às práticas científicas, sendo também considerado um meio para alcançar a alfabetização científica.

O pensamento computacional pode ser aplicado na análise e na resolução de problemas por meio de quatro pilares:

- **Decomposição:** consiste em dividir um problema em problemas menores e mais simples, para facilitar sua compreensão e resolução. Assim, um problema complexo pode ser resolvido em partes menores, com estratégias e abordagens diversas, facilitando o planejamento de recursos, esforços e tempo necessários para solucioná-lo.
- **Reconhecimento de padrões:** ocorre ao identificar similaridades entre problemas, para que a mesma estratégia possa ser replicada, agilizando a resolução.
- **Abstração:** ocorre ao analisar e classificar os dados de um problema, selecionando as informações relevantes à resolução e descartando os dados desnecessárias.
- **Algoritmo:** sequência ordenada de passos para realizar uma tarefa ou conjunto de instruções que leva à solução de um problema. Os algoritmos permitem resolver problemas de forma sistemática e, às vezes, são usados para automatizar as soluções.

Dessa maneira, o pensamento computacional permite lidar com problemas complexos e variados, além de criar estratégias que podem ser aplicadas a outros tipos de problema de mesma natureza fazendo pequenos ajustes. Vale destacar que, dependendo do problema, nem todos os pilares serão necessários na resolução.

Segundo André (2018, p. 105),

> Nas atividades propostas na escola consideramos sempre que a melhoria da aprendizagem dos alunos passa pelo pensamento computacional. Devemos então considerar atividades práticas como situações que possibilitem aprendizagem significativa dando condições para que os alunos possam:
>
> - formular questões acerca de sua realidade e dos fenômenos que vivenciam;
> - elaborar hipóteses sobre essa realidade e esses fenômenos e testá-las, orientando-se por procedimentos planejados;
> - interagir com seus colegas em um ambiente coletivo e propício ao debate de ideias e ao desenvolvimento da capacidade de argumentação através do confronto de suas opiniões.

Segundo esse autor, o pensamento computacional pode ser aplicado a uma imensa gama de artefatos, incluindo: sistemas, processos, objetos, algoritmos, problemas, soluções, abstrações e coleções de dados ou informações.

O planejamento de uma ampla série de atividades desta Coleção pretendeu possibilitar situações cognitivamente desafiadoras para os estudantes, valorizando suas ideias iniciais e as representações sobre os temas propostos.

Nos últimos anos, as concepções a respeito do pensamento computacional passaram por profundas modificações que permitiram aproximar essa proposta ao dia a dia do estudante, ou seja, ao seu mundo real, tornando-a cada vez mais presente e concreta.

Diversas atividades propostas nesta Coleção buscam desenvolver o pensamento computacional por meio de diferentes processos cognitivos (analisar, compreender, definir, comparar etc.). A seção **Atividade comentada**, como estratégia de estudo, explora de forma sistemática alguns pilares do pensamento computacional. A seção **Na prática** e algumas **Atividades de fechamento** também possibilitam a aplicação dos pilares na busca de soluções.

Alfabetização midiática: do acesso à criação de mídias

Além de explorar linguagens, conteúdos conceituais, práticas investigativas e relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, a BNCC destaca o reconhecimento das potencialidades das tecnologias digitais para o ensino, as práticas sociais e o mundo do trabalho. Desse modo, nas diferentes áreas, são definidas competências e habilidades que permitem aos estudantes:

> - **buscar dados e informações** de forma crítica nas diferentes mídias, inclusive as sociais, **analisando as vantagens** do uso e da evolução da tecnologia na sociedade atual, como também seus riscos potenciais;
> - apropriar-se das **linguagens da cultura digital**, dos novos letramentos e dos multiletramentos para explorar e produzir conteúdos em diversas mídias, ampliando as possibilidades de acesso à Ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho;
> - **usar diversas ferramentas** de *softwares* e aplicativos para compreender e **produzir conteúdos em diversas mídias**, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática; e
> - **utilizar, propor e/ou implementar soluções** (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o **raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade**.
>
> (BRASIL. 2018, p. 472)

O surgimento das mídias digitais interativas, como as redes sociais, os buscadores e outras plataformas colaborativas, marca a origem da *Web* 2.0, que caracteriza o alto grau de interatividade, colaboração, produção, uso e consumo de conteúdo pelos próprios usuários (MARTINO, 2014). Inicialmente, o acesso à internet estava restrito aos computadores de mesa, que foram dando espaço para os *notebooks* até chegar o tempo dos *smartphones*. Vivemos, então, em um mundo no qual as mídias parecem ser onipresentes (ARROIO, 2017), mas nem sempre todas as suas potencialidades são utilizadas em contextos escolares.

O fato de a realidade digital ser extremamente dinâmica exige constantes processos de formação e atualização. Diante disso, esta Coleção e este Suplemento buscam apresentar possibilidades aos professores e aos estudantes para superar eventuais barreiras no uso das tecnologias digitais. Os professores devem construir uma relação de parceria e trocas com os estudantes nessas circunstâncias, pois, como a maioria dos jovens atuais nasceu em um contexto em que essas tecnologias já estavam presentes, eles próprios podem trazer novas ideias para uso e produção.

As propostas da BNCC sobre o uso de mídias e tecnologias se articulam com o documento **Alfabetização midiática e informacional: diretrizes para a formulação de políticas**

e estratégias, publicado em 2011 pela Unesco (WILSON *et al*., 2013). De acordo com os autores desse documento, a alfabetização midiática e informacional (AMI) relaciona-se diretamente com o usufruto do direito à liberdade de expressão. Seguindo essa perspectiva de alfabetização midiática, Klosterman, Sadler e Brown (2012) pesquisaram o uso dos meios de comunicação de massa na resolução de problemas socio-científicos em escolas estadunidenses. Nessa investigação, os autores se basearam nos fundamentos da alfabetização midiática e adaptaram categorias, conforme o emprego dado à mídia por professor e estudantes ao longo das atividades. As categorias de uso de mídia propostas foram:

- acesso – acessar fontes de mídia e indicar possibilidades de recontextualização na escola;
- análise – determinar o autor da mídia, o público-alvo, a intencionalidade das mensagens e dos conteúdos veiculados;
- avaliação – julgar o valor da fonte em termos de acurácia, conteúdo científico, credibilidade, adequação, relevância e usabilidade;
- criação – elaboração de mídias impressas e audiovisuais na escola.

Os autores definem que essas quatro categorias são igualmente importantes nas práticas educativas, mas a categoria com maior demanda cognitiva é a criação. Um professor que planeja promover abordagens de criação de mídia com os estudantes permite que eles aprendam por meio da exploração e da ação, além de lhes possibilitar liberar a criatividade e se expressar por meio das próprias vozes, ideias e perspectivas (WILSON *et al.*, 2013).

Com base nesses pressupostos, o trabalho com mídias perpassa esta obra e busca explorar as quatro categorias estabelecidas por Klosterman, Sadler e Brown (2012) por meio de determinadas atividades das seções **Em foco**, **Trabalho e juventudes** e **Atividades de fechamento** e, sobretudo, pela seção **Educação midiática**. Essas atividades trazem propostas de criação e divulgação de materiais relevantes ao contexto local e regional dos estudantes e, em sua maioria, demandam o uso de diferentes tecnologias de informação e comunicação (TICs).

As propostas da seção **Educação midiática**, em particular, demandam estudos de artefatos de mídia, o que inclui, por exemplo, a **identificação** e a **análise** de suas características, pesquisa adicional sobre aspectos desses artefatos e **avaliação** da qualidade das fontes de informação. Não raro, os artefatos a serem avaliados necessitam do acesso às respectivas fontes de mídia.

A integração de práticas de alfabetização midiática e de alfabetização científica no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias pode estimular o pensamento crítico, com base no conteúdo trabalhado, e a potencialidade de melhoria de ações na sociedade. Com isso, processos de liberdade de expressão e justiça social são fortalecidos, empoderando estudantes e professores para desenvolver mensagens e protagonismo por meio de produções midiáticas apoiadas no pensamento científico, em fontes seguras e em ações fundamentadas no conhecimento.

A leitura inferencial como objeto de conhecimento

Fazer leitura inferencial significa construir sentido com o texto, deduzir informações com base nele e nos conhecimentos prévios do leitor. Solé (1998) define o ato de ler como:

> Ler é compreender e que compreender é sobretudo um processo de construção de significados sobre o texto que pretendemos compreender. É um processo que envolve ativamente o leitor, à medida que a compreensão que realiza não deriva da recitação do conteúdo em questão. Por isso, é imprescindível o leitor encontrar sentido no fato de efetuar o esforço cognitivo que pressupõe a leitura, e para isso tem de conhecer o que vai ler e para que fará isso.

Leitura inferencial é, portanto, um processo mental que requer competências:

- interpretativas: o leitor faz generalizações, prevê fenômenos e faz suposições acerca do conteúdo;
- dedutivas: o leitor lê nas entrelinhas, conecta ideias do texto para obter conclusões que não estão diretamente expressas no texto.

A indicação da leitura inferencial nos componentes curriculares que compõem a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias justifica-se, principalmente, pela **competência geral 2** definida pela BNCC – **Pensamento científico, crítico e criativo** –, com base na qual se espera que o estudante precise

> [...] exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2018).

Para extrair inferências de um texto, é importante ter em conta os seguintes passos:

- identificar as ideias principais no texto;
- efetuar suposições em torno das ideias implícitas no texto com base nas existentes;
- reler para constatar a inferência feita (a informação que valida a inferência se converte em sua fundamentação correspondente).

Com base no trabalho de Vargas (2012), esta Coleção busca apresentar uma diversidade de tipos de abordagem para o trabalho com textos, explorando aspectos linguístico-discursivos cruciais para a construção da leitura e exigindo um trabalho cognitivo e de interação dos conhecimentos dos estudantes com os textos; nesse processo, os estudantes são considerados produtores de significados e não meros reprodutores do texto. As abordagens previstas possibilitam aos estudantes estabelecer relações entre o que eles já sabem e o conteúdo dos textos lidos, para então construir interpretações consistentes, o que mobiliza a identificação de elementos explícitos no texto, o estabelecimento de relações entre eles e inferência ou extração de ideias. Nas Orientações específicas deste Suplemento, oferecemos alguns direcionamentos para conduzir essas atividades.

Para auxiliar nessa tarefa, sugerimos a leitura do livro **35 estratégias para desenvolver a leitura com textos informativos** (MOSS; LOH, 2012). Apresentamos, a seguir, de forma resumida, três dessas estratégias que podem auxiliar no processo de leitura inferencial, tanto nas oportunidades oferecidas pela Coleção quanto em outros textos da vida cotidiana dos estudantes, como matérias impressas ou digitais de jornais e revistas de grande circulação:

- estratégia A – **marcar páginas com organizadores adesivos**: ajuda os jovens a ler com objetivos específicos em mente. Cada estudante recebe quatro marcadores adesivos. No primeiro,

eles vão marcar um ponto de exclamação (!) para as partes mais importantes e/ou interessantes do texto. O segundo, que deve ser identificado com um "V", é para vocábulos que precisam ser bem discutidos; o terceiro, identificado com um ponto de interrogação (?), é para trechos aparentemente confusas do texto; e o quarto, identificado com a letra (I), deve ser usado para indicar um elemento ilustrativo (desenho, mapa, tabela, gráfico) que os ajudaram a inferir melhor o significado que o autor pretende transmitir no texto;

- estratégia B – **guia de discussão**: possibilita uma leitura crítica buscando entender o que está por trás da informação. Nesse caso, a atividade deve ser feita em grupo e se basear no preenchimento de um guia com base na leitura do texto. Esse guia deve conter quatro novos aprendizados, três comentários e/ou opiniões, duas perguntas e um tópico que precisa de um exame mais aprofundado por meio de novas leituras;
- estratégia C – **cartão de comentário**: reunidos em grupos e com base em uma leitura, preferencialmente de um tema controverso, os estudantes devem receber uma folha de papel A4 e dividi-la em quatro partes. Nessas partes, devem escrever: um comentário, uma surpresa, uma pergunta e uma observação. As folhas podem então ser coladas uma a uma em um painel. Alternativamente, pode-se dividir a lousa ou o mural em quatro partes e reunir em um único quadrante todas as percepções dos estudantes referentes a comentários; em outro, sobre as surpresas; e assim por diante. Outros tipos de cartão de comentário podem ser criados dependendo das características do texto trabalhado. Uma sugestão é a divisão em: "Concordo", "Concordo com ressalvas", "Discordo" e "Preciso de mais informações para me posicionar".

O jovem do Ensino Médio como protagonista

Para Costa (2000),

> [...] o protagonismo juvenil parte do pressuposto de que o que os adolescentes pensam, dizem e fazem pode transcender os limites de seu entorno pessoal e familiar e influir no curso dos acontecimentos na vida comunitária e social mais ampla. (COSTA, 2000)

Ou seja, trata-se de um olhar que reconhece o potencial criador e transformador do jovem em sua atuação no mundo.

A escola assume papel fundamental no desenvolvimento desse protagonismo, pois é nesse local que se torna possível a articulação entre os saberes que os jovens trazem de suas vivências e os saberes teóricos e conceituais que são desenvolvidos na prática pedagógica.

Pensar em protagonismo, portanto, é uma mudança de paradigma que, além de posicionar o jovem no centro do processo de aprendizagem, coloca-o como cocriador do próprio processo, e não somente como um receptor de conteúdo.

A revista **Nova Escola** publicou, em 2013, um número especial intitulado "O que os jovens de baixa renda pensam sobre a escola". A apuração feita naquela edição revelou, entre outros aspectos, que esses jovens não viam sentido em muitos dos conteúdos ensinados e reclamavam da falta do uso de tecnologias na escola. A publicação indicou também que o jovem não se sentia pertencente ao ambiente escolar, por isso não via propósito no que aprendia, além de perceber a distância entre a vida real (baseada na tecnologia) e a rotina escolar.

Com o intuito de aproximar o conteúdo estudado na escola das realidades dos estudantes, a Coleção contempla temáticas sugeridas pelo TCTs e busca ser parceira do professor, na medida em que sugere abordagens apropriadas ao desenvolvimento do protagonismo juvenil associado às competências gerais e às habilidades e competências específicas da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias. E várias temáticas trabalhadas na obra dialogam com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, favorecendo a atribuição de sentido às aprendizagens dos estudantes por sua vinculação aos desafios da realidade mundial, regional e local.

Coerente com essa perspectiva, em vários momentos a obra busca viabilizar o acesso dos estudantes às bases científicas e tecnológicas dos processos de produção do mundo contemporâneo, articulando o conhecimento teórico à resolução de problemas da sua realidade.

O quadro **Reflita sobre seu aprendizado!** é também um exemplo de estímulo ao protagonismo juvenil. Por meio dos questionamentos "O que você aprendeu acerca dos assuntos abordados nesta unidade?" e "O que mais você gostaria de saber sobre os conteúdos abordados nesta unidade?", por exemplo, os estudantes são convocados a refletir sobre experiências e aprendizagens desenvolvidas ao longo do estudo da unidade. Eles também são incentivados a aprofundar a temática a fim de privilegiar suas necessidades e seus interesses. Essa é uma estratégia de conscientização para que o estudante continue aprendendo e aprimorando seus conhecimentos.

A BNCC deixa explícito que enxergar o estudante como protagonista pressupõe também valorizar sua bagagem pessoal e cultural, ou seja, seus conhecimentos prévios. Admite ainda seu envolvimento em processos de discussão, decisão, desenho e execução de ações porque, conforme expõem Costa e Vieira (2000), o protagonismo juvenil reconhece que a participação dos jovens pode gerar mudanças decisivas na realidade social, ambiental, cultural e política em que estão inseridos.

Com o intuito de atender também a essas demandas, a Coleção reservou espaços que valorizam a voz do estudante. O quadro **Pense nisso!**, por exemplo, diz respeito às questões de levantamento de conhecimentos prévios sobre o conteúdo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essa ferramenta auxilia o docente em seu planejamento, respeitando as especificidades de cada turma e de cada estudante. A utilização dessa estratégia se justifica porque a aprendizagem significativa está associada à capacidade do estudante de relacionar o que já sabe sobre determinado assunto com o que está aprendendo, e assim estabelecer conexões. No entanto, o professor não deve se limitar a esse quadro para mapear os conhecimentos dos estudantes. É fundamental que tenha em mente que a natureza (procedimental, conceitual, factual ou atitudinal) do conteúdo também determina a maneira como o levantamento de conhecimentos prévios pode ser conduzido, por exemplo, por meio de desenhos e esquemas representativos, rodas de conversa, produções de texto, análises de casos e situações, encenações e dramatizações, desafios de lógica, entre outros.

Em determinadas atividades, os estudantes são incitados a atuar de modo responsável e consciente nas diferentes esferas: social, política, cultural, ambiental. De acordo com essa perspectiva, eles são conduzidos a aprender a estruturar argumentos adequadamente embasados que justifiquem suas ideias e a avaliar informações a que são expostos dentro da temática. Ao saber utilizar argumentos, os estudantes podem extrapolar os muros da sala de aula, mobilizando esse conhecimento para resolução de problemas diários.

Ressignificando o papel do professor e sua prática pedagógica

A nova configuração do Ensino Médio prevê não apenas que os estudantes assumam o protagonismo do seu processo de formação, como também exige uma mudança no papel do professor, o que já vem acontecendo há algum tempo na educação, desde que seu eixo central passou do ensino (centralizado na figura de autoridade do professor) para a aprendizagem (focada na figura do estudante produtor de conhecimento). O Ministério da Educação, nos anos 2000, propôs uma formação, nos cursos de Ensino Superior, mais condizente com os desafios do mundo atual:

> [...] Dentre as exigências que se colocam para o papel docente destacam-se:
>
> - orientar e mediar o ensino para a aprendizagem dos alunos;
> - responsabilizar-se pelo sucesso da aprendizagem dos alunos;
> - assumir e saber lidar com a diversidade existente entre os alunos;
> - incentivar atividades de enriquecimento curricular;
> - elaborar e executar projetos para desenvolver conteúdos curriculares;
> - utilizar novas metodologias, estratégias e materiais de apoio;
> - desenvolver hábitos de colaboração e trabalho em equipe. (BRASIL, 2000)

Há, portanto, uma mudança de paradigma tanto do papel docente, que vem buscando ocupar esse espaço de facilitador do processo de aprendizagem, compartilhando a autoridade desse processo, quanto do estudante, que busca sair do papel de cumpridor de tarefas para alguém que faz proposições e é ouvido de fato.

Costa (2001) afirma que a verdadeira relação educador-educando

> [...] baseia-se na reciprocidade, entendida como interação na qual duas presenças se revelam mutuamente, aceitando-se e comunicando uma à outra, uma nova consciência, um novo conteúdo, uma nova força, sem que, para isto, a originalidade inerente a cada um seja minimante posta em causa.

Trata-se, portanto, de um equilíbrio dialógico entre os dois papéis, o do professor e o do estudante, ambos com exigências e paradigmas novos para lidar. Nesse cenário, a colaboração tende a ser um caminho de crescimento e desenvolvimento mais fluido e eficaz.

Para repertoriar os docentes com ferramentas capazes de estabelecer essa colaboração na aprendizagem, trazemos sugestões de **metodologias ativas**, que também favorecem o desenvolvimento de competências e habilidades preconizadas pela BNCC.

Metodologias ativas

A essência do termo **metodologia ativa** não se constitui em algo novo. Encontramos menções à importância da ação e da experiência para a aprendizagem em Dewey (1950), Freire (2009), Rogers (1973), Novak e Gowin (1999). O estadunidense John Dewey (1859-1952), por exemplo, em seu ideário da Escola Nova, já defendia que a aprendizagem ocorre pela ação, colocando o estudante no centro dos processos de ensino e de aprendizagem. Portanto, é no contexto de crise enfrentada pela escola tradicional e conteudista que as metodologias ativas encontram um ambiente oportuno para serem consideradas nas práticas pedagógicas dos professores.

De acordo com Bacich e Moran (2018, p. 25) as

> [...] metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem [...] ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor.

Diesil, Baldez & Martins (2017) identificam que os princípios que constituem essa abordagem de ensino são: estudante como centro do ensino-aprendizagem; professor como mediador, facilitador, ativador; inovação; trabalho em equipe; problematização da realidade; reflexão e autonomia.

Nessa perspectiva, o uso das metodologias ativas requer uma mudança de postura do professor e do estudante para que ressignifiquem seus papéis, como pode ser observado no quadro a seguir.

Características que professores e estudantes assumem em dois contextos de ensino

	Papel do professor	Papel do estudante
Ensino tradicional	Transmissor do conhecimento e centro do processo	Receptor passivo da informação
	Trabalho individual e por disciplina	Participa isoladamente do processo
	Conteúdos organizados em aulas expositivas	Transcreve, memoriza e repete
	Avalia o produto	Faz avaliações (provas e testes)
Ensino com metodologias ativas	Orientador, tutor, conduz a aprendizagem	Ativa o conhecimento prévio
	Trabalho em equipe	Aprende em ambiente colaborativo: interação estudante × estudante; estudante × professor; estudante × material didático
	As disciplinas são organizadas por área de conhecimento, valorizando a interdisciplinaridade	Pesquisa, analisa, avalia, toma decisões coletivas e/ou individuais com a finalidade de encontrar soluções para um problema
	Avalia o processo e o produto	Faz autoavaliação, avaliação entre pares e avaliação do professor

Fonte: DIESIL, A.; BALDEZ, A. L. S.; TINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

Uma abordagem que faz uso de metodologias ativas promove, por meio de atividades complexas, o desenvolvimento das competências gerais enfatizadas pela BNCC. Aprendizagem baseada em problemas, em projetos, por pares, *design thinking*, sala de aula invertida, método *jigsaw*, estudo do meio e estudo de caso são apenas alguns exemplos de metodologias ativas, e a escolha da metodologia a ser adotada é condicionada aos objetivos de aprendizagem concernentes a cada turma.

O tópico *Sugestões didáticas* nas Orientações específicas deste Suplemento oferece sugestões para conduzir determinados conteúdos com base em metodologias ativas. Ao longo das orientações, foram destacadas e justificadas as competências gerais que podem ser desenvolvidas nessas ocasiões. Esta Coleção valoriza o docente não apenas como mediador do processo de ensino e aprendizagem, mas também como pesquisador da própria prática, que questiona, reflete e reavalia as etapas de seu trabalho na busca por soluções. Assim, estamos certos de que, com base em seus saberes, o professor pode adaptar nossa sugestão ao seu contexto educativo a fim de proporcionar um ambiente em que os estudantes desenvolvam cada vez mais a autonomia.

Avaliação a serviço da aprendizagem

Quando se pensa na avaliação como processo, surgem questionamentos voltados aos resultados esperados e cobrados dos estudantes, e os professores, na função de mediadores, por vezes, se perguntam quais são os instrumentos seguros e legítimos que podem ser utilizados.

Segundo Luckesi (2011), a avaliação deve ser o instrumento dialético do avanço, porque a aprendizagem, como cerne da ação avaliativa, é dinâmica. Assim, deve-se buscar o impulsionamento das aprendizagens dos estudantes levando em consideração seus aspectos cognitivos, afetivos e sociais, além de promover a melhoria do ensino. Esses dois processos – ensino e aprendizagem – são dinâmicos e complementares.

Concordamos com Luckesi (2011) quando aponta que:

> [...] para qualificar a aprendizagem de nossos educandos, importa, de um lado, ter clara a teoria que utilizamos como suporte de nossa prática pedagógica, e, de outro, o planejamento de ensino, que estabelecemos como guia para nossa prática de ensinar no decorrer das unidades de ensino do ano letivo.

Torna-se necessária, portanto, uma reflexão do professor a respeito dos instrumentos capazes de recolher dados sobre a realidade de aprendizagem dos estudantes. Os instrumentos podem ser diversificados tanto quanto é diversificada a maneira como os estudantes estão aptos a aprender e demonstrar seu aprendizado. O **Guia de Implementação do Novo Ensino Médio** deixa explícita a necessidade de elaboração de modelos avaliativos que deem conta das particularidades de cada metodologia e estratégia de ensino e aprendizagem:

> As escolas não devem se limitar somente à aplicação de provas escritas ao final de um período, em especial quando o que está sendo avaliado não é apenas o aprendizado de conteúdos, mas o desenvolvimento de habilidades e competências. Propõe-se que se desenvolvam diferentes métodos de avaliação que atendam à nova realidade, como a demonstração prática, a construção de portfólios, a documentação emitida por instituições de caráter educativo, entre outras formas de se avaliar os saberes dos estudantes. (BRASIL, 2020)

A prática avaliativa no contexto atual visa, então, superar sua função burocrática de atribuir notas e sua limitação à memorização repetitiva de conteúdos conceituais. Uma das preocupações no Novo Ensino Médio é desenvolver habilidades e competências, o que exige do professor uma escolha diferenciada e diversificada de instrumentos que o ajudem a perceber o progresso dos estudantes nas múltiplas relações que eles estabelecem com o conhecimento científico e com os conteúdos procedimentais e atitudinais. Dentro desse contexto, vários modelos avaliativos podem ser aplicados.

O modelo de **avaliação formativa** acompanha todo o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes, permitindo ao professor identificar os resultados de seu trabalho e ao estudante constatar as próprias dificuldades, de forma que as aparentes falhas sejam encaradas como guias no processo pedagógico, possibilitando redirecionamentos e potencialização das aprendizagens (PERRENOUD, 1991; HADJI, 2011).

No modelo de **avaliação diagnóstica**, no início de determinada etapa de ensino, é feita a verificação de um conjunto de conteúdos a fim de subsidiar o docente no planejamento das atividades pedagógicas posteriores (CORTESÃO, 2002). Já o chamado modelo de **avaliação somativa** é adotado em etapas finais de ensino, objetivando a verificação do que os estudantes assimilaram com base em atividades geralmente fechadas de intuito seletivo e classificatório (FERNANDES, 2008; SANTOS, 2016). No entanto, esse modelo também pode ter caráter formativo quando fornece *feedback* tanto ao docente quanto aos estudantes sobre as aprendizagens realizadas e os resultados das estratégicas pedagógicas adotadas (FERNANDES, 2023).

Na **avaliação comparativa** (ou normativa), o desempenho dos estudantes é comparado entre si e não com os objetivos de aprendizagem, baseando-se em análise estatística (ARREDONDO; DIAGO, 2013). Embora esse modelo não forneça dados sobre a aprendizagem individualizada dos estudantes, ele possibilita fazer levantamentos estatísticos acerca de processos educacionais; é típico de avaliações como Enem, Saeb, vestibulares e simulados.

Já no modelo de **avaliação ipsativa**, a aprendizagem dos estudantes é avaliada de acordo com a progressão deles entre o ponto de partida e o de chegada do processo educacional, podendo complementar a avaliação formativa (HUGHES, 2017).

Esta Coleção apresenta momentos que priorizam a avaliação, delineando sua importância ao longo do processo de aprendizagem. Na Abertura das unidades, o quadro **Pense nisso!** serve de avaliação diagnóstica, permitindo ao professor colher pistas do que os estudantes já sabem e de como compreendem o conteúdo para, então, usá-las como subsídio no planejamento do estudo dos capítulos. Na seção **Educação midiática**, as perguntas apresentadas ao final do texto introdutório também têm o propósito de sondar conhecimentos prévios dos estudantes acerca do assunto que será aprofundado e servirá de base para a produção de um conteúdo específico ao término da atividade.

As questões apresentadas nas seções **Aplique e registre** permitem ao docente fazer avaliação formativa dos estudantes ao longo do estudo dos capítulos e avaliação somativa quando se considera que cada uma dessas seções se refere à verificação aprendizagem do bloco de conteúdo subsequente.

Nas seções **Aplique e registre**, **Atividade comentada** e **Atividades de fechamento**, há exemplos de atividades do Enem e de vestibulares que possibilitam aos estudantes vivenciar aspectos de avaliações somativas às quais poderão se submeter em anos subsequentes, por ocasião do ingresso no Ensino Superior.

A seção **Atividades de fechamento** tem um caráter de avaliação somativa, pois visa avaliar o conteúdo assimilado pelos estudantes após o estudo do capítulo. No entanto, como proporciona um *feedback* tanto ao estudante quanto ao professor acerca das práticas pedagógicas realizadas durante esse percurso, também apresenta viés formativo.

A seção **Reflita sobre seu aprendizado!** é um momento de autoavaliação que demanda dos estudantes a decomposição dos objetivos gerais da unidade em suas partes para posterior percepção dos aspectos desses objetivos que foram atendidos à luz do que foi estudado na unidade e daqueles que ainda precisam ser esclarecidos. Trata-se de uma estratégia de avaliação ipsativa que remete ao pensamento computacional ao dividir um problema em problemas menores até que sua solução seja trivial. Já o tópico *Autoavaliação* da seção **Educação midiática** possibilita aos estudantes identificar pontos fortes e fracos em relação ao desenvolvimento dos objetivos de aprendizagem, habilidades e competências de alfabetização midiática e informacional mobilizados na atividade, representando assim mais um exemplo de avaliação ipsativa.

Na Coleção, consideramos a **autoavaliação** uma etapa importante da aprendizagem, pois permite que os estudantes assumam responsabilidade e autonomia sobre esse processo, refletindo sobre a própria aprendizagem e estabelecendo ações que favoreçam seu avanço.

No caso da seção **Educação midiática**, apresentamos ainda neste Suplemento a sugestão de uso de rubricas – quadros que relacionam objetivos de aprendizagem e níveis de desempenho – com base em critérios de avaliação presentes ao final da seção para auxiliar o professor na avaliação formativa dos estudantes nas atividades de alfabetização midiática e informacional desenvolvidas.

Destacamos ainda dois instrumentos de avaliação e as oportunidades em que podem ser realizados com base nas seções do Livro do estudante e nos objetivos de aprendizagem estabelecidos para o percurso pedagógico planejado.

- **Mapa conceitual**

É uma representação gráfica de uma rede de proposições que explicita a relação entre conceitos sobre determinado conhecimento. Os conceitos são organizados de forma hierárquica, do mais geral, localizado no topo, ao mais específico, na base do mapa. A construção deve responder a uma pergunta específica que direciona a elaboração e a leitura. Assim, ao trabalhar com o conteúdo do Livro do estudante, esse recurso ajuda o professor a verificar o conhecimento declarativo dos estudantes a respeito do conteúdo vinculado às habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, mobilizando também as **competências gerais 1** e **2**. Sugerimos duas maneiras de utilizar essa ferramenta:

1. solicitar aos estudantes que construam um mapa com base no seguinte questionamento: "Quais são os principais assuntos tratados ao longo do capítulo?". Nesse caso, é importante que o professor ensine os estudantes a construir um mapa conceitual realizando um treinamento sistemático para que eles possam encadear corretamente os componentes essenciais, as proposições, a hierarquia e a pergunta focal. Indicamos os artigos de Moraes e colaboradores (2011) e Moreira (2012) como referências para auxiliar nessa tarefa;
2. o professor elabora um mapa conceitual sobre o capítulo estudado com alguns elementos conceitualmente incorretos. Os erros devem ser de níveis simples, intermediário e avançado. Cópias desses mapas devem ser distribuídas aos estudantes para que identifiquem os erros e sugiram correções. Por fim, o professor avalia a quantidade e a complexidade dos erros identificados, bem como as sugestões de correção.

Nas duas sugestões, o professor pode solicitar a construção ou a análise do mapa conceitual em grupo ou individualmente. Além disso, é importante que os estudantes compartilhem o aprendizado com os colegas, promovendo um momento de prática metacognitiva e permitindo ao professor reconhecer dificuldades conceituais dos educandos. Esse momento também é uma oportunidade para avaliar como os estudantes mobilizam a **competência geral 4**, que tem como foco a comunicação que leve ao entendimento mútuo.

- **Debate**

O debate é uma atividade planejada e estruturada para a exposição de diferentes pontos de vista sobre determinado assunto e pode assumir diversos formatos (simulações de assembleias, júris, convenções etc.). Como instrumento de avaliação, permite ao professor identificar como os estudantes aplicam as habilidades que essa ferramenta pedagógica demanda: conhecimento escolar, argumentação, oralidade, organização estratégica do pensamento, capacidade de escuta etc., favorecendo a mobilização de elementos que compõem as **competências gerais 1**, **4**, **7** e **9**. É importante que o professor componha uma lista de critérios de avaliação para acompanhar o debate e, assim, possa orientar adequadamente a conduta de cada estudante.

A Coleção cria oportunidades para que o debate seja valorizado como estratégia de aprendizagem e de avaliação. As seções **Em foco**, **Trabalho e juventudes** e **Educação midiática** permitem organizar esse tipo de atividade, uma vez que estimulam a participação ativa dos estudantes, convidando-os a expor suas opiniões e a refletir sobre os diferentes pontos de vista. Em algumas questões da seção **Atividades de fechamento** esse recurso também pode ser adotado.

Além desses instrumentos, é possível realizar resumos, relatórios ou fichas de observação, principalmente durante o trabalho com a seção **Na prática**; confeccionar portfólio individual ao longo do estudo da unidade; elaborar *blog*, produzir vídeos e animações em *stop motion* para divulgar informações para a comunidade; e utilizar rubricas (que indicam, em escala, as expectativas específicas para determinada tarefa) para avaliar o trabalho dos estudantes, o que pode ser feito em qualquer seção do livro.

As seções **Aplique e registre**, **Atividade comentada** e **Atividades de fechamento**, compostas de questões de múltipla escolha e questões discursivas, contribuem para a preparação dos estudantes para as avaliações em larga escala. São oportunidades para o professor se tornar parceiro do estudante utilizando essas seções como instrumentos a serviço da aprendizagem do educando: de um lado, o professor atua como mediador, auxiliando na resolução dos exercícios; de outro, o educando gradativamente ganha autoconfiança, tornando-se autônomo, de modo que os erros e as dúvidas possam impulsionar sua aprendizagem.

Durante o trabalho com as seções mencionadas, o professor deve ir além da constatação das dificuldades dos estudantes. É preciso compreender o nível e as condições em que eles se encontram, com intuito de (re)direcionar suas ações e apresentar caminhos para que o educando construa seu conhecimento. Nesse contexto, para o professor, a avaliação assume um caráter reflexivo, que pode ser norteado por alguns questionamentos: "Como planejo minhas aulas?"; "Como registro e avalio o trabalho realizado pelos estudantes?"; "Quais são as principais causas do sucesso ou do fracasso das estratégias adotadas?" e "O que deve ou não ser alterado?".

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS DO VOLUME

O componente curricular Biologia

A Biologia se destaca como uma Ciência caracterizada pelo dinamismo, impulsionada principalmente por avanços tecnológicos nas subáreas de Biotecnologia, Biologia Molecular, Genética, Imunologia, Ecologia, entre outras. Essas subáreas estão na vanguarda de muitas pesquisas científicas e buscam responder a desafios globais, como a crise climática, a ocorrência de doenças emergentes e a busca por inovação tecnológica. Além dos conhecimentos científicos produzidos, muitas dessas subáreas suscitam questões morais e éticas que também são de interesse da educação voltada para a formação cidadã dos estudantes (MACHADO, 2020). Portanto, a Biologia pode subsidiar as inquietações e reflexões relacionadas à produção e à aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos, ajudando os estudantes a se posicionar de forma crítica e propositiva ao tratar de temas controversos e polêmicos, assumindo uma postura participativa e cidadã.

Embora as subáreas citadas sejam bastante relevantes para a Ciência atual, a Biologia não se limita a elas. Na Educação Básica, o aprendizado desse componente curricular envolve entender os fenômenos que regem os organismos, como os mecanismos de autorregulação, a origem e a evolução dos seres vivos, as estratégias adaptativas de sobrevivência e as interações dos organismos entre si e com o meio em que vivem. Esses conteúdos abrangem diferentes níveis de organização biológica, mobilizando conhecimentos desde sobre a estrutura molecular até a estrutura do planeta – podendo-se ainda extrapolar para o estudo da possibilidade de vida em outros ambientes planetários. Além disso, os temas abordados contemplam escalas de tempo variáveis, desde as limitadas a um curto período, como o de transmissão de um impulso nervoso, até períodos extensos e mais remotos, sobretudo quando se trata do estudo da origem e diversificação dos seres vivos.

Muitos objetos de estudo da Biologia também oferecem base para discussões que vão além do escopo conceitual e procedimental das Ciências da Natureza, como a valorização e o respeito à diversidade em suas múltiplas dimensões (biológica, genética, social e cultural), a concepção e implementação de políticas públicas em diversas áreas da vida em sociedade e a promoção e defesa dos direitos humanos, abarcando aspectos éticos, sociais e ambientais que afetam a dignidade humana. Ao conectar princípios biológicos que fundamentam esses temas a valores de respeito, igualdade e dignidade, a Biologia oferece bases científicas para debater questões essenciais para a construção de uma sociedade mais democrática, igualitária, sustentável, justa e ética. Ao longo desse processo, os estudantes também têm a oportunidade de exercitar o pensamento crítico, a empatia e as relações interpessoais, competências importantes não só para a futura inserção no mundo do trabalho, como também para aspectos diversos da vida adulta.

Apesar de a Física e a Química não focarem apenas nos seres vivos, os conhecimentos produzidos por esses componentes curriculares permitem entender o mundo natural de forma a favorecer a compreensão de como fenômenos afetam direta ou indiretamente os organismos. Portanto, a articulação entre os três componentes curriculares de Ciências da Natureza torna a aprendizagem complementar, fazendo com que o estudo da área não seja fragmentado e estático, mas sim que os conteúdos abordados em cada um deles promovam uma visão integrada dos conhecimentos científicos. Nesse sentido, é importante que a produção científica não seja concebida como uma série de eventos históricos lineares que culminam em um acúmulo de saberes restrito ao seu respectivo campo de conhecimento. Deve-se optar por abordar a Ciência como um empreendimento humano que: abrange diferentes áreas do saber que apresentam diferentes níveis de conexão entre si; é influenciado por seu contexto histórico e social; e é regulado por interesses políticos e econômicos. Outro aspecto que deve ser salientado é seu caráter provisório, já que o avanço científico nem sempre se dá pela reunião das partes de um todo, mas pelo abandono de concepções que não se sustentam com o passar do tempo (BRASIL, 2018; MACHADO, 2020; LINSINGEN, 2010).

Um dos caminhos para se evitar uma abordagem linear e fragmentada da Biologia é promover em sala de aula a interdisciplinaridade. Como exemplo desse tipo de abordagem, Machado (2020) apresenta a modelagem molecular, que pode ser caracterizada:

> [...] como uma atividade interdisciplinar de construção de moléculas de interesse biológico, ao mesmo tempo que mobiliza a Química, a Física e a Biologia Molecular. [...] no caso da modelagem molecular, a simulação de macromoléculas como as proteínas, os carboidratos, os lipídios e os ácidos nucleicos contribui para o pensamento interdisciplinar, uma vez que os estudantes precisam ter conhecimento dos átomos, dos diferentes tipos de ligações químicas entre eles, das diferenças entre compostos orgânicos e inorgânicos, da organização espacial das moléculas. Portanto, a Biologia, a Física e a Química integram-se nesse modelo de atividade.

Atrelada à perspectiva interdisciplinar encontra-se a contextualização. No exemplo modelagem molecular, ela pode ocorrer, por exemplo, a partir da perspectiva nutricional, abordando as macromoléculas que compõem os alimentos e explorando temas como a alimentação saudável.

A alimentação é um tema multifacetado que abrange a compreensão de conceitos biológicos, químicos e físicos, além de aspectos sociais, econômicos, políticos, históricos e culturais. A abordagem integrada desses conhecimentos é importante para a reflexão sobre uma alimentação saudável e adequada, bem como sobre segurança alimentar e nutricional no Brasil e no mundo. Isso dá abertura para explorar ainda a qualidade dos alimentos consumidos pela população atualmente, sobretudo por crianças e adolescentes; seus impactos na saúde individual e coletiva; a cadeia produtiva brasileira de alimentos e seus impactos econômicos, políticos e ambientais; as desigualdades no acesso e consumo de alimentos; e a alimentação adequada como um direito humano universal, o que é assegurado por lei no Brasil.

O tema da alimentação também ajuda a entender como o estudo da Biologia pode contemplar diferentes níveis da organização biológica e várias escalas temporais. No primeiro caso, os

conteúdos podem ser trabalhados desde níveis atômicos, associados às estruturas das moléculas orgânicas, até os ecossistêmicos, no que se refere aos processos de obtenção de alimento pelos organismos, incluindo as diferenças e relações entre seres autótrofos e heterótrofos. No segundo caso, a temática pode ser explorada sob uma perspectiva evolutiva, como as teorias e hipóteses que visam explicar o surgimento e a evolução dos primeiros seres vivos e as formas de obtenção de energia do meio em que viviam, considerando as particularidades geológicas daquele momento.

Além dos diferentes enfoques que podem ser adotados no processo de ensino-aprendizagem de Biologia, é fundamental a escolha da abordagem didático-pedagógica, das metodologias de ensino e dos recursos didáticos que serão utilizados nesse processo.

No contexto da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, as estratégias didático-pedagógicas não devem se pautar na reprodução acrítica da metodologia científica em sala de aula ou na memorização de conceitos que poderão ser exigidos em exames de ingresso no Ensino Superior. Em vez disso, deve-se buscar estabelecer relações entre os conhecimentos científicos e as práticas sociais, proporcionando experiências de aprendizagem que estimulem nos estudantes um olhar investigativo e questionador sobre o mundo que os rodeia, a fim de que intervenham nele de forma propositiva, crítica e responsável, tornando-se cidadãos críticos e com autonomia de pensamento para buscar respostas e soluções para a vida em sociedade e promover transformações em sua realidade social.

De maneira geral, Linsingen (2010) propõe três grandes eixos estratégicos que podem ser utilizados em sala de aula como parte do ensino de Biologia e que podem ser articulados e integrados de diferentes formas para atender às intencionalidades pedagógicas definidas pelo professor. Um deles é contextualizar historicamente os resultados científicos, buscando desmistificar a Ciência como algo pronto e descontruir a visão estereotipada dos cientistas – o que também contribui para tornar a carreira de cientista mais realista para os estudantes e despertar neles o interesse por essa profissão. Essa abordagem ainda favorece o entendimento de que a produção científica é uma construção humana e, portanto, de caráter provisório e colaborativo.

O segundo eixo estratégico implica promover a discussão e reflexão sobre o conhecimento científico com base na leitura, interpretação e análise do que é veiculado por meio de diversas formas de comunicação científica. A autora defende que essa pode ser uma alternativa para superar a defasagem entre as produções científicas atuais e as que são abordadas no contexto escolar. Além disso, ao trabalhar a comunicação científica, é possível explorar com os estudantes o discurso científico (isto é, aquele que ocorre entre os próprios cientistas) e o discurso da divulgação científica (isto é, aquele que interpreta e processa as informações do discurso científico para então compartilhá-las com os diferentes públicos da sociedade), incentivando-os a interpretar recursos visuais e linguísticos próprios de cada tipo de discurso.

O terceiro eixo inclui as atividades com abordagens experimentais e investigativas, que visam aproximar os estudantes dos processos e procedimentos do fazer científico, como a observação, o levantamento de hipóteses, a coleta, a organização e a análise de dados, a argumentação, o confrontamento de ideias e a comunicação dos resultados.

Permeando essas abordagens, podem ser incorporados elementos da prática pedagógica que valorizam e enriquecem ainda mais o ensino, como a contextualização e a interdisciplinaridade – tratadas anteriormente – e a problematização, além das maneiras de aplicar esses elementos em sala de aula, adotando, por exemplo, a pesquisa, as atividades em grupo, as atividades lúdicas, as representações visuais (mapas conceituais, infográficos, organogramas, simuladores e modelos) e as tecnologias digitais.

Para definir qual estratégia adotar, é imprescindível que haja articulação entre a teoria e a prática docente, de modo que o estudo da Biologia ocorra dentro de uma abordagem sistêmica que permita o aprimoramento e o aprofundamento de conhecimentos, assim como o desenvolvimento integral dos estudantes. Cabe ao professor assumir o papel de mediador entre os estudantes e os saberes científicos de Biologia, atuando por meio de uma abordagem problematizadora e dialógica, reconhecendo os estudantes como sujeitos ativos no processo de ensino-aprendizagem e identificando oportunidades pedagógicas de atuação em sala de aula.

O primeiro passo para isso é identificar e respeitar os saberes dos educandos e, a partir deles, propor metodologias diferenciadas e coerentes que favoreçam a aprendizagem efetiva dos conceitos biológicos. Além disso, as metodologias devem ser planejadas de acordo com os conteúdos e temas a serem estudados. A diversidade entre os estudantes também é um fator que deve ser considerado, de modo a abrir espaço para possibilidades de construção coletiva do processo educativo em vez de valorizar um perfil único de estudante, tornando a sala de aula um espaço cada vez mais democrático e inclusivo (LINSINGEN, 2010; BORBA & LESNOVISKI, 2023).

Não se pode perder de vista, no entanto, que o trabalho pedagógico é complexo e precisa atender às demandas educacionais da realidade de cada escola. Portanto, cabe ao professor estruturar o planejamento de suas estratégias didático-pedagógicas de acordo com suas intencionalidades, as características de cada turma de estudantes, as condições do ambiente profissional em que atua e o apoio que a literatura acadêmica sobre ensino de Biologia disponibiliza para esse exercício. Em *Referências complementares comentadas*, compartilhamos referências adicionais sobre o processo de ensino-aprendizagem e metodologias de ensino que poderão apoiá-lo em seu trabalho.

UNIDADE 1 UNIVERSO, TERRA E VIDA

Uma das grandes questões em Biologia é a origem da vida. Como e quando tudo começou? O que explica a diversidade de seres vivos do planeta? Essas perguntas motivam pesquisas de escopo amplo que agregam conhecimentos de diversas áreas e demandam união de esforços entre pesquisadores. Nesse contexto, esta unidade aborda a origem e evolução da vida na Terra, assim como a evolução humana, e conceitos relacionados a dinâmicas populacionais e de comunidades.

1. Espera-se que os estudantes respondam que a Terra passou por mudanças ao longo do tempo, assim como as formas de vida que a habitam.
2. Espera-se que os estudantes depreendam, com base no contexto, que a palavra *evolução* indica mudança ao longo do tempo e, muitas vezes associado com o progresso; o termo também é empregado no contexto de evolução da vida, mas não com sentido de progresso.

3. Espera-se que eles mencionem que os seres humanos derivam de linhagens de primatas e que, ao longo da evolução, foram colonizando diversas regiões a partir do continente africano.
4. Espera-se que os estudantes indiquem que os seres humanos, assim como qualquer ser vivo, demandam recursos da natureza e que, com o aumento da população, mais recursos são consumidos, acarretando impactos ambientais.

Capítulo 1 Introdução à Biologia e origem da vida

Este capítulo retoma algumas compreensões adquiridas ao longo do Ensino Fundamental e introduz o estudo da Biologia no Ensino Médio. São apresentados conceitos básicos como os níveis de organização biológica e as características gerais dos seres vivos, fundamentais para prosseguir com o estudo das teorias sobre origem da vida na Terra e a evolução celular que permitem trabalhar as competências gerais **1**, **2** e **7** e as habilidades **EM13CNT201** e **EM13NT202**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- identificar as diversas formas de vida e seus diferentes níveis de organização;
- compreender as características gerais que definem os seres vivos;
- compreender as teorias sobre a origem e a evolução da vida na Terra propostas em diferentes épocas e culturas;
- discutir diferentes hipóteses e teorias sobre o surgimento da vida na Terra e compará-las com as teorias científicas aceitas atualmente, reconhecendo os limites explicativos delas;
- reconhecer a Ciência como mutável, percebendo os limites explicativos de modelos científicos que podem ser substituídos;
- compreender os princípios da evolução biológica, considerando a origem da vida e evolução das primeiras células.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 5, 7, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT204, EM13CNT301 e EM13CNT303
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Diversidade cultural e Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras

Sugestões didáticas

O conteúdo deste capítulo pode ser apresentado de maneiras diversificadas promovendo formas de organização da turma em um modelo diferente do enfileirado: sala de aula invertida com o tópico "Teorias sobre a origem da vida" com leitura e levantamento de itens a serem discutidos e dúvidas feito extraclasse; encenação sobre a vida, obra, experimentos e hipóteses dos cientistas apresentados no capítulo; leitura compartilhada do tópico "Como teriam se formado as primeiras células" com resumo, esclarecimentos e predições para permitir o desenvolvimento da capacidade de leitura, leitura inferencial, argumentação, análise e a reflexão.

Ao abordar os "Níveis de organização biológica", se necessário, promova a recomposição de aprendizagens de conceitos já vistos no Ensino Fundamental. Por exemplo, ao abordar o átomo como unidade básica da matéria, analise com eles a representação, na imagem, dos átomos de hidrogênio e de oxigênio, que formam a molécula de água. Nesse momento, o objetivo não é descrever o átomo, mas sim relembrar que ele é a unidade da matéria e fazer o estudante analisar as diferentes formas de manifestação de vida em seus diferentes níveis de organização, trabalhando assim a habilidade **EM13CNT202**.

Não deixe de incentivar os estudantes a buscar as sugestões de materiais disponíveis no **Fique por dentro**. Além de complementarem e aprofundarem os conteúdos apresentados no livro-texto, favorecem o uso de tecnologias digitais e, portanto, auxiliam no desenvolvimento da **competência geral 5**.

Em relação ao tópico "A Astrobiologia e a origem da vida", comente com os estudantes que o conhecimento sobre origem da vida é de natureza científica, isto é, foi produzido com base em procedimentos sistemáticos, como o método hipotético-dedutivo, mas que há outros tipos de conhecimento sobre esse fenômeno.

Aproveite a oportunidade para estimular a valorização dos diferentes tipos de conhecimento – científico, filosófico, religioso, tradicional, artístico etc. – que são produzidos pelas populações humanas, reconhecendo que cada um tem suas características, importâncias e limitações. Essa proposta contempla os TCTs **Diversidade cultural** e **Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras** e as **competências gerais 1**, **6** e **9**. Para aprofundar o estudo a respeito dos mitos e outros tipos de conhecimento, com um mito sobre a origem da vida concebido pelos indígenas da etnia Arara, sugerimos a referência suplementar FUNDAÇÃO NACIONAL DOS POVOS INDÍGENAS (Brasil). Cultura: mitos e cosmologias compõem aspectos importantes das tradições indígenas. Funai, 28 dez. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2022-02/cultura-mitos-e-cosmologias-compoem-aspectos-importantes-das-tradicoes-indigenas. Acesso em: 1º set. 2024.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

As atividades 1 e 2 trabalham diretamente as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT301** e as **competências gerais 1**, **2** e **7**.

1. **a.** A afirmativa é incorreta, pois suas experimentações não puderam ser extrapoladas para outros casos, ficando restritas à contestação da origem espontânea de vermes na carne em decomposição. Ele próprio continuava a aceitar a ideia de geração espontânea em outros casos, como o do surgimento de vermes em frutas.
   b. Ele deveria elaborar novas hipóteses e novos testes experimentais manipulando outros fatores em estudo.
2. Os estudantes podem recorrer ao que sabem ser necessário para que uma televisão funcione e elaborar hipóteses. Partindo-se, por exemplo, da hipótese de que "a televisão está desconectada da corrente elétrica", pode-se prever que, "se a TV for ligada à tomada, então ela vai funcionar". Para testar essa previsão, os estudantes podem propor encaixar o plugue na tomada elétrica: se a TV funcionar, a hipótese será corroborada; caso contrário, ela será refutada e outra hipótese deverá ser proposta e testada, e assim por diante. Esses procedimentos evidenciam os princípios básicos do método hipotético-dedutivo.
3. Presença de água, descargas elétricas e radiação ultravioleta na atmosfera composta de vapor-d'água, amônia (NH_3),

hidrogênio (H_2) e metano (CH_4). A energia das descargas elétricas e da radiação ultravioleta teria propiciado a formação de moléculas orgânicas simples na atmosfera, que teriam chegado aos mares primitivos por meio das chuvas. Nesses mares, reações químicas teriam ocorrido formando moléculas orgânicas mais complexas e, a partir delas, teriam se formado os coacervatos e, provavelmente, as células.

4. Eles propuseram um experimento que permitiu testar a hipótese de Oparin e Haldane de que a síntese de moléculas orgânicas teria ocorrido sem a presença de seres vivos nas condições da Terra primitiva.

As atividades 5 a 8 favorecem diretamente o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202** e das **competências gerais 1** e **10**.

5. Os estudantes podem explicar que a chegada de substâncias orgânicas à Terra por meio de meteoritos pode ter contribuído com a quantidade de substâncias orgânicas simples nos mares primitivos do planeta. A comparação com a hipótese de Oparin e Haldane deve evidenciar que, para esses cientistas, as moléculas orgânicas teriam se formado na Terra (e não fora dela), a partir de moléculas inorgânicas presentes na atmosfera primitiva.
6. Não, pois até o momento não foram encontradas evidências de vida em outros corpos celestes, apenas de moléculas orgânicas simples.
7. Sim, pois é uma evidência de que há semelhança genética entre mitocôndrias, cloroplastos e procariontes, apoiando a teoria de que essas organelas teriam se originado de procariontes ancestrais que desenvolveram relações de simbiose mutualística com células hospedeiras eucarióticas em formação.
8. Eles podem citar a dupla membrana que delimita essas organelas ou a presença de DNA.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**. Com base no texto de Galante *et al.*, um ser vivo apresenta compartimentalização, informação, que indica que o organismo tem, em si, toda a informação necessária para sua manutenção, reprodução e metabolismo.
2. Alternativa **c**. Os experimentos de Redi e Pasteur evidenciaram que todo ser vivo deriva de outro por meio da reprodução.
3. Alternativa **d**. A capacidade de autoduplicação da mitocôndria e a presença de DNA circular semelhante ao bacteriano são argumentos a favor da simbiogênese.
4. **a.** Hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos, proposta por Oparin e Haldane. Ao demandar interpretação de texto de divulgação científica para identificar a hipótese, a questão desenvolve a habilidade **EM13CNT303**.
   b. Hipótese modificada da panspermia cósmica, segundo a qual moléculas orgânicas teriam se formado fora da Terra e chegado ao nosso planeta por meio do intenso bombardeio cósmico de cometas e meteoritos.
5. **a.** Segundo adeptos da teoria de geração espontânea, as larvas dos mosquitos teriam nascido espontaneamente da água. Já Redi, que era adepto da biogênese, diria que elas nasceram de ovos colocados na água pelos mosquitos.
   b. Espera-se que os estudantes descrevam um experimento com dois cenários: um em que os mosquitos têm acesso à água para a postura de ovos e outro (grupo controle), sem acesso à água (com tela, tampa com pequenos furos etc.) Essa questão desenvolve a habilidade **EM13CNT301**.
6. **a.** A força gravitacional da Terra é responsável por reter certos gases atmosféricos próximo à superfície do planeta. Sem ela, esses gases tenderiam a se dispersar para o espaço, como ocorre em corpos celestes menores. À medida que a Terra se formava, portanto, gases liberados principalmente por erupções vulcânicas ficavam retidos, contribuindo para a composição da atmosfera inicial (habilidade **EM13CNT204**).
   b. A energia dos raios UV é alta o suficiente para quebrar ou promover ligações químicas, como proposto por Oparin e Haldane. Como a exposição prolongada de seres vivos à radiação UV pode levar a danos no DNA, reduzindo sua capacidade de sobrevivência e reprodução, é plausível supor que, antes da formação da camada de ozônio, os primeiros seres vivos teriam surgido em ambientes protegidos no fundo dos mares.
   c. Com o surgimento dos procariontes fotossintetizantes, o gás oxigênio passou a se acumular na atmosfera, propiciando a formação da camada de ozônio. Essa camada protege a Terra contra o excesso de radiação UV do Sol, reduzindo os danos ao DNA e mutações genéticas relacionados a esse tipo de radiação. Esse panorama, portanto, contribuiu para a sobrevivência e evolução dos seres vivos.

Capítulo 2 Evolução

Levar os estudantes a compreender a evolução como um dos aspectos unificadores da Biologia é um dos desafios do ensino das Ciências. Assim, considerando a densidade dos assuntos e sua importância fundamental para o estudo da vida, este capítulo apresenta uma abordagem contextualizada e dinâmica das diferentes correntes de pensamento sobre a evolução, trabalhando as habilidades **EM13CNT201**, **EM13CNT202** e **EM13CNT203** e contribuem para reforçar as **competências gerais 1** e **2** entre os estudantes.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- compreender as teorias sobre o surgimento e a evolução da vida propostas em diferentes épocas e culturas;
- discutir explicações distintas sobre o surgimento e a evolução da vida, comparando-as com teorias científicas aceitas atualmente;
- entender os efeitos de intervenções nos ecossistemas, seus impactos nos seres vivos, com base nos mecanismos de manutenção da vida;
- compreender os princípios da evolução biológica, considerando a origem da vida, a diversificação e a dispersão das espécies pela Terra;
- elaborar hipóteses sobre o mecanismo de seleção natural com base em resultados experimentais, de modo a justificá-las sob uma perspectiva científica.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais**: 1, 2, 4, 6 e 7
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT203, EM13CNT205, EM13CNT301, EM13CNT302 e EM13CNT303

Sugestões didáticas

Para iniciar os estudos sobre evolução, seria interessante retomar com os estudantes temas previamente estudados no

Ensino Fundamental a respeito das ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin e a importância delas para explicar a evolução e a diversidade biológica com base na seleção natural.

No tópico "As teorias evolutivas", evidencie para os estudantes que existem outras formas de conhecimento além da própria Ciência, como Religião, Filosofia, Artes, Conhecimentos tradicionais e senso comum, e que cada uma apresenta especificidades, contextos de produção e aplicação diferentes para a compreensão do mundo. Ao se estudar evolução, caso algum estudante traga outras formas de conhecimento para além da Ciência, é fundamental promover a escuta e o respeito de todos, reforçando que cada pessoa apresenta vivências, valores e heranças familiares-culturais que promovem a busca por explicações de mundo nas religiões e nos conhecimentos tradicionais. Valorize a diversidade de saberes, crenças e culturas, promovendo um ambiente livre de discriminação, *bullying* ou desrespeito para que todos os estudantes sintam liberdade e segurança para expressar sua identidade e suas opiniões, mas reforce que as ideias abordadas no capítulo seguem premissas científicas.

Em "A síntese moderna da evolução", é interessante lembrar os estudantes de que os procariontes não apresentam reprodução sexuada, sendo a diversidade genética resultante de mutações e de outros mecanismos geradores de variabilidade que não analisaremos no capítulo. O estudo sobre os mecanismos de variação genética nesse contexto pode ajudar os estudantes a desenvolverem a habilidade **EM13CNT202**.

Ao iniciar a análise da resolução da **Atividade comentada**, reserve um momento para esclarecer que o Pensamento Computacional vai além das especificidades da Ciência da Computação, ou seja, não se limita a programadores ou especialistas em tecnologia, sendo uma estratégia que pode ser aplicada em diversas disciplinas e situações do cotidiano. No Livro do estudante há uma breve explicação desse processo.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Embora as duas teorias tenham aspectos diferentes, ambas consideram que ocorrem modificações nos organismos ao longo do tempo em função do meio. Conhecer a maneira como os conhecimentos foram historicamente construídos favorece o desenvolvimento da **competência geral 1** e da habilidade **EM13CNT201**.
2. A variabilidade genética é o resultado da ocorrência de mutações, que são as fontes primárias da variabilidade; reprodução sexuada, processo que envolve a meiose em que há separação dos homólogos e permutação gerando variabilidade nos gametas resultantes, e a união aleatória de gametas masculino e feminino na fecundação; imigração de indivíduos de outras populações.
3. Refere-se à deriva genética, pois o acaso alterou a variabilidade genética da população, o que não ocorre na seleção natural.
4. O que explica o surgimento de novas variantes virais é a mutação, aumentando a variabilidade genética do vírus, o que acabou por mudar o perfil da doença ao longo do tempo.
5. Trata-se de homologia, pois esses ossos possuem a mesma origem embriológica e derivam de um ancestral comum exclusivo, ou seja, um mamífero ancestral.
6. Permitem conhecer organismos que viveram no passado da Terra e fornecer elementos para o estabelecimento de relações evolutivas.
7. O conceito tipológico de espécie definia as espécies com base em uma essência imutável e universal, utilizando um tipo ideal como referência. Já o conceito biológico de espécie considera as espécies como grupos de populações naturais capazes de cruzar entre si, sendo reprodutivamente isoladas de outros grupos de organismos. Entretanto, o conceito biológico de espécie enfrenta limitações, especialmente para organismos com reprodução assexuada e na identificação de espécies em fósseis ou em situações em que a reprodução não pode ser observada diretamente.
8. Ocorreu especiação alopátrica, pois a população ancestral foi separada por uma barreira ecológica que foi a elevação do nível do mar. Neste caso, a habilidade **EM13CNT203** é trabalhada ao se relacionar a influência do ecossistema na diversidade dos organismos.
9. **a.** Os da mesma espécie: A e B, X e Y.
   b. Sim. Como são todos do mesmo gênero, pertencem aos mesmos táxons em níveis acima de gênero.
   c. Com X, já que A e X são do mesmo gênero e Z é de outro gênero.
10. **a.** *Tapirus terrestris* e *T. pinchaque* formam um grupo irmão e *T. indicus* e *T. bairdii* formam outro grupo irmão, sendo assim as mais aparentadas entre si.
    b. Sim. Todos partem do mesmo nó na base do cladograma.

Em foco

1. A questão legal tem relação com a existência de uma lei brasileira que proíbe a retirada e/ou comercialização de fósseis encontrados em território nacional. As redes sociais permitem dar visibilidade a questões importantes como a dos fósseis retirados ilegalmente do país e ajudam a pressionar os órgãos governamentais para atuarem.

   A atividade possibilita trazer à tona a Educação midiática desta unidade. O artigo, publicado em 2020 como uma versão *preprint* (prática comum em muitos periódicos que publicam artigos científicos), gerou questionamentos de pesquisadores brasileiros a respeito das razões de um fóssil originado no Brasil estar depositado e publicado por pesquisadores estrangeiros, algo em desacordo com as leis brasileiras vigentes. Com a repercussão do caso, o periódico que publicaria o artigo acabou retirando o documento de circulação *on-line* e suspendeu o prosseguimento da publicação. A atividade mobiliza a **competência geral 2** e as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**.
2. Na região da bacia do Araripe, iniciativas de preservação incluem um museu estruturado em Santana do Cariri, o Geopark Nacional da Bacia do Araripe. O tráfico de fósseis pode ter consequências negativas, comprometendo a integridade dos sítios paleontológicos e reduzindo a disponibilidade de materiais para pesquisa. Isso impacta diretamente o avanço do conhecimento científico e a formação de profissionais no campo da paleontologia no país. Essa atividade favorece o desenvolvimento da **competência geral 7**.
3. Discuta com os estudantes a importância de pesquisas em fontes confiáveis, seja na internet, seja em mídias físicas. Espera-se que eles consigam reunir dados para seus argumentos e compreendam a importância da preservação do patrimônio científico, desenvolvendo as **competências gerais 4**, **6** e **7** e a habilidade **EM13CNT302**. Comente que isso não significa que os pesquisadores brasileiros deixem de compartilhar

informações e dados com os pesquisadores de outras nacionalidades, o que é crucial para a Ciência. Outro aspecto que poderia ser analisado é a importância dos museus de Ciência, como os mencionados no texto, e a importância, para essas instituições, do investimento público e dos órgãos de fiscalização, no sentido de manter a biodiversidade brasileira em território nacional.

Na prática

O jogo "presa-predador" permite aos estudantes avaliar e prever os efeitos de intervenções nos ecossistemas e os impactos nos seres vivos, favorecendo o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201** e da habilidade **EM13CNT205**, ao interpretar resultados e realizar previsões sobre fenômenos naturais. Ao realizar essa atividade antes da formalização teórica sobre seleção natural, são incentivadas a reflexão, a investigação e a argumentação dos estudantes frente às situações apresentadas.

Os questionamentos iniciais na fase de preparação dos estudantes possibilita aos estudantes levantar hipóteses sobre a simulação que se dará durante o jogo, favorecendo o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** e das **competências gerais 2** e **7**.

Caso considere necessário, compartilhe o modelo de tabela a seguir:

Dados coletados no jogo

		1ª etapa: tabuleiro branco / 2ª etapa: tabuleiro preto				
		G1	G2	G3	G4	G5
Brancos	Inicial	12				
	Capturados					
	Sobreviventes					
Pretos	Inicial	12				
	Capturados					
	Sobreviventes					

MODELO MODELO

2. Se possível, incentive o uso de *softwares* de planilhas para automatizar o cálculo das porcentagens e a construção dos gráficos, variáveis de acordo com os dados que cada grupo obteve. Caso os estudantes apresentem dificuldade na realização dos passos 1 e 2, avalie a viabilidade de fazer um trabalho com o professor da área de Matemática, desenvolvendo outras atividades de construção de gráficos de linhas e colunas duplas e cálculos de porcentagens em diferentes conjuntos de dados para, depois, retomar essa atividade.
3. Depois da explicação dos estudantes para os dados obtidos, incentive-os a aplicá-la ao caso das mariposas *Biston betularia* para compreender por que as mariposas melânicas (escuras), raras no início do século XIX, tornaram-se a variedade mais frequente. Incentive-os ainda a pesquisar esse caso de seleção natural resultante de mudanças ambientais. Essa atividade favorece o desenvolvimento das **competências gerais 1** e **2**.

   Para apresentar aos estudantes uma síntese da discórdia científica acerca do melanismo industrial e as mariposas, sugerimos a leitura suplementar RUMJANEK, F. A saga da mariposa. **Ciência Hoje**, n. 338, jul. 2016. Disponivel em: https://cienciahoje.org.br/artigo/a-saga-da-mariposa/. Acesso em: 4 out. 2024.
4. Essa atividade visa promover a reflexão e o questionamento sobre o que aconteceria em uma condição nova em relação às duas em que os estudantes prosseguiram com a coleta de dados. Eles devem levantar hipóteses e fazer previsões com base na interpretação de dados já coletados (habilidade **EM13CNT301**) e associar a troca do tabuleiro com a manutenção dos quadrados das duas cores como uma mudança repentina no ambiente que não afeta a população de imediato, mas traz mudanças ao longo do tempo nas pressões seletivas na população. Assim, nesse novo ambiente, as formas mais frequentes passariam a ser as escuras.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**. O ovo amniótico surgiu na linhagem que derivou para os répteis e mamíferos; as aves surgiram depois, dentro da linhagem dos répteis. Comente com os estudantes que esse cladograma é idêntico, em termos de informação, ao que foi analisado na **Atividade comentada**. Ele só apresenta um giro em um nó (identificado com o número 4 naquela atividade), que é algo comum nas representações de cladogramas.
2. Alternativa **c**. Pode-se notar, no esquema final, que há duas cores, cada uma delas significando uma população distinta, ou seja, duas espécies que ocorrem próximas e não se cruzam mais.
3. Alternativa **d**. Os exemplos fornecidos evidenciam a enorme diversidade de padrões reprodutivos que há nos anfíbios, deixando claro que essa diversidade de estratégias aumenta o sucesso reprodutivo.
4. O uso de inseticidas leva à mortalidade grande de insetos, mas na população desses animais alguns indivíduos sobrevivem por já apresentarem naturalmente algum grau de resistência. Estes se reproduzem e passam essa condição aos descendentes, ocasionando na população um aumento do número de insetos resistentes. O uso constante de inseticidas de forma inadequada pode levar ao surgimento de população de insetos que já não respondem mais à droga. Há, portanto, seleção natural de insetos mais resistentes a uma nova condição ambiental. Nesta atividade, as habilidades **EMCNT203** e **EM13CNT301** são desenvolvidas.
5. **a.** O texto comenta que a especiação pode ser um processo rápido ao afirmar que: "o surgimento de novas espécies pode também ser imediato, até mesmo sem fases intermediárias."

   b. O texto reforça que nem sempre esse conceito pode ser empregado, pois há casos de formação de híbridos férteis, ou seja, não ocorre isolamento reprodutivo completo.
6. Se buscar por *Panthera onca* deverá ter retorno em qualquer idioma, mas se digitar "onça-pintada" o retorno será em português. O nome da espécie é sempre duplo, formado por duas palavras escritas em itálico ou sublinhadas. A primeira palavra corresponde ao nome do gênero e sempre deve ser escrita com letra inicial maiúscula. A segunda palavra corresponde ao epíteto específico e deve ser escrito sempre com inicial minúscula.
7. **a.** O contraponto entre a seleção artificial e a seleção natural reside principalmente nos agentes que direcionam o processo de seleção. Na seleção artificial é o ser humano quem escolhe as características que serão perpetuadas na população. Na seleção natural, as características dos organismos são selecionadas pelo ambiente, de acordo

com características que lhes conferem maiores chances de sobreviver e se reproduzir. Dessa forma, a seleção natural depende das pressões ambientais, e não da intervenção direta de uma pessoa com uma finalidade.

b. Essa atividade busca incentivar o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**. A reprodução seletiva por um longo período pode levar a problemas de consanguinidade e perda de diversidade genética, aumentando a vulnerabilidade da população a doenças e mudanças ambientais.

8. A atividade visa promover o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201**.

Lamarck argumentaria que os jabutis gigantes poderiam ter desenvolvido características de pescoço longo e carapaça em forma de sela devido ao esforço constante para alcançar alimentos mais altos nos cactos. Essas características, adquiridas ao longo da vida dos organismos, seriam passadas para suas proles, levando à adaptação das espécies às condições ambientais específicas de cada ilha.

De acordo com Darwin, a seleção natural, atuando sobre a diversidade dos jabutis que chegaram às ilhas, originou as diferentes espécies. Como em cada ilha os ambientes são diferentes, o meio atuou selecionando entre variações presentes na população, aquelas mais vantajosas, que são passadas aos descendentes na reprodução.

De acordo com a Teoria sintética de evolução, o conceito de seleção natural ocorre de acordo com a explicação acima, mas a amplia, relacionando-a a processos aleatórios, em que alguns indivíduos de uma população imigram e colonizam uma nova área geográfica isolada, resultando em uma nova população com uma diversidade genética limitada em comparação com a população original.

9. Este é um exemplo claro de especiação simpátrica que ocorre sem a separação física das populações, mas sim por meio da adaptação a diferentes nichos ecológicos no mesmo ambiente.

Capítulo 3 Evolução humana

O estudo da evolução humana, além de versar sobre aspectos biológicos e desenvolver a habilidade **EM13CNT208**, abre espaço para estabelecer parceria com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para desenvolver as habilidades **EM13CHS102** e **EM13CHS502**. No estudo deste capítulo serão abordados os diversos pontos que permeiam o entendimento da evolução humana e as relações de parentesco entre as espécies, o que permite o desenvolvimento das **competências gerais 1** e **2**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao final deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- explicar classificação e a evolução humana não linear, considerando a coexistência de espécies e as semelhanças entre o ser humano e outros primatas ao longo do tempo;
- reconhecer o caráter cumulativo e colaborativo da cultura, bem como sua influência e seu papel no desenvolvimento e no comportamento social e individual;
- discutir a evolução humana e relacioná-la ao contexto crítico atual mundial e aos conteúdos desenvolvidos com a História, a Biologia e a cultura, exercitando o respeito à diversidade cultural e o combate à discriminação e o preconceito;
- explicar a influência do estabelecimento da agricultura na evolução do conhecimento, da arte, da tecnologia e da cultura, assim como no crescimento populacional.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais**: 1, 2, 3, 7, 8 e 9
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT208, EM13CNT301 e EM13CNT305
- **Habilidades de outras áreas do conhecimento:** EM13CHS102 (Identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais (etnocentrismo, racismo, evolução, modernidade, cooperativismo/desenvolvimento etc.), avaliando criticamente seu significado histórico e comparando-as a narrativas que contemplem outros agentes e discursos.) e EM13CHS502 (Analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, e identificar ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais.)
- **Tema contemporâneo transversal (TCT):** Educação em direitos humanos

Sugestões didáticas

Inicie a aula questionando os estudantes sobre a origem do ser humano: "Os seres humanos evoluíram dos macacos?", ou "Os macacos e os seres humanos compartilham um ancestral comum?". Essa discussão favorecerá o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT208** e das **competências gerais 1**, **2**, **7** e **9**. Com o estudo da evolução humana, surgem também equívocos. Entre eles estão o de que os seres humanos são a espécie mais evoluída do planeta, o de que paramos de evoluir ou de fazer comparações sobre a adaptação e a inteligência de outras espécies usando uma visão antropocêntrica. Nesse caso, ao conversar com os estudantes, enfatize que a evolução é um processo contínuo, que ela ocorre mesmo que não possamos visualizá-la e que todas as espécies viventes estão adaptadas em seu ambiente, uma vez que todas estão vivas.

Ao apresentar a imagem "Classificação dos primatas", relembre brevemente com a turma como se interpreta um cladograma (retome os conceitos de "monofilético", "analogia", "homologia", "plesiomorfia" e "apomorfia").

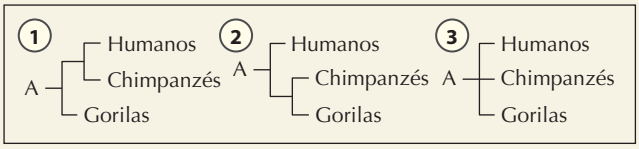
Ao apresentar o quadro "Desenvolvimento tecnológico entre os hominínos", reforce que esse desenvolvimento incluiu a acumulação de conhecimentos através das gerações e dependeu de certos caracteres biológicos das espécies, fixados por seleção natural, como condição básica. Além das ferramentas produzidas, é possível citar outros indícios da existência de populações de seres humanos, como as pinturas rupestres, assim é favorecido o trabalho com a **competência geral 3** ao estimular a valorização de manifestações artísticas e culturais locais.

Sugerimos dois documentários como referências suplementares: *A trajetória do homem na Terra* e *A origem do homem*. Caso não seja possível, sugerimos complementar os estudos com material relacionado à história evolutiva humana indicado no **Fique por dentro** do capítulo.

Atividade complementar

Considerando os cladogramas a seguir, explique a diferença entre eles quanto às hipóteses de parentesco evolutivo entre seres humanos, gorilas e chimpanzés.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ ARQUIVO DA EDITORA



Respostas esperadas

Em 1, seres humanos e chimpanzés são mais intimamente aparentados entre si; em 2, chimpanzés e gorilas são mais intimamente aparentados entre si; em 3, não há dicotomias, ou seja, há dúvidas da proximidade entre esses três grupos.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Polegar opositor: permite a esses animais segurarem-se nos galhos e ramos.

Acentuada mobilidade dos membros em relação ao tronco: facilita a locomoção entre os galhos das árvores.

Visão tridimensional: possibilita uma acurada percepção da distância dos galhos e outros objetos.

Comportamento social (com intenso cuidado com a prole): a complexidade do comportamento social parece estar relacionada com o desenvolvimento e evolução do encéfalo.

2. *Pan* e *Homo*, porque compartilham o mesmo grupo ancestral comum exclusivo. A divergência entre eles é a mais recente.

3. Chimpanzés são de um ramo evolutivo que divergiu antes do surgimento do ramo que originou australopitecíneos e humanos e, por isso, não se trata de uma sequência linear de macaco ao ser humano como mostra a imagem.

4. A alternativa **b** explica corretamente o processo de especiação a partir de um ancestral comum que passa a ter duas ou mais linhagens sob a ação de pressões seletivas distintas, promovendo diferenciação entre elas até que não possam ser consideradas mais da mesma espécie.

5. a. Corpo atarracado (relacionado à menor perda de calor); nariz largo (relacionado com o preaquecimento do ar frio inspirado); domínio do fogo (relacionado à necessidade de aquecimento corporal).

b. Nos gorilas, os caninos são muito desenvolvidos e a arcada dentária é retangular; nos australopitecíneos, os caninos são menos desenvolvidos e a arcada é em "U".

6. Alternativa **b**. Estudos apontam que o aumento do volume craniano e a redução da mandíbula foram as primeiras grandes variações da linhagem humana, junto à bipedia e ao uso de ferramentas, entre outras.

7. a. O DNA mitocondrial se transmite estritamente ao longo da linhagem feminina e, portanto, não sofre influência masculina, permitindo rastrear as linhagens de modo mais confiável.

b. Quanto mais alterações houver em relação a um DNA de referência, mais tempo estará envolvido na diferenciação entre os grupos, já que as mutações ocorrem ao acaso e em taxa conhecida.

8. Alternativa **c**. Como era um período de glaciação, o nível do mar abaixou e partes que eram mais rasas puderam aflorar, supostamente constituindo pontos de parada ao longo da travessia.

9. Alternativa **b**. A ideia mais comum é a da migração de povos de origem asiática da Sibéria até a América do Norte, depois, a migração ao longo da costa ocidental até as Américas Central e do Sul. Contudo, Luzia aparentemente apresentava traços de populações africanas (aí, teríamos outra onda migratória).

10. a. A melanina, pigmento que dá cor à pele, é um eficiente filtro para a radiação ultravioleta, por sua vez importante na síntese de vitamina D. Em ambientes com menor intensidade de UV, como os das regiões temperadas e nas florestas, a melanina passa a ter um efeito limitante sobre a síntese da vitamina D provocando hipovitaminose, raquitismo e eventualmente a morte. Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202** ao tratar das condições favoráveis e limitantes da vida.

b. A radiação UV é nociva para as moléculas de ácido fólico, necessárias no corpo materno para o adequado desenvolvimento embrionário e saúde dos bebês. A melanina ajuda nesse sentido ao filtrar a radiação UV muito mais intensa nas regiões tropicais.

Em foco

1. As normativas têm o intuito de evitar políticas que diferenciem os indivíduos, ao estabelecer que todos são iguais perante a lei. O cumprimento dessas normativas deve ocorrer independentemente da opinião dos governantes e com apoio de políticas públicas eficientes a toda a população, buscando a igualdade e inclusão de todos os cidadãos. Nesse momento é possível trabalhar o TCT **Educação em direitos humanos** e desenvolver a **competência geral 1**.

2. a. A testosterona é o principal hormônio associado ao desenvolvimento do sistema reprodutor masculino e o desenvolvimento dos músculos, entre outras características. Esse hormônio também é produzido em indivíduos do sexo feminino em níveis mais baixos.

b. A afirmação foi feita por um pesquisador, o que pressupõe que ela tenha sido embasada em uma pesquisa. Mas extrapolações indevidas podem sugerir que homens são mais aptos biologicamente para liderar. Pela prática, sabemos que não é assim.

3. Espera-se que os estudantes indiquem que somente por meio da deturpação de teorias e metodologias científicas foi possível justificar a criminalização de determinadas parcelas da sociedade. A atual prevalência dos preconceitos pode ser um resquício da discriminação praticada em outras épocas. Além disso, aspectos culturais, sociais e econômicos são usados para justificar as desigualdades e podem, assim, contribuir para a manutenção de determinados preconceitos na sociedade atual. Caso tenha notado alguma forma de *bullying* ou preconceito ao discutir este tema ou em outros momentos da sua interação com a turma, discutir os artigos da Constituição sobre igualdade pode ser um ponto de partida para debater e tentar solucionar conflitos, com base em comunicação não violenta, escuta ativa e empatia. Essa atividade permite o desenvolvimento das **competências gerais 8** e **9** ao incentivar o combate ao *bullying*, cuidado com saúde mental, valorizar a diversidade humana e o exercício da empatia, respeito ao outro e aos direitos humanos e acolhimento e valorização da diversidade, sem preconceitos. Além disso, é favorecido o trabalho com o **ODS10** e as habilidades **EM13CNT305**, **EM13CHS102** e **EM13CHS502** ao promover a investigação e discussão de outros exemplos de uso indevido das Ciências da Natureza para além do apresentado no texto e apresentar situações problematizando preconceito, identificando ações que promovam os direitos humanos.

É fundamental e urgente a implementação de políticas públicas para superar preconceitos, discriminação e o racismo estrutural em nossa sociedade de grupos considerados minorias, como negros, indígenas, pessoas que habitam periferias e mulheres. É interessante apresentar exemplos aos estudantes de políticas que não protegem grupos sociais, mas, ao contrário, legitimam casos de violência, descaso e maior vulnerabilidade social, relacionando com o conceito de necropolítica.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**. Segundo Oppenheimer, a travessia do Mar Vermelho deve ter ocorrido há cerca de 85 mil anos, durante uma glaciação, mas o Crescente Fértil (Mesopotâmia: Síria e Iraque atuais) só foi colonizado muito depois, por volta de 52 mil anos atrás, quando o clima mais ameno tornou essa área habitável.
2. Alternativa **a**. A passagem do Estreito de Bering pouco antes da última glaciação permitiu que os humanos chegassem à América do Norte, mas a glaciação que se seguiu interrompeu essa migração. Mais tarde, a partir de 15 mil anos atrás, os humanos remanescentes dessa crise climática prosseguiram pela costa oeste até atingir a América Central e a América do Sul. A cronologia dessa expansão e a ocorrência de apenas um movimento migratório são pontos ainda discutidos.
3. Alternativa **d**. O tronco corpulento, como o dos neandertais, apresenta menos superfície em relação ao seu volume, reduzindo a perda de calor em ambientes frios. O aumento da importância dos molares – usados para triturar – e a redução dos caninos são evidências de mudança da dieta, com um aumento na proporção de vegetais; a pele escura ou melanizada em regiões tropicais com intensa radiação contribui para reduzir a penetração dos raios ultravioleta, mutagênicos e cancerígenos.
4. Alternativa **b**. Estudos apontam que eles construíram ferramentas elaboradas, produziram arte e desenvolveram a criatividade, a linguagem, a organização social e a cultura, aprimorando o sentido simbólico.
5. Alternativa **e**. Acredita-se que, do Crescente Fértil, há 45 mil ou 50 mil anos, o *Homo sapiens* se expandiu para a Europa e lá encontrou os neandertais, que dominaram a área por mais de 200 mil anos e acabaram sendo sobrepujados pelos novos habitantes da Europa, extinguindo-se por volta de 28 mil anos atrás. A coexistência das duas espécies foi muito mais curta que 100 mil anos.
6. Acredita-se que o *Homo sapiens* tenha surgido na África e depois migrado para a Europa, onde pode ter intercruzado com o *H. neanderthalensis*, incorporando sequências gênicas desta espécie, que se mantiveram nos europeus e asiáticos. Tais sequências não aparecem nos africanos porque os neandertais não habitavam a África e por isso não havia trocas gênicas com povos africanos.
7. **a.** Condição bípede, fabricação de ferramentas de pedra, consumo expressivo de proteína animal, encefalização, revolução criativa e tecnológica, ocupação de todos os continentes.

   b. A exploração das carcaças foi muito facilitada pelo uso de instrumentos. Desprovido de defesas naturais efetivas contra os grandes predadores das savanas, o alongamento das pernas seria adaptativo pois aumenta a velocidade da corrida e a capacidade para realizar longas caminhadas à procura dos recursos muito mais dispersos que nas florestas. Finalmente, na savana, a postura ereta, associada ao hábito bípede, permitiria alargar o campo de visão, aumentando a eficiência da localização de predadores e do próprio alimento.
8. **a.** O Crescente Fértil corresponde à região da Mesopotâmia, que compreende a Síria e o Iraque atuais. Nessa região houve uma mudança do modo de vida caçador-coletor para agropastoril.

   b. Foi o aquecimento rápido que se verificou há cerca de 50 mil anos no período interglacial. Esse aquecimento fez os gelos recuarem para mais próximo dos polos e aumentou o volume de chuvas, fazendo regredirem desertos, como o que se estendia pela região da Mesopotâmia, e abrindo os caminhos para a Europa.
9. A espécie *Homo neanderthalensis* e a espécie *Homo heidelbergensis*, que habitavam a Europa, partilharam um ancestral comum. A espécie *Homo sapiens* teve um ancestral comum com outra linhagem de *Homo neanderthalensis,* que habitava a África, passando por um processo de diferenciação ao longo do tempo até que se tornassem linhagens distintas. Embora não se saiba cientificamente as causas para a extinção do *Homo neanderthalensis,* é possível supor que as condições do ambiente começaram a mudar reduzindo a sobrevivência e/ou reprodução dos indivíduos até que a espécie se extinguiu. Essa atividade propicia o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT208** ao incentivar a aplicação dos princípios da evolução biológica para analisar a história humana considerando sua diversificação e dispersão pelo planeta.
10. Os estudantes podem considerar diferentes aspectos da tecnologia como fatores de pressão seletiva da espécie humana. Não é esperada uma resposta correta, mas que os estudantes sejam capazes de argumentar em relação à seleção sobre a espécie humana exercida pela tecnologia e os impactos sobre a interação com a natureza, e em relação ao respeito e à valorização da diversidade étnica e cultural humana em meio ao mundo tecnológico/virtual cada vez mais globalizado.

    Essa atividade favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT305** e das **competências gerais 2** e **7**.
11. Os estudantes podem realizar pesquisas para saber mais a respeito do Parque Nacional da Serra da Capivara. Entre as possíveis respostas, eles podem citar a identificação dos grupos humanos que viveram na região, a preservação do parque e a valorização da cultura das comunidades locais, que protegem o local e buscam preservar as pinturas dos desgastes provocados pelas condições climáticas ou pelas visitas desacompanhadas. Essa atividade desenvolve a **competência geral 3** e o **ODS 11**, ao valorizar manifestações culturais e pelos esforços em salvaguardar o patrimônio cultural do mundo.

    No aspecto socioambiental, além do auxílio a pesquisadores e atuação como guias turísticos, o envolvimento da comunidade tradicional local atualmente é tão grande que as pinturas rupestres passaram a ser reproduzidas em pratos, copos, chaveiros e artigos de decoração feitos com cerâmica e outros materiais naturais oriundos da região. Os estudantes também podem citar que o estabelecimento do Parque Nacional pode estimular e favorecer a proteção e demarcação de territórios de povos quilombolas da região, a exemplo do território quilombola Lagoas, reconhecido em 2009, que ajudam a proteger o ambiente dos impactos de mineradores e de agropecuaristas.

Capítulo 4 Populações, interações bióticas e comunidades

O objetivo geral do capítulo é apresentar aos estudantes os principais conceitos em Ecologia de populações, tendo como foco a população humana e trabalhando as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202** e **EM13CNT303** com discussões atualizadas e fundamentadas. Serão oportunas as interações com o professor do componente curricular Matemática e da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, por meio da análise de gráficos populacionais, pirâmides etárias e eventos históricos.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- discutir a tendência de crescimento demográfico humano, interpretando as variações no tamanho da população humana ao longo de sua história;
- reconhecer que a densidade e o tamanho das populações são regulados pelas relações ecológicas entre as espécies da comunidade e por fatores limitantes;
- correlacionar a sucessão ecológica e dinâmica dos ecossistemas reconhecendo as principais variáveis: biomassa, produtividade e biodiversidade;
- identificar as interferências socioculturais no ambiente ao longo do desenvolvimento da civilização humana e posicionar-se criticamente diante das soluções para os problemas ambientais propostas em âmbito individual e governamental.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais**: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT101, EM13CNT202, EM13CNT205, EM13CNT301, EM13CNT302 e EM13CNT303
- **Habilidade de outra área do conhecimento:** EM13CHS103 (Elaborar hipóteses, selecionar evidências e compor argumentos relativos a processos políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e epistemológicos, com base na sistematização de dados e informações de diversas naturezas (expressões artísticas, textos filosóficos e sociológicos, documentos históricos e geográficos, gráficos, mapas, tabelas, tradições orais, entre outros).)
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Trabalho, Vida familiar e social, Educação em direitos humanos, Direitos da criança e do adolescente e Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso

Sugestões didáticas

Ao analisar o gráfico "Crescimento da população mundial entre 1700 e 2100", é importante que os estudantes percebam a diferença entre a curva de crescimento populacional e a curva da taxa anual de crescimento populacional. A taxa é a velocidade ou o ritmo com que o tamanho da população varia, ou seja, refere-se à inclinação da curva de crescimento populacional. Eles devem notar, por exemplo, que o pico da taxa anual de crescimento ocorreu no momento de inclinação máxima da curva de crescimento populacional; isso representa, portanto, um crescimento mais rápido.

Ao mencionar o *Censo Demográfico de 2022*, aproveite para comentar com os estudantes que esse levantamento também permitiu identificar dados inéditos sobre indígenas e quilombolas. A pesquisa constatou, por exemplo, que os indígenas correspondem a 0,83% da população brasileira e que, do censo de 2010 para o de 2022, houve um aumento de 88,82% de brasileiros que se identificam com alguma etnia indígena. Os quilombolas respondem por 0,65% da população total e apenas 12,6% deles vivem em áreas com reconhecimento oficial, revelando a necessidade de políticas públicas de demarcação de terras e de garantia de permanência dos jovens em seus locais de origem.

Os estudantes devem reconhecer a importância de mapear características de grupos minoritários e de delinear políticas públicas para atender suas especificidades. Essa percepção auxilia os estudantes na formação de atitudes e valores que lhes permitam interagir em prol da construção de uma nação democrática, reconhecendo os direitos de todos os cidadãos e valorizando suas identidades.

Na seção **Trabalho e juventudes** é possível desenvolver com os estudantes os TCTs **Trabalho**, **Vida familiar e social**, **Educação em direitos humanos**, **Direitos da criança e do adolescente** e **Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso**. Nesta seção, espera-se que os estudantes percebam a importância das análises de perfil demográfico para a avaliação de seu histórico, assim como de tendências e projeções, a fim de subsidiar a formulação de políticas públicas dirigidas aos diferentes grupos da população atual e futura. Além disso, diante do cenário de progressivo envelhecimento da população brasileira, pretende-se que os estudantes reconheçam a parcela de jovens como estratégica para o futuro do país.

Se achar oportuno, pesquise e compartilhe com os estudantes mais informações referentes aos dados demográficos brasileiros diretamente na página do IBGE sobre o censo ou baixe suas publicações em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=publicacoes (acesso em: 14 set. 2024). Também sugerimos um vídeo do IBGE que explica a taxa de fecundidade, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=OymHhJp7QaA (acesso em: 14 set. 2024); e uma reportagem sobre os resultados do Censo de 2022, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=oOZqOnOS0qA (acesso em: 14 set. 2024). Os estudantes serão, então, estimulados a desenvolver as **competências gerais 1**, **2**, **6** e **10**, e as habilidades **EM13CNT205**, **EM13CNT301**, **EM13CNT303** e **EM13CHS103**.

Ao introduzir o tópico "Interações bióticas", é importante discutir com os estudantes o antigo termo "simbiose". O termo foi criado em 1879 pelo médico e botânico alemão Heinrich Anton de Bary (1831-1888) e tem sido equivocadamente usado como sinônimo de mutualismo. Na verdade, refere-se a toda e qualquer associação estável e fisicamente íntima entre indivíduos de espécies diferentes, seja positiva, seja negativa. Assim, podemos considerar três tipos bem definidos de simbiose: o parasitismo, o comensalismo e o mutualismo.

As interações não são fenômenos imutáveis e simplesmente divididos em categorias fixas e bem delimitadas. Seus parâmetros podem variar tanto em tempo ecológico (escala do tempo de vida dos organismos) quanto em tempo evolutivo (período de muitas gerações dos organismos).

A atividade **Na prática** pretende explorar o problema ecológico enfrentado por superpopulações em ambientes com recursos limitados (competição intraespecífica). Além disso, a atividade segue princípios do método hipotético-dedutivo. Ela trabalha as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202**, **EM13CNT205**, **EM13CNT301** e **EM13CNT303** e as **competências gerais 2**, **4** e **5**.

O último item da lista de procedimentos propõe uma apresentação para a classe, que permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**. Já no início da atividade, pode-se pedir aos estudantes que comecem a pensar em como a realizarão, isto é, se vão usar cartazes, vídeos, fotografias, apresentação de

slides etc. Sugerimos que a apresentação de cada grupo seja avaliada enfatizando-se conteúdos atitudinais e procedimentais, além dos conceituais.

Em **Prepare-se!**, espera-se que no item **a** os estudantes proponham uma hipótese que associe a condição de superpopulação a impactos negativos no desenvolvimento de seus indivíduos, dado o contexto de limitação de recursos. Já no item **b**, espera-se que os estudantes deduzam que, em razão da limitação de recursos, o desenvolvimento das plântulas de feijão será impactado pelo aumento de indivíduos por vaso.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Alternativa **d**. Como as taxas que tendem a aumentar o tamanho populacional se igualam com as que tendem a reduzi-lo, o efeito esperado é o de estabilidade.
2. Alternativa **b**. A resistência do meio limita o potencial de crescimento populacional. Quanto mais indivíduos, maior a limitação de recursos por indivíduo reduzindo seu sucesso ecológico.
3. A predação de determinadas presas por seus predadores torna-se um fator regulador por alterar a taxa de mortalidade, em especial das presas. Quando o tamanho populacional das presas é grande, a predação é mais intensa; quando a população de presas é pequena ela é menos intensa.
4. Colônias são associações de indivíduos da mesma espécie, com maior ou menor intimidade física entre si e formados geralmente por reprodução assexuada, sendo, portanto, geneticamente iguais. Nas colônias isomórficas, os indivíduos componentes são morfologicamente iguais, como ocorre nos corais. Nas colônias heteromórficas, há diferenciação funcional e morfológica entre os indivíduos, como é o caso da caravela (*Physalia physalis*).
5. **a.** Espécies pioneiras são aquelas que primeiro se instalam em um novo ambiente.
   b. Estágios serais são os estágios que se sucedem ao longo da sucessão, antes que a comunidade entre em equilíbrio ou atinja o clímax.
   c. Ao longo da sucessão, a comunidade vai se alterando com o ambiente, de modo que as espécies sejam substituídas umas pelas outras até que a comunidade atinja um equilíbrio no qual a composição de espécies e suas respectivas abundâncias deixam de variar significativamente. Essa comunidade estável é a comunidade clímax.
   d. Sucessão primária é aquela que ocorre em ambientes novos, nunca antes colonizados.
   e. Sucessão secundária é a que ocorre em ambientes que já foram colonizados, mas que sofreram perturbações, como queimadas ou desmatamentos.
6. Alternativa **c**. Ao longo da sucessão ecológica, com a colonização do ambiente por novas espécies e alterações do meio abiótico, a biomassa geral tende a aumentar.

Trabalho e juventudes

1. Os grupos com maior diminuição são o de 10 a 14 anos e o de 15 a 19 anos. Houve maior crescimento nos grupos de 55 a 59 anos, 60 a 64 anos e 65 a 70 anos. Essas evidências indicam que a população brasileira está em processo de envelhecimento.
2. Os estudantes devem observar que o valor do sexo feminino ultrapassou o do masculino no grupo de 25 a 29 anos. Essa diferença geralmente está associada a uma maior mortalidade dos indivíduos do sexo masculino, principalmente na juventude, por causas não naturais, como violência e acidentes (habilidade **EM13CNT207** e **competência geral 2**).
3. A geração de recursos promovida pelo trabalho realizado pela população economicamente ativa permite que o governo formule e implemente políticas públicas que atendam às crianças e aos idosos aposentados, como serviços públicos de saúde, educação, assistência social, transporte e moradia, além do pagamento das aposentadorias. Essa questão contribui para o desenvolvimento da **competência geral 6**.
4. Essa questão contempla as **competências gerais 6**, **9** e **10**, o **ODS 8**, pelo qual promove o trabalho decente e crescimento econômico, e o TCT **Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso**.
   a. Políticas de redução da mortalidade infantil, visando-se garantir força de trabalho futura; políticas para uma educação de qualidade; políticas de cuidado com a primeira infância, como licença maternidade/paternidade e fornecimento de creches públicas.
   b. Políticas de qualificação profissional e de inclusão no mercado de trabalho; políticas de combate ao desemprego; políticas que visem contribuir para uma boa qualidade de vida (renda, saúde, bem-estar), a fim de manter apta para o trabalho a parcela populacional em idade produtiva.
   c. Além de políticas para o pagamento das aposentadorias, a demanda é de políticas de saúde física e mental dos idosos; políticas de adaptação de transportes, vias públicas e moradias; políticas de investimento em serviços de assistência social; políticas de formação profissional de cuidados com o idoso (cursos livres, graduações e pós-graduações); políticas de combate ao etarismo e de valorização da pessoa idosa.
5. Como as mulheres passam a ter cada vez menos filhos, a população apresenta, proporcionalmente, mais adultos e idosos, denotando um quadro de envelhecimento progressivo. Para a pesquisa, as referências a seguir mostram, respectivamente, a transição da fecundidade no Brasil ao longo do século XX e um relatório que inclui, também, a relação dessa taxa com as transformações demográficas do país, as causas desse fenômeno, projeções e políticas públicas associadas.

   FUNDO DA POPULAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Fecundidade e dinâmica da população brasileira. Brasília: Fundo da População das Nações Unidas no Brasil, 2018. Disponível em: https://brazil.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/swop_brasil_web.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

   GONÇALVES, G. Q. *et al*. A transição da fecundidade no Brasil ao longo do século XX – uma perspectiva regional. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 36, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbepop/a/ZcHzYKQDKBKtkSrmPzhpFqn/. Acesso em: 14 set. 2024.
6. Espera-se que os estudantes reconheçam a importância dos dados demográficos (como as pirâmides etárias) para que os governos e a sociedade avaliem o perfil populacional pretérito, atual e futuro, e façam projeções que embasem a formulação e a implementação de políticas públicas voltadas a diferentes grupos da população brasileira, até mesmo antecipando-se às necessidades vindouras dos cidadãos. Além disso, ao focar no segmento populacional de jovens de 15 a 29 anos, espera-se que os estudantes o reconheçam (e se reconheçam) como estratégico para o futuro do país. Essa questão possibilita trabalhar as **competências gerais 1**, **2**, **6**, **9** e **10**.

Na prática

1. Espera-se que os estudantes notem que, nos vasos com menos sementes, as plantas se desenvolvem melhor, pois há maior disponibilidade de recursos por indivíduo. Assim, a biomassa média de indivíduo nos vasos com menos sementes tende a ser maior do que nos vasos com mais sementes.
2. Os recursos potencialmente limitantes para o desenvolvimento das plantas são água, CO_2, luz e nutrientes do solo. A água foi oferecida na mesma quantidade em todos os vasos em razão da rotina de rega; contudo, nos vasos com mais indivíduos a absorção de água foi maior e, dependendo do volume adicionado a cada rega, a água pode ter sido limitante nesses casos. Já o CO_2 esteve plenamente disponível, já que os vasos foram mantidos em ambiente externo e, portanto, arejado; logo, não se espera que esse fator possa ter limitado a fotossíntese em nenhum vaso. Quanto à luz, nos casos de maior aglomeração de indivíduos, a incidência total de luz por indivíduo pode ter sido menor levando-se em conta o sombreamento entre as folhas. Quanto ao solo, cuja quantidade utilizada foi a mesma em todos os vasos, a disponibilidade de nutrientes minerais nele presentes possivelmente diminuiu à medida que as plantas se desenvolveram. Como o consumo total de nutrientes aumenta com a elevação do número de indivíduos, considerando o mesmo estoque inicial disponível em todos os vasos, a limitação por nutrientes poderia prover a melhor explicação para os resultados obtidos.
3. A superpopulação pode ter problemas quando os recursos são limitados, pois os efeitos da escassez de um recurso limitante tendem a se intensificar quando se aumenta a densidade populacional, gerando-se uma crescente competição intraespecífica.
4. Com o aumento da população, a quantidade de recursos disponíveis por indivíduo tende a diminuir, limitando o desenvolvimento de cada indivíduo. A competição intraespecífica é um fator dependente da densidade populacional e, por isso, capaz de regular o tamanho das populações.
5. Como os vasos são inicialmente iguais, a capacidade de suporte do ambiente-vaso é o número de indivíduos de feijão a partir do qual a biomassa média de indivíduo começa a diminuir, ou seja, quando a população se aproxima da capacidade de suporte, a competição intraespecífica passa a se intensificar e a biomassa individual média começa a diminuir. A resistência do meio é exatamente o que produz a limitação do desenvolvimento individual à medida que o número de indivíduos aumenta.
6. Espera-se que os estudantes transponham os resultados da atividade para um panorama hipotético de grande aumento da população humana mundial. Quanto maior for a população, maior será a demanda por recursos naturais (como água potável e alimentos) por indivíduo, que poderão se tornar cada vez mais escassos. Com isso, muitas populações, especialmente de países menos desenvolvidos, enfrentarão dificuldades em obter recursos que lhes garantam condições de vida digna e plena.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**. A lombriga *Ascaris lumbricoides* é um comum endoparasita do intestino humano. Os liquens são associações mutualísticas em que as algas ou cianobactérias recebem nutrientes minerais dos fungos e estes recebem matéria orgânica que elas produzem por meio da fotossíntese. A coruja se alimenta de pequenos roedores, o que caracteriza a interação como predação. As bactérias fixadoras de nitrogênio participam de uma interação mutualística em que as bactérias absorvem nitrogênio do ar e o convertem em compostos nitrogenados que servem de nutrientes às leguminosas, ao passo que estas provêm *habitat* adequado às bactérias. A interação entre peixes-piloto e tubarões proporciona vantagens para os peixes, mas sem afetar o tubarão, denotando um caso de comensalismo.
2. Alternativa **a**. O aumento da diversidade de espécies favorece o aumento da complexidade das interações tróficas e, portanto, da teia alimentar (**EM13CNT101**).
3. Alternativa **d**. O maior risco de extinção ocorre quando, no presente, não há jovens suficientes para repor os óbitos no futuro (população B); a população começando a expandir é aquela que tem poucos indivíduos adultos e senescentes e uma grande quantidade de plântulas (população A). Essa questão trabalha as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT205** e **EM13CNT301** e a **competências geral 2**.
4. Corretas: 01, 04 e 08. A emigração é a saída de indivíduos da população. No final de 2008, a população era de 1343 e o aumento foi de cerca de 79%, não 100%.
5. **a.** Protocooperação, pois as duas espécies envolvidas são beneficiadas, mas a interação não é obrigatória para a sobrevivência delas.
   b. O mutualismo, que se distingue da protocooperação por ser uma relação muito mais íntima, além de ser obrigatória.
6. Essa atividade desenvolve as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT205** e **EM13CNT301** e a **competência geral 2**.
   a. Tamanho das populações: sapos – 6 indivíduos; gafanhotos – 25 indivíduos. Densidade populacional: sapos – 0,1 indivíduo por m^2; gafanhotos – 0,42 indivíduo por m^2.
   b. Como há 6 sapos, a cada 5 dias a população de gafanhotos perde 6 indivíduos; logo, a população de gafanhotos perde 12 indivíduos em 10 dias. Como a população inicial de gafanhotos era de 25 indivíduos, o tamanho final ficou em 13 indivíduos, e a densidade, em 13 indivíduos por 60 m^2, ou aproximadamente 0,22 indivíduo por m^2. Quanto à taxa de mortalidade, como são 12 gafanhotos mortos em 10 dias, tem-se 1,2 indivíduo morto por dia. Com essa taxa, o número de dias necessários para extinguir a população de 25 gafanhotos será de aproximadamente 21 dias.
7. Os TCTs **Trabalho** e **Educação em direitos humanos** podem ser discutidos nesse momento. Nessa atividade serão trabalhadas as **competências gerais 6**, **7** e **10**, a habilidade **EM13CHS103** e o **ODS 5**.
   a. Trata-se do tratamento igualitário quanto à garantia de direitos e oportunidades a qualquer indivíduo, independentemente de sua identificação com o gênero feminino ou masculino. As pesquisas populacionais fornecem uma série de dados (nível educacional, ocupação profissional, faixa salarial, tipos de família, expectativa de vida etc.) que permitem fazer comparações entre os gêneros feminino e masculino, a fim de avaliar aspectos da desigualdade de gênero.
   b. Essa questão oferece a oportunidade de desenvolver uma grande variedade de argumentos, a depender da meta do **ODS 5** selecionada por cada estudante. Por exemplo, se a meta 5.a for escolhida, pode-se focar no trecho "direitos iguais aos recursos econômicos" para

argumentar sobre desigualdade salarial. Nesse sentido, pode-se apoiar em dados como o da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (Pnad), de 2019, que apontou que o rendimento das mulheres equivale a cerca de 77,7% do rendimento dos homens.

Reflita sobre seu aprendizado

Solicite aos estudantes que também utilizem as perguntas dessa seção para autoavaliar suas compreensões sobre as principais ideias discutidas nesta unidade. Proponha a eles que retomem as respostas da seção **Pense nisso!** que elaboraram no início do estudo e as reescrevam com base nos seus conhecimentos atuais sobre os temas estudados. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando, portanto, a mobilização das **competências gerais 1** e **6**. As diferentes atividades propostas ao longo dos capítulos podem ser empregadas na avaliação formativa, possibilitando o acompanhamento das aprendizagens e servindo de subsídios para as intervenções necessárias de acordo com as diferentes realidades e possibilidades de salas de aula. A seção **Atividades de fechamento**, ao final de cada capítulo, visa avaliar a aprendizagem dos estudantes em relação aos principais conteúdos abordados, incluindo atividades de vestibular, a fim de preparar os estudantes para exames de larga escala.

Educação midiática

A seção tem como objetivo que os estudantes desenvolvam as habilidades de:

- analisar informações provenientes de diferentes mídias, compreendendo criticamente o contexto de produção e circulação das informações;
- apropriar-se de processos de pesquisa e curadoria, buscando informação que complemente ou expanda o repertório cultural e midiático, comparando informações obtidas;
- produzir uma peça midiática que reflita as pesquisas realizadas, selecionando os dados mais relevantes e articulando-os de forma eficaz.

A seção possibilita o trabalho com as **competências gerais 4**, **5**, **6**, **7**, **9** e **10** e as habilidades **EM13LP30** (Realizar pesquisas de diferentes tipos (bibliográfica, de campo, experimento científico, levantamento de dados etc.), usando fontes abertas e confiáveis, registrando o processo e comunicando os resultados, tendo em vista os objetivos pretendidos e demais elementos do contexto de produção, como forma de compreender como o conhecimento científico é produzido e apropriar-se dos procedimentos e dos gêneros textuais envolvidos na realização de pesquisas.), **EM13LP41** (Analisar os processos humanos e automáticos de curadoria que operam nas redes sociais e outros domínios da internet, comparando os feeds de diferentes páginas de redes sociais e discutindo os efeitos desses modelos de curadoria, de forma a ampliar as possibilidades de trato com o diferente e minimizar o efeito bolha e a manipulação de terceiros.) e **EM13LP43** (Atuar de forma fundamentada, ética e crítica na produção e no compartilhamento de comentários, textos noticiosos e de opinião, memes, *gifs*, remixes variados etc. em redes sociais ou outros ambientes digitais.).

Pergunte aos estudantes se acompanham jornalistas, comunicadores ou cientistas que trabalhem com divulgação científica, como no canal "Nunca vi 1 cientista" ou no *podcast* "Ciência Suja", por exemplo. Questione a respeito das percepções deles sobre a presença de cientistas no debate público e solicite que, se puderem, deem exemplos de mudanças comportamentais ou de pensamento provocadas em decorrência do conhecimento científico divulgado em mídias digitais (como as redes sociais) ou na imprensa. A respeito das questões iniciais, podem ser levantados os seguintes aspectos:

1. As diferenças são as etapas "Disponibilização em plataformas de *preprint*" e "Mídias digitais: redes sociais, *blogs*, plataformas de vídeos, *podcasts* etc.", que estabelecem conexões novas com as já presentes no modelo tradicional.
2. Nesse tipo de avaliação, os artigos científicos são analisados por pesquisadores da mesma área, mas que não tiveram participação no estudo em questão. A função dessa etapa é detectar eventuais erros e corrigi-los, esclarecer pontos que tenham ficado imprecisos e complementar com informações necessárias para o pleno entendimento do assunto tratado.
3. Na etapa de *preprint*, os cientistas disponibilizam seus artigos em plataformas *on-line* antes de serem submetidos à revisão por pares, portanto, antes de serem publicados.
4. A importância de comunicar para a comunidade científica reside em apresentar evidências que reforcem ou refutem conhecimentos anteriores ou que representem conhecimentos inéditos. Além disso, os resultados podem servir de subsídio para pesquisas posteriores. Os dados apresentados também podem fundamentar a produção de tecnologia e auxiliar governantes e gestores públicos na formulação e implementação de políticas públicas e na orientação da população sobre aspectos diversos. Convém ainda acrescentar que boa parte da produção científica recebe financiamento público e que parte significativa desses recursos provêm de impostos e tributos pagos pela sociedade; logo, esse é mais um motivo que exige dos pesquisadores não só prestar contas acerca de suas atividades acadêmicas, como também compartilhar os resultados de seus estudos.
5. No modelo tradicional, as produtoras de eventos científicos e as editoras de revistas científicas enviam comunicados aos veículos de imprensa (jornais, revistas, TV etc.) informando sobre as atividades que serão realizadas e os artigos que serão publicados, respectivamente. Então ocorre a cobertura jornalística, em que são selecionados assuntos a serem pautados nas diferentes mídias (impressa, *on-line*, audiovisual etc.), por meio do trabalho de jornalistas e outros comunicadores especializados em divulgação científica.

   No novo modelo, somam-se à sequência tradicional as mídias digitais (redes sociais, *blogs*, plataformas de vídeos e *podcasts* etc.) que pautam pesquisas científicas não só relacionadas a eventos científicos e revistas especializadas, como também a artigos disponibilizados nas plataformas de *preprint*, dinamizando ainda mais a comunicação científica. Um ponto importante é que essas mídias digitais não são exclusivas dos veículos de imprensa tradicionais; portanto, indivíduos não associados a instituições de mídia/informação podem participar do processo de divulgação científica (o que inclui os próprios pesquisadores).

As plataformas de *preprint* divulgam mais rapidamente os resultados das pesquisas e representam uma forma de comunicação informal, uma vez que não passam pelo processo de revisão por pares. Nesse contexto, ainda que a comunicação seja agilizada, as chances de cometer imprecisões aumenta. Durante a pandemia de covid-19, por exemplo, muitos artigos foram disponibilizados nessas plataformas, mas, apesar de sua importância para atender à demanda urgente de conhecer e combater

a doença, alguns deles acabaram sendo mal interpretados, gerando distorções no entendimento pela sociedade. Ademais, isso pode fomentar movimentos de produção de *fake news* e de desvalorização da Ciência.

Se possível, acesse com os estudantes o SciELO (Scientific Electronic Library Online), uma plataforma digital que disponibiliza, em acesso aberto, artigos de vários periódicos científicos, sobretudo brasileiros (disponível em: https://www.scielo.br/; acesso em: 14 set. 2024). Mostre aos estudantes exemplos de artigos científicos e peça-lhes que descrevam a sua organização (por exemplo, os subtítulos padronizados, as referências a trabalhos prévios que subsidiaram a presente pesquisa etc.). Comente que esses periódicos científicos existem em formatos impresso e digital.

Ao acessar materiais de divulgação científica (reportagens, notícias, *podcasts*, textos de *blogs*, *posts* em redes sociais etc.), peça aos estudantes que comparem o respectivo discurso com aquele encontrado nos artigos científicos. Espera-se que eles detectem a transposição do discurso científico, que é técnico, especializado, hermético e padronizado, para um discurso de divulgação, que tem características que permitem ao público-alvo, que geralmente é leigo em Ciência, compreender o assunto com clareza.

Comente com os estudantes que a produção científica conta com atores que não necessariamente integram a comunidade científica, como governantes, gestores públicos, empresas públicas e privadas e setores da sociedade civil. Ressalte que, como a Ciência envolve a participação direta ou indireta de diferentes entes, é inevitável que ela seja permeada por uma série de questões de caráter político, econômico, social, jurídico, ético etc.

Independentemente da proposta escolhida pelos estudantes, oriente-os a priorizar informações que foram decisivas para eles mesmos compreenderem o fluxo da pesquisa científica até sua repercussão na sociedade. Com isso, eles deverão se dedicar ao esforço de comunicar os resultados das próprias pesquisas, apropriando-se dos conceitos e das relações estabelecidas.

No caso do infográfico, enfatize que a linguagem deve ser sintética e objetiva, privilegiando aspectos essenciais do objeto e deixando que as relações de sentido entre os elementos sejam construídas, sobretudo, visualmente. Por isso, é importante que os estudantes escolham recursos gráficos e imagéticos que acomodem os dados que eles pretendem destacar no infográfico. *Sites* gratuitos oferecem muitos leiautes (*templates*) de infográficos, que podem ajudar a visualizar previamente como as informações serão apresentadas.

Em relação à matéria, é importante que se preze pela clareza e objetividade textual, evitando-se construções prolixas e complexas que possam desinteressar o leitor ou atrapalhar sua compreensão do texto. É possível também lançar mão de imagens para ilustrar a matéria.

Ao final da seção são apresentados alguns critérios para a autoavaliação dos estudantes. Caso considere pertinente, monte uma tabela de rubricas considerando os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente para cada um dos critérios sugeridos. Sugerimos a referência suplementar MENDONÇA, A. P.; COELHO, I. M. W. da S. Rubricas e suas contribuições para a avaliação de desempenho de estudantes. *In*: SOUZA, A. C. R. de *et al*. **Formação de professores e estratégias de ensino**: perspectivas teórico-práticas. Curitiba: Appris, 2018. p. 109-125.

UNIDADE 2 ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Vida, energia e sustentabilidade são inseparáveis. Para entender essa relação, é fundamental estudar as células e seus processos, especialmente o metabolismo energético. Esses conhecimentos ajudam a compreender a dinâmica das populações e comunidades, fornecendo elementos para avaliar impactos humanos no ambiente e orientar o desenvolvimento sustentável.

1. As trocas ocorrem através da membrana plasmática, que tem permeabilidade seletiva, e, quando presente, também através da parede celular, que não exerce efeito seletivo.
2. Há fotossintetizantes procariontes (como cianobactérias) e eucariontes (plantas e algas). Nas células desses organismos há parede celular, membrana plasmática e citoplasma; nas eucarióticas, também estão presentes núcleo, mitocôndrias, cloroplastos e outras organelas.
3. Os dois processos relacionam-se com o metabolismo energético, sendo que, na fotossíntese, a energia luminosa é transformada em energia química e armazenada em moléculas orgânicas e, na respiração celular, há liberação dessa energia. Nos eucariontes, a fotossíntese ocorre nos cloroplastos, e a respiração, nas mitocôndrias.
4. Diversos são os exemplos, como poluição, descarte inadequado de resíduos e problemas relacionados à saúde humana. Áreas de conservação são essenciais para proteger a biodiversidade e garantir o equilíbrio dos ecossistemas.

Capítulo 5 Introdução à Citologia e envoltórios celulares

O surgimento da Citologia está intimamente ligado ao desenvolvimento do microscópio, que envolveu conhecimentos de Física. Neste capítulo, são apresentados métodos de preparo dos tecidos para estudo microscópico, incluindo o uso de corantes, que envolve aspectos químicos. Em seguida, analisam-se os envoltórios celulares, associando esse conhecimento a aplicações tecnológicas. A abordagem envolve a **competência geral 1** e habilidade **EM13CNT202**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- explicar a célula como unidade morfológica e funcional dos seres vivos;
- reconhecer a importância dos microscópicos para o estudo das células e os avanços científico-tecnológicos decorrentes nas diversas áreas;
- diferenciar estrutural e funcionalmente a parede celular da membrana plasmática;
- explicar a importância da membrana plasmática na manutenção das condições ideais no meio intracelular e nas trocas com o ambiente.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT308 e EM13CNT310.
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Ciência e tecnologia, Educação ambiental, Educação para o consumo, Diversidade cultural, Vida familiar e social, Educação em direitos humanos e Direitos da criança e do adolescente

Sugestões didáticas

Retome conhecimentos do Ensino Fundamental, com foco nas lentes convergentes do olho humano (córnea e cristalino) e explique que, nos microscópios, as lentes são convergentes. Relembre os estudantes de que as lentes desviam os raios luminosos (refração) e que nas lentes convergentes os raios paralelos incidentes, ao atingirem sua superfície, convergem para um ponto focal; nas divergentes, os raios se afastam e se espalham.

No tópico "Os microscópios eletrônicos", comente com os estudantes a importância dos conhecimentos de Física, Química e Engenharia no desenvolvimento desses equipamentos. Isso inclui, por exemplo, compreender o comportamento dos elétrons, o uso de campos eletromagnéticos para direcioná-los, sua interação com as amostras, o papel das propriedades dos materiais nessas interações e o preparo das amostras usando metais.

Ao abordar o tópico "Processos de troca entre a célula e o meio", enfatize a importância das proteínas no controle seletivo dessas trocas, a diferença de concentração de íons e moléculas que estão dentro e fora da célula. Para o conhecimento e/ou aprofundamento dos aspectos históricos ligados à teoria celular, sugerimos a referência suplementar: PRESTES, M. E. B. **Teoria celular**: de Hooke a Schwann. São Paulo: Scipione, 1997.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Essa questão contribui para o desenvolvimento da **competência geral 1** e da habilidade **EM13CNT201**.
   - **a.** A teoria celular propõe que todos os organismos são formados por células, que são a unidade morfológica e funcional dos seres vivos, e que todas as células derivam de células preexistentes por divisão celular.
   - **b.** O postulado de que células derivam de células preexistentes está relacionado com os experimentos de Pasteur, que corroboraram a hipótese da biogênese ao concluir que microrganismos não surgem por geração espontânea, mas se reproduzem a partir de outros já existentes no ar.
   - **c.** Os avanços na microscopia permitiram que os pesquisadores observassem e estudassem as células, identificando padrões que levaram à formulação dos postulados da teoria celular.
2. A ampliação é de 400 vezes (10×40).
3. A maioria dos vírus só é visível ao microscópio eletrônico, pois suas dimensões são tão pequenas que os microscópios de luz não têm aumento e resolução suficientes para visualizá-los. Essa atividade favorece o trabalho com as **competências gerais 1** e **2** e as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**.
4. A análise de células e do funcionamento de microscópios eletrônicos favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT308** e visa trabalhar a intepretação de imagens.
   - **a.** A microscopia eletrônica de transmissão, pois utiliza materiais em cortes, possibilitando a visualização de estruturas internas da célula.
   - **b.** A imagem **B**, pois mostra o interior da célula.
5. Os microscópios permitem que os profissionais de saúde examinem amostras em busca de microrganismos patogênicos. Isso possibilita a detecção e identificação de agentes causadores de doenças e a implementação de tratamentos e medidas preventivas de saúde pública visando melhorar a qualidade de vida da comunidade.
6. Difusão simples, pois representa o movimento de partículas de uma região mais concentrada para outra menos concentrada, tendendo a homogeneizar as concentrações. Essa atividade favorece o desenvolvimento da **competência geral 2** e da habilidade **EM13CNT301**.
7. Isso ocorre porque as células das verduras são submetidas a um meio hipertônico, fazendo com que percam água para o meio por osmose. Nessa atividade são estimuladas a **competência geral 2** e as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**.
8. Alternativa **e**. O transporte ativo envolve gasto de energia e ocorre por meio de proteínas de membrana. A atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**.
9. Os círculos, independentemente do tamanho, passam todos por transporte passivo, pois se movem a partir do lado da membrana em que existem em maior quantidade. Os círculos azuis passam por difusão simples; os amarelos e vermelhos passam por difusão facilitada – os primeiros por meio de proteínas de canal e os últimos por meio de proteínas transportadoras que mudam de conformação sem gasto de energia. Os quadrados azuis atravessam por transporte ativo, pois seu fluxo se dá contra o gradiente de concentração; nesse caso, proteínas de transporte mudam de conformação com gasto de energia. Essa questão relaciona-se à interpretação de imagens e à habilidade **EM13CNT202**.

Em foco

Essa seção contempla os **ODS 2**, **6**, **11**, **12**, **15** e **17**, os TCTs **Educação ambiental**, **Educação para o consumo**, **Ciência e tecnologia**, **Diversidade cultural**, **Vida familiar e social** e **Educação em direitos humanos**, as **competências gerais 1**, **6**, **7** e **9** e as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**. Além disso, favorece a interdisciplinaridade com Ciências Humanas na articulação entre Ciência, tecnologia e mercado no conhecimento sobre construção social influenciada por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais e no impacto de tecnologias contemporâneas.

1. A osmose envolve a passagem natural de água do meio hipotônico para o hipertônico; na osmose reversa, o sistema é manipulado de modo que a água faça o trajeto inverso. No Programa Água Doce, a água salina retirada de poços é bombeada sob forte pressão para passar através de uma membrana semipermeável, que retém a quase totalidade dos sais. A água resultante da osmose reversa é então tratada para consumo, representando uma das soluções para contornar a escassez de água potável na região.
2. **a.** Resposta pessoal. A questão visa trabalhar com intepretação e síntese de texto.
   - **b.** O projeto é socialmente relevante ao abordar a escassez de água no Semiárido brasileiro de forma sustentável. A salmoura gerada como subproduto é utilizada na criação de tilápias e na irrigação de cultivos resistentes

à salinidade, como a erva-sal. Isso contribui para a preservação dos recursos hídricos e a despoluição de solos contaminados. Além disso, a planta é aproveitada na alimentação de animais da região.

3. Resposta pessoal. Uma hipótese possível é que a proliferação de fungos e bactérias é impedida pela perda de água por osmose em função do meio hipertônico.

4. **a.** Elas sofrem desidratação e têm seu desenvolvimento prejudicado, o que as leva à morte.
   b. O acúmulo de sais em vesículas da erva-sal permite que se estabeleça nela um meio hipertônico em relação ao solo salino, fazendo com que a água desse solo seja absorvida por osmose pela planta, garantindo seu desenvolvimento.
   c. A erva-sal contribui para a remoção do excesso de sais presentes em solos contaminados por rejeitos de dessalinização, pois tem adaptações para viver em solos salinos.

5. **a.** A política pública é o projeto de sistemas produtivos integrados, que envolve a participação dos governos federal (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional), estaduais e municipais e da Embrapa.
   b. Os governos federal, estaduais e municipais mapeiam demandas das populações, formulam políticas públicas para atendê-las e planejam a sua implementação, o que inclui o estabelecimento de parcerias diversas, a alocação de recursos, a fiscalização da execução do projeto etc.
   As comunidades do Semiárido detêm saberes locais que devem ser valorizados, incluindo o entendimento das características naturais da região (como os períodos de seca e a localização de corpos-d'água), a criação de tilápias, ovinos e caprinos, além do cultivo da erva-sal.

6. A dessalinização de água de poços e seu posterior tratamento atendem ao abastecimento de água. O cultivo de erva-sal, para lidar com rejeitos salinos, envolve uma forma de tratamento de resíduos.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**. Nas bactérias, a parede celular é composta de peptidoglicano, mas nas arqueas a composição é distinta. Nos fungos, a parede celular é formada por quitina, mas nas plantas é composta de celulose (**EM13CNT202**).

2. Alternativa **a**. Os resultados apontam que as proteínas de membrana se movimentam livremente no plano da bicamada lipídica, de acordo com o modelo do mosaico fluido.

3. Alternativa **c**. Ao ser colocada em ambiente hipotônico, a água entra na célula e fica acumulada no vacúolo. Com isso, o pigmento nele contido fica diluído.

4. Alternativa **a**. O gráfico indica a difusão livre da substância **A** através da membrana, enquanto a substância **B** tem velocidade de transporte constante depois de determinada concentração.

5. Alternativa **e**. O ciliado fica isosmótico com o meio quando há apenas água do mar nesse meio (concentração de 100%), o que indica que ele é marinho. À medida que a concentração de água do mar diminui, o volume relativo da célula aumenta, o que sugere que água entra por osmose na célula.

As questões 6 e 7 envolvem a **competência geral 2** e as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**.

6. **a.** Respostas pessoais. Por exemplo: Hipótese: o aumento da temperatura do meio aumenta a taxa de difusão, pois há aumento da energia cinética das moléculas, o que faz com que elas se movam mais rapidamente através da membrana. Previsão: se a temperatura do meio aumentar, então a taxa de difusão simples de moléculas através da membrana plasmática também aumentará.
   b. Se os resultados forem condizentes com a previsão, então a hipótese será corroborada; se não forem condizentes, então a hipótese será rejeitada e novas hipóteses e previsões poderão ser formuladas e testadas.

7. **a.** A membrana plasmática, pois é a estrutura celular que separa os meios intra e extracelular.
   b. Cada uma das linhas escuras dessa estrutura corresponde a uma camada de fosfolipídios. Essa questão visa trabalhar interpretação de imagem e levar o estudante a associar micrografias com modelos didáticos.

8. A entrada da ferrotransferrina na célula se dá por endocitose, e a saída da apotransferrina para o meio extracelular, por exocitose (**EM13CNT302**).

As questões 9, 10 e 11 envolvem as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT302** e a **competência geral 2**.

9. **a.** A tabela mostra que há diferença de concentração dos íons dentro e fora das células nervosas. K^+ e ânions orgânicos são mais concentrados no citoplasma, enquanto Na^+ e $C\ell^-$, no meio extracelular.
   b. Para manter a concentração de íons maior em um dos lados da membrana plasmática, isto é, contra a tendência natural da difusão, a célula precisa gastar energia em um processo de bombeamento contra o gradiente de concentrações. Isso é feito por meio de transporte ativo.

10. No recipiente em que há somente água, as fatias ficarão bem firmes, pois suas células, que possuem concentração de sais maior que o meio externo, vão ficar túrgidas devido à entrada de água por osmose. Já na tigela com água e sal, a situação será inversa e as fatias de batata ficarão mais moles.

11. A ingestão excessiva de água reduz a concentração de eletrólitos no plasma sanguíneo. Com isso, as células do sangue e outras células do corpo passam a ficar hiperosmóticas em relação ao plasma, fazendo com que muita água entre nelas por osmose. Como consequência, ocorrem alterações nas funções celulares (**EM13CNT303**).

12. Essa questão contempla o **ODS 4** e os TCTs **Ciência e tecnologia**, **Educação em direitos humanos** e **Direitos da criança e do adolescente**. Além disso, permite desenvolver a interdisciplinaridade com Ciências Humanas, Física e Arte.
   a. O objetivo é estimular os estudantes a conhecer as possibilidades e as restrições de sua escola. Promova uma reflexão sobre os impactos positivos que o acesso a microscópios poderia proporcionar à comunidade escolar, como: aproximar-se do tema, promover observação de estruturas microscópicas, manipulação de equipamentos científicos e interpretação de dados, bem como despertar o interesse e a confiança dos estudantes por carreiras relacionadas a Biologia, Medicina, Biotecnologia etc. (**competências gerais 1, 4, 5, 7**, **9** e **10** e habilidade **EM13CNT302**).
   b. Para a construção de microscópios caseiros, sugerimos a referência suplementar a seguir:
   SILVA, J. J.; BALTAR, S. L. S. M. A.; BEZERRA, M. L. M. B. Experimentação em Ciências com o uso de um microscópio artesanal e corante alternativo. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, 2019. p. 344-352. Disponível em: https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/38. Acesso em: 17 set. 2024.

c. Espera-se que os estudantes reconheçam a importância de divulgar que os microscópios podem ser improvisados com material simples, tornando esse tipo de equipamento acessível a todos os estudantes, o que contribui para a redução da desigualdade de estrutura física entre as escolas do Brasil.

d. Essas iniciativas, cada vez mais comuns, são importantes para estimular o interesse dos jovens pelas Ciências e promover a sua prática. Para mais informações sobre a **Febrace** e a **Feira da Ciência Jovem**, acesse as páginas dessas iniciativas na internet para saber como e quando se inscrever. Incentive os estudantes a buscar informações sobre a existência de iniciativas desse tipo no estado ou no município em que a escola está localizada.

Capítulo 6 Citoplasma e núcleo

O objetivo geral do capítulo é apresentar aos estudantes os critérios necessários para o reconhecimento da célula como a unidade morfológica e funcional dos seres vivos, contribuindo para a compreensão da realidade por meio de abordagens próprias da Ciência, o que favorece o desenvolvimento das **competências gerais 1 e 2**. O capítulo conta com leituras e atividades que favorecem a compreensão das estruturas citoplasmáticas e do núcleo e a análise dos efeitos de substâncias tóxicas em nível celular, o que contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT202** e **EM13CNT207**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- explicar a célula como unidade morfológica e funcional dos seres vivos;
- identificar as estruturas comuns a todos os tipos de células;
- descrever a estrutura das células procarióticas e eucarióticas animais e vegetais;
- reconhecer a função das organelas celulares;
- associar informações e situações do cotidiano com os conhecimentos de Citologia.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 7, 8, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT104, EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303 e EM13CNT304
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Saúde e Educação em direitos humanos

Sugestões didáticas

Analise com os estudantes o texto da abertura, de modo a deixar evidente os níveis de organização biológica. Em seguida, proponha algumas questões sobre células, como: "Quais estruturas estão presentes em todas células?"; "Quais são os tipos celulares?"; "Quais estruturas estão presentes somente na célula vegetal?"; "Cite algumas organelas e as respectivas funções".

Ao longo do capítulo, seria interessante evidenciar o dinamismo do citoplasma, reforçado pela sugestão do boxe **Fique por dentro**, com um filme sobre o citoesqueleto, e a importância dos conhecimentos da fisiologia celular para a saúde. É o caso da seção **Em foco**, sobre o efeito do cigarro no epitélio respiratório, e do trecho sobre a ação do álcool no retículo endoplasmático granuloso. A abordagem de sala de aula invertida pode ser feita para o estudo do citoplasma. Nesse caso, os estudantes podem, em casa, ler o texto, resolver as questões e levantar dúvidas, a serem resolvidas em aula. Essa abordagem favorece o desenvolvimento das **competências gerais 1**, **2** e **7**, das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT207** e do TCT **Saúde**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Centrossomo é uma região da célula eucariótica que atua como centro organizador de microtúbulos. Nele, pode haver um par de centríolos, cada um deles formado por nove grupos de três microtúbulos. Centrossomos estão presentes em todas as células eucarióticas, com exceção das angiospermas, de certas gimnospermas, como os pinheiros, e de alguns grupos de fungos.

2. a. Cílios. O batimento dos cílios promove o deslocamento de partículas e microrganismos inalados, impedindo que eles cheguem aos pulmões. Cada cílio é uma estrutura intracelular formada por nove grupos de dois microtúbulos e um par de microtúbulos centrais (organização 9 + 2).

b. O cílio deriva de uma organização que envolve microtúbulos e membrana plasmática e deriva do corpúsculo basal, que se localiza na base do cílio.

3. Flagelo. Ele difere dos cílios por ser mais longo, menos numeroso por célula e ter batimento em ondulações, diferentemente do cílio, cujo batimento é semelhante ao de um chicote.

4.

Estrutura	Função
1. Ribossomos	Síntese proteica
2. Retículo endoplasmático não granuloso	Transporte de substâncias intracelulares e síntese de lipídios
3. Mitocôndrias	Respiração celular aeróbia
4. Lisossomos	Digestão intracelular
5. Complexo golgiense	Acúmulo, modificação e liberação de secreções celulares
6. Retículo endoplasmático granuloso	Síntese de proteína

5. No citoplasma das cianobactérias há nucleoide (onde está o DNA circular), plasmídeos, ribossomos, citoesqueleto procariótico e lamelas fotossintetizantes, que abrigam as moléculas de clorofila, mas que não são organelas. Nas células clorofiladas das angiospermas, o citoplasma contém, além de ribossomos e do citoesqueleto eucariótico, várias organelas, como mitocôndrias, cloroplastos, vacúolo central, retículo endoplasmático e complexo golgiense. As moléculas de clorofila ficam nos tilacoides dos cloroplastos.

6. Os estudantes podem citar: osmorregulação, reserva de íons, carboidratos, aminoácidos, proteínas, armazenamento de pigmentos ou compostos, aumento de tamanho das células com menor custo energético e hidrólise enzimática.

Em foco

Essa seção favorece o desenvolvimento das **competências gerais 1**, **2**, **4**, **7**, **8** e **9**, das habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT207**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303** e **EM13CNT304**.

Relaciona-se ainda com os TCTs **Saúde** e **Educação em direitos humanos**.

1. A fumaça de cigarro inalada, ativa ou passivamente, prejudica o transporte mucociliar em humanos, o que pode causar doenças das vias aéreas superiores.
2. Espera-se que o estudante associe a ideia de "ambientes fechados" com os efeitos dos produtos fumígeros sobre fumantes passivos, argumentando que, em locais fechados, a fumaça não se dissipa e todas as pessoas do recinto ficam susceptíveis aos componentes nocivos do cigarro.
3. Espera-se que, além dos danos aos cílios da traqueia, os estudantes pesquisem outros efeitos, como bronquite e enfisema pulmonar e maiores chances de desenvolver câncer em diversos órgãos, para divulgarem na campanha (habilidades **EM13CNT207** e **EM13CNT302** e **competências gerais 8** e **10**).

Atividades de fechamento

1. Alternativa **a**. A célula inicial modifica-se muito, com destaque para o centríolo, que origina o flagelo empregado no deslocamento da célula, e para o complexo golgiense, que origina o acrossomo, onde ficam armazenadas as enzimas utilizadas na fecundação.
2. Alternativa **c**. A figura mostra o processo de autofagia de organelas ou partes envelhecidas ou danificadas do citoplasma.
3. **a.** Exocitose é o processo de eliminação ou secreção de substâncias das células e de resíduos da digestão intracelular.
   b. As duas organelas envolvidas são o retículo endoplasmático granuloso e o complexo golgiense. As proteínas são sintetizadas nos ribossomos que estão aderidos à membrana do retículo e modificadas no complexo golgiense, que também se encarrega da secreção celular.
4. Os estudantes podem descrever que, nos procariontes, o flagelo é formado por proteínas organizadas em três partes: corpo basal, gancho e um longo filamento terminal. O corpo basal atua como um "motor" que promove a rotação do filamento. O gancho posiciona o filamento de modo que este gire em torno de seu eixo. O filamento terminal do flagelo é externo à célula, isto é, não é envolto por membrana plasmática. Os flagelos de eucariontes são derivados dos centríolos, revestidos pela membrana plasmática e possuem estrutura microtubular 9 + 2. O funcionamento também difere: nos procariontes o flagelo gira em torno de seu eixo, e nos eucariontes o movimento é por ondulação. Com isso, o estudante tem elementos para concluir que, apesar de essas estruturas serem adaptações ao deslocamento em meio líquido, elas não têm a mesma origem evolutiva, sendo, assim, estruturas análogas: assemelham-se apenas na função (deslocamento).
5. As células procarióticas e eucarióticas têm em comum os ribossomos livres no citoplasma. Diferem pela presença de organelas membranosas em eucariontes, como o retículo endoplasmático granuloso, em que há ribossomos associados.
6. Essa compartimentalização garante que os processos digestivos sejam controlados e seguros, preservando a integridade celular e evitando sua autodegradação.
7. As proteínas que compõem o hormônio insulina são produzidas, em sua forma inicial, nos ribossomos associados ao retículo endoplasmático granuloso, que armazena as proteínas. Do retículo, as proteínas são conduzidas no interior de vesículas que brotam de sua superfície para o complexo golgiense, onde sofrem modificações. As proteínas então deixam o complexo golgiense, novamente contidas em vesículas. Por fim, as vesículas fundem-se à membrana plasmática, liberando por exocitose a insulina no sangue.
8. A **afirmativa I** é falsa, pois a organização do nucléolo depende dos cromossomos nucleares. As **afirmativas II** e **III** são verdadeiras. O nucléolo é uma região do núcleo não delimitada por membrana onde há intensa transcrição de RNAr. Nessa região, as moléculas de RNAr associam-se a proteínas dando origem às subunidades dos ribossomos, que então passam para o citoplasma, onde formam os ribossomos.
9. Essa atividade possibilita o desenvolvimento da capacidade de argumentação dos estudantes, das **competências gerais 2** e **7** e do TCT **Saúde**.
   a. Os reticulócitos são originados de eritroblastos que perderam o seu núcleo por exocitose, mas que continuam sintetizando hemoglobina.
   b. O corante com afinidade por ácidos nucleicos está evidenciando o RNA, uma vez que os reticulócitos perderam o núcleo.
   c. A transformação final e a interrupção da síntese de hemoglobina se devem à ação de lisossomos, que, por autofagia, degradam as organelas citoplasmáticas.
   d. Quando um atleta usa EPO, a produção de hemácias é significativamente estimulada, resultando em um aumento anormal da contagem de reticulócitos.
   e. O uso de EPO ou outras substâncias dopantes para aumentar o número de hemácia relaciona-se ao aumento da capacidade de transporte de gás oxigênio no sangue (função das hemácias) e, consequentemente, do desempenho atlético em atividades aeróbias.
10. A organela responsável pelo principal processo de fornecimento de energia nas células eucarióticas é a mitocôndria, onde ocorre a respiração celular. Nos procariontes, que não possuem organelas, esse processo ocorre no citoplasma e na face interna da membrana plasmática. Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**.
11. Nos procariontes, a fotossíntese ocorre em lamelas no citoplasma e elas não formam organelas (habilidade **EM13CNT202**).
12. Essa atividade relaciona-se com as **competências gerais 1** e **2** e com a habilidade **EM13CNT301**.
   a. Esses experimentos permitiram concluir que o núcleo é importante tanto para o crescimento quanto para a divisão celular.
   b. O núcleo contém cromossomos, que são formados por DNA; este é composto de genes, que são transcritos em moléculas de RNAm, que passam para o citoplasma, onde vão participar da síntese de proteínas. Sem núcleo, cessa a transcrição gênica e a célula vive por certo tempo até que o RNAm já presente no citoplasma seja degradado. Assim, a síntese cessa e a célula não cresce mais nem se divide e acaba morrendo.
13. Essa atividade relaciona-se com a **competência geral 2** e a habilidade **EM13CNT202**.

    Uma das células deverá ter núcleo com nucléolo bem desenvolvido e muita eucromatina e citoplasma com grande

quantidade de organelas. Essa célula apresenta intensa atividade metabólica. A outra célula deverá ter núcleo com muita heterocromatina e citoplasma com poucas organelas, indicando baixa atividade metabólica.

14. Essa atividade possibilita o trabalho com o TCT **Educação em direitos humanos**, as **competências gerais 4**, **9** e **10** e a habilidade **EM13CNT302**.

Na escolha dos tipos celulares, seria interessante ter modelos de células procarióticas, células animais e células vegetais generalizadas. Oriente os grupos nesse sentido.

Para auxiliar na discussão sobre modelos, sugerimos a seguinte referência suplementar: OLIVEIRA, A. A. de (org.). **Práticas inclusivas no ensino de Ciências e Biologia**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2020. Disponível em: https://www.pimentacultural.com/livro/praticas-inclusivas/. Acesso em: 26 set. 2024.

a. Os modelos 3D permitem perceber o volume das células, proporcionando compreensão mais completa de como as estruturas celulares estão organizadas e como interagem entre si.

b. Modelos são a representação de aspectos da realidade e, embora tenham limitações e possam apresentar distorções, são importantes como simplificações e aproximações que orientam a nossa compreensão, especialmente quando estamos tratando de algo mais abstrato.

Capítulo 7 Metabolismo energético

Os temas tratados nesse capítulo foram organizados com o objetivo de que os estudantes compreendam as diversas etapas envolvidas durante processos metabólicos como a respiração celular e a fotossíntese. As atividades em grupo e discussões coletivas são estimuladas a cada etapa do material, trabalhando as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT102** e as **competências gerais 2** e **7**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- reconhecer as organelas responsáveis pelo metabolismo energético nas plantas e nos animais;
- explicar diferentes processos do metabolismo energético das células;
- reconhecer a importância da energia luminosa do Sol para a vida na Terra;
- descrever as transformações de energia que ocorrem durante os processos da fotossíntese, da fermentação e da respiração celular;
- distinguir em quais fases dos processos de fotossíntese, fermentação e respiração celular recursos como CO_2, O_2 e glicose participam.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 7, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT101, EM13CNT102, EM13CNT103, EM13CNT105, EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT203, EM13CNT301, EM13CNT303, EM13CNT304 e EM13CNT309
- **Tema contemporâneo transversal (TCT):** Ciência e tecnologia

Sugestões didáticas

No tópico "Fotossíntese", pode-se utilizar a aprendizagem cooperativa, usando o método *jigsaw*, o qual favorece o desenvolvimento das **competências gerais 4**, **9** e **10**. Para colocá-lo em prática, peça aos estudantes que formem grupos com quatro integrantes; esse será o grupo base. Distribua a cada integrante um dos seguintes termos: pigmentos fotossintetizantes, etapa fotoquímica, etapa química e fluxo de energia nos ecossistemas. Os estudantes de grupos diferentes que receberam o mesmo termo então se reúnem em grupos de especialistas para estudar e discutir o assunto em profundidade. Essa abordagem envolve as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202** e **EM13CNT203**, ao propiciar a compreensão das transferências de energia na fotossíntese em nível molecular e na cadeia alimentar. Além disso, envolve as **competências gerais 2** e **7**, ao promover a curiosidade intelectual e a busca de informações e desenvolver a lógica argumentativa. Depois, os estudantes retornam ao grupo base para compartilhar o que aprenderam.

Para iniciar o trabalho com os tópicos "Fermentação" e "Respiração celular: noções gerais", verifique os conhecimentos prévios com perguntas como: "A fermentação é um processo metabólico?"; "Quais são os organismos que realizam a fermentação?"; "Quais são as diferenças entre fermentação e respiração?"; "Como a fermentação beneficia o ser humano?". No estudo do metabolismo energético é interessante explorar as figuras do Livro do estudante, que mostram de modo simplificado os diversos processos bioquímicos que ocorrem dentro das células.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

As atividades 1 e 2 relacionam-se com as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT202**.

1. Metabolismo energético corresponde a um conjunto de reações químicas que tem como função primária a realização de transferências envolvendo matéria e energia. Um exemplo é a quebra da glicose, que ocorre em várias etapas, liberando energia gradativamente. A maior parte dessa energia é armazenada em moléculas de ATP, utilizadas pelo organismo, enquanto uma parte menor é dissipada como calor. As reações de degradação da glicose são catalisadas por enzimas, que diminuem a energia de ativação necessária para essas reações.

2. O ATP é uma molécula que armazena energia química; essa energia pode ser rapidamente utilizada pela célula em seus processos metabólicos, quando o ATP é quebrado em ADP + P_i. Os transportadores de elétrons atuam em reações de oxidorredução: ficam reduzidos quando recebem elétrons e oxidados quando os doam. Como as formas reduzidas dessas substâncias contêm mais energia do que as oxidadas, elas atuam fornecendo energia em certas reações químicas.

As habilidades **EM13CNT103**, **EM13CNT202** e **EM13CNT301** e as **competências gerais 1** e **2** são desenvolvidas nas atividades 3 e 4.

3. A atividade fotossintética fica praticamente nula, pois a luz verde não é absorvida pela clorofila, mas sim refletida por ela e, portanto, não aproveitada. Se as plantas são mantidas sob essa condição por um tempo mais longo, elas acabam morrendo, pois não conseguem realizar fotossíntese.

4. Alternativa **e**. As bactérias aeróbias acumulam-se em locais do filamento da alga em que há maior liberação de gás oxigênio,

que é um dos produtos da fotossíntese. Esse é o local situado ao redor da faixa do vermelho do microespectro.

5. Como nos primórdios da vida na Terra não havia gás oxigênio no ambiente, isso sugere que os organismos fotossintetizantes existentes naquele momento usavam outros doadores de elétrons em vez da água (como o gás hidrogênio, o gás sulfídrico e íons ferrosos). Essa atividade favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202**.

6. Porque a liberação de gás oxigênio ocorre na etapa fotoquímica da fotossíntese.

7. **a.** O gás carbônico participa da etapa química, que ocorre no estroma dos cloroplastos.

   b. O gás carbônico provém da respiração celular aeróbia da própria planta e também do ar que entra pelos estômatos. Possíveis origens envolvem o ciclo biogeoquímico do carbono, como respiração celular aeróbia, decomposição de matéria orgânica, erupções vulcânicas, queimadas e queima de combustíveis fósseis.

As atividades 8 e 9 desenvolvem as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**, além da **competência geral 2**.

8. A população de bactérias **A** realiza respiração aeróbia, pois houve consumo de glicose e de gás oxigênio e liberação de gás carbônico; a população de bactérias **B** realiza fermentação alcoólica, pois houve consumo de glicose, mas não de gás oxigênio, aumento da concentração de gás carbônico e formação de etanol, produtos da fermentação alcoólica; a população de bactérias **C** realiza fotossíntese oxígena, pois as quantidades de glicose e gás oxigênio foram maiores que as iniciais, indicando que foram formados no processo, e a concentração de gás carbônico foi menor que a inicial, indicando que foi consumido como reagente no processo.

9. As fases interrompidas do processo são a cadeia respiratória, que ocorre na membrana interna da mitocôndria, e o ciclo de Krebs, que ocorre na matriz mitocondrial. Esses processos são interrompidos na ausência de gás oxigênio, que atua como aceptor de elétrons na cadeia respiratória.

As atividades 10 e 11 trabalham a habilidade **EM13CNT202**.

10. Durante a prática de um exercício físico intenso, a concentração de gás oxigênio no sangue pode se tornar insuficiente para a produção de energia por meio da respiração celular aeróbia. Com isso, o piruvato resultante da glicólise passa a ser degradado pelo processo de fermentação lática em vez da respiração aeróbia.

11. Durante o processo de catabolismo, carboidratos são degradados em monossacarídeos (glicose), que são convertidos em piruvato por meio da glicólise; lipídios são quebrados em ácidos graxos e glicerol; proteínas são degradadas em aminoácidos. Esses nutrientes podem participar da respiração aeróbia. O piruvato formado, por sua vez, é convertido em acetil-CoA, que entra no ciclo de Krebs. O ciclo de Krebs e a conversão de piruvato em acetil-CoA são etapas irreversíveis, o que caracteriza a centralidade dessas vias metabólicas. No que diz respeito às vias anabólicas, carboidratos e proteínas podem ser convertidos em lipídios; lipídios não podem ser convertidos em carboidratos nem em proteínas; e proteínas não podem ser sintetizadas a partir de carboidratos ou lipídios. As proteínas devem ser obtidas diretamente da dieta, já que o corpo humano não armazena proteínas da mesma maneira que armazena glicogênio ou gordura.

Em foco

Essa seção favorece o desenvolvimento das **competências gerais 2** e **7**, das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT102**, **EM13CNT105**, **EM13CNT202**, **EM13CNT203**, **EM13CNT304** e **EM13CNT309**, do TCT **Ciência e tecnologia** e dos **ODS 7**, **13** e **15**.

1. A queima de combustíveis fósseis libera na atmosfera o CO_2 que foi fixado por meio da fotossíntese em outros períodos geológicos da Terra, aumentando o teor desse gás na atmosfera atual e contribuindo para o aquecimento global. Já a queima de biocombustíveis implica a liberação do CO_2 previamente fixado por plantas cultivadas como matéria-prima para produzi-los, não representando, portanto, aumento do teor desse gás na atmosfera atual.

2. Porque a expansão de áreas de plantio (como canaviais e milharais) para a produção de biocombustíveis (como o etanol) tem grandes custos, como o desmatamento. Por isso, é importante haver um equilíbrio entre as vantagens e as desvantagens do uso de biocombustíveis e incentivar o desenvolvimento de outras fontes alternativas de energia, visando ao combate ao aquecimento global.

3. **a.** A fixação de carbono ocorre na etapa química da fotossíntese, no ciclo de Calvin-Benson. O carbono das moléculas de gás carbônico captadas pelas plantas passa por uma série de reações químicas, sendo fixado em moléculas orgânicas como a glicose.

   b. Porque, como as plantas retiram gás carbônico do ar para a realização de fotossíntese, elas contribuem com a redução do teor desse gás na atmosfera.

Na prática

A atividade desenvolve as **competências gerais 1** e **2**, além das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT103**, **EM13CNT202** e **EM13CNT301**.

1. Na cuba iluminada, é esperado o desprendimento de gás das folhas da elódea, que deve se acumular na extremidade fechada do tubo de ensaio. Já na cuba mantida no escuro, espera-se que não haja alterações. Assim, os estudantes podem concluir que a fotossíntese só ocorre na presença de luz.

2. Sim, o experimento permitiu testar a hipótese, corroborando-a. Como na montagem com ramos de elódea expostos à luz se constatou o desprendimento de gás, ao contrário da que foi mantida no escuro, isso é indicativo de que ocorreu fotossíntese no corpo do vegetal.

3. **a.** Espera-se que os estudantes associem a presença de gás no tubo de ensaio ao gás oxigênio produzido na fotossíntese.

   b. Como pode ser constatado na equação química apresentada no texto do procedimento, ao dissolver bicarbonato de sódio em água, ocorre liberação de CO_2, que é um dos reagentes da fotossíntese. Certamente já havia CO_2 dissolvido na água antes, mas a adição do bicarbonato de sódio aumenta a concentração do gás e eleva a taxa de atividade fotossintética por tempo na planta iluminada. Portanto, há liberação de gás oxigênio no tubo de ensaio. Os estudantes poderiam propor a hipótese de que o teor de gás carbônico na água interfere na taxa de fotossíntese dos ramos de elódea. Para testá-la, eles poderiam propor, por exemplo, um experimento usando água sem bicarbonato de sódio em uma montagem

(grupo controle) e água com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio dissolvido (grupos experimentais); todas as montagens deveriam então ser mantidas sob a mesma condição de iluminação pelo mesmo intervalo de tempo, a fim de verificar em qual delas ocorre maior liberação de gás oxigênio pela planta e, portanto, maior taxa de atividade fotossintética por tempo. Se possível, realize esse teste experimental adicional com os estudantes.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**. Com o bloqueio da cadeia respiratória, a oxidação de NADH em NAD^+ deixa de ocorrer, gerando acúmulo de NADH na célula.
2. Alternativa **c**. A queima de um combustível renovável como o etanol derivado da cana-de-açúcar evita o aumento da quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera. Isso acontece porque as próprias plantas cultivadas para a produção do etanol captam, durante a fotossíntese, a quantidade de gás carbônico que é emitida pela queima desse combustível. Essa atividade favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT102**, **EM13CNT105**, **EM13CNT202**, **EM13CNT203**, **EM13CNT303** e **EM13CNT309** e do **ODS 7**, ao apresentar os esforços internacionais para o aumento de energia renovável na matriz energética global.
3. Alternativa **e**. A analogia da Floresta Amazônica como "pulmão do mundo" é incorreta, porque os pulmões, no processo de trocas gasosas, captam gás oxigênio do ar e liberam gás carbônico, ao contrário da ideia que se pretende transmitir de que as florestas seriam importantes para a produção de gás oxigênio por meio da fotossíntese. Apesar de as florestas serem muito importantes, a principal fonte de gás oxigênio para a atmosfera, no entanto, deriva das algas marinhas, sobretudo as microalgas planctônicas. Vale ressaltar que as queimadas que atingiram a Floresta Amazônica em 2024 aumentaram significativamente a emissão de gás carbônico na atmosfera. Essa atividade relaciona-se às habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT303**.
4. Alternativa **b**. Os cloroplastos são organelas que fazem fotossíntese, cujos produtos primários são carboidratos.
5. A quimiossíntese é um processo autotrófico realizado por procariontes e não depende da luz. Ele é fundamental para a manutenção de cadeias alimentares em ambientes onde não há incidência de luz, como no fundo dos mares, em especial ao redor das fontes termais submarinas.
6. A atividade possibilita o trabalho com as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT202**.
   a. Processos catabólicos são aqueles relacionados à quebra ou degradação de moléculas orgânicas, com liberação de energia, sendo exergônicos, como a respiração celular e a fermentação. Já os processos anabólicos são endergônicos, pois requerem energia para ocorrer, como as diferentes sínteses de moléculas orgânicas nas células.
   b. Nas células, as reações exergônicas e endergônicas ocorrem de modo acoplado, tendo o ATP e o ADP como moléculas que se alternam entre elas. Esse mecanismo, conhecido como acoplamento de reações, cuja analogia está representada na imagem, propicia um melhor aproveitamento da energia liberada nas reações exergônicas e empregada nas reações endergônicas. No esquema, o caminhão inferior corresponde ao ATP e o superior, ao ADP.
7. A atividade desenvolve as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202** e **EM13CNT301** e a **competência geral 2**. O processo é o de fermentação alcoólica, no qual ocorre liberação de gás carbônico. Esse gás faz a bolinha da massa inflar e subir no copo d'água, pois fica menos densa que o líquido.

Capítulo 8 Consumo e ambiente

O objetivo desse capítulo é possibilitar a conscientização ambiental dos estudantes, a fim de que participem ativamente da conservação da vida na Terra, o que favorece o trabalho com as **competências gerais 1**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9** e **10**. É possível realizar abordagens que envolvam outras áreas do conhecimento, desenvolvendo as habilidades **EM13CHS103** e **EM13CHS304**. As estratégias sugeridas envolvem um trabalho com os conhecimentos prévios dos estudantes para desconstruir ideias equivocadas sobre os assuntos abordados.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- analisar as interferências antrópicas no ambiente, reconhecendo a introdução e a extinção de espécies como fatores que alteram o equilíbrio ecológico;
- identificar as principais formas de poluição ambiental, avaliando os danos que provocam à saúde humana e ao ambiente;
- posicionar-se criticamente diante das soluções propostas para os problemas ambientais nos contextos pessoal e governamental;
- compreender que a interferência humana em comunidades naturais pode causar desequilíbrios ecológicos e avaliar os impactos socioambientais relacionados a eles;
- identificar condutas sustentáveis em uma sociedade e associar uma economia sustentável com a conservação do ambiente para as gerações futuras;
- avaliar os efeitos e os riscos associados às interferências humanas nos ambientes e propor alternativas seguras e sustentáveis que contribuam para a melhoria na qualidade de vida da população.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 5, 6, 7, 8, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT101, EM13CNT103, EM13CNT104, EM13CNT105, EM13CNT203, EM13CNT206, EM13CNT207, EM13CNT301, EM13CNT304, EM13CNT306, EM13CNT309 e EM13CNT310
- **Habilidades de outra área do conhecimento:** EM13CHS103 e EM13CHS304 (Analisar os impactos socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas e de indivíduos, discutindo as origens dessas práticas, selecionando, incorporando e promovendo aquelas que favoreçam a consciência e a ética socioambiental e o consumo responsável.)
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Educação em direitos humanos e Educação para o consumo

Sugestões didáticas

Inicie perguntando aos estudantes o que eles entendem por equilíbrio e direcione a conversa para que apresentem uma definição de "equilíbrio ambiental". Pergunte quais são os componentes do ecossistema que precisam estar estáveis para manter o equilíbrio ambiental. Esse momento favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT203**, que lidam com conceitos em Ecologia relacionados ao fluxo de

matéria e ao ciclo de energia. Em seguida, pergunte o que eles entendem por equilíbrio dinâmico e conduza a discussão para os conceitos de resistência e resiliência.

Para desenvolver o tópico "Alterações bióticas nos ecossistemas", pode-se utilizar o vídeo "A ameaça das espécies invasoras", de Jennifer Klos disponível em: https://ed.ted.com/lessons/the-threat-of-invasive-species-jennifer-klos/think?question_number=6; acesso em: 23 set. 2024, para ilustrar os problemas causados pelas espécies exóticas. A abordagem desse assunto permite desenvolver a habilidade **EM13CNT206**, pois trata de um problema ambiental mundial: a introdução e a extinção de espécies. Fomente a discussão questionando quais são as atividades humanas que promovem a extinção de espécies e/ou facilitam a ocorrência de espécies invasoras. Nesse momento, desenvolve-se a habilidade **EM13CNT203**, por meio da abordagem do desequilíbrio ambiental, e parcialmente a habilidade **EM13CHS103**, uma vez que é abordado o impacto antrópico sobre a dinâmica da natureza.

No desenvolvimento do tópico "Alterações abióticas nos ecossistemas", é possível utilizar a metodologia de sala de aula invertida. O estudo dos diferentes tipos de poluição permite o desenvolvimento do TCT **Educação para o consumo**, além da **competência geral 1** e das habilidades **EM13CNT103**, **EM13CNT104**, **EM13CNT105**, **EM13CNT203**, **EM13CNT206**, **EM13CNT306**, **EM13CNT309** e **EM13CHS103**.

O estudo das UCs reforça o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203** e do TCT **Educação em direitos humanos** e contempla parcialmente as habilidades **EM13CHS103** e **EM13CHS304**, já que aborda a política ambiental brasileira, a alteração do espaço geográfico e o impacto antrópico nos ambientes. Esses assuntos dão subsídios para a conscientização ambiental, incentivando os estudantes a se envolver em ações que visam à conservação da natureza de maneira ética e sustentável, favorecendo, assim, o desenvolvimento da **competência geral 10**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. A atividade permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**.

a. Correta. O comércio de plantas para paisagismo e de animais exóticos como *pets* é, de fato, uma das formas mais comuns de introdução de espécies exóticas em novas áreas, muitas vezes levando a desequilíbrios ecológicos.

b. Correta. A água de lastro (água usada para dar estabilidade a embarcações sem carga) é uma causa conhecida da disseminação de espécies exóticas. Quando navios tomam água de lastro em um local e a liberam em outro, podem introduzir espécies que não são nativas daquele ambiente.

c. Correta. A especiação e a extinção são processos naturais em ecossistemas ao longo do tempo evolutivo. No entanto, atividades humanas têm aumentado significativamente as taxas de extinção em tempos recentes.

d. Incorreta. A frequência de introdução de espécies exóticas está acelerando e não reduzindo no mundo atual. A reescrita correta seria: A frequência de introdução de espécies exóticas está se intensificando em razão da maior movimentação de pessoas e carga em escala global.

e. Correta. O termo "Antropoceno" foi proposto para refletir o impacto antrópico intenso no planeta, especialmente nos tempos modernos. A taxa de extinção tem sido muito maior do que a taxa de extinção de fundo devido às degradações dos *habitats*.

2. Alternativa **b**. A conservação apenas dos recursos de interesse direto para o ser humano pode não ser suficiente para manter o equilíbrio ecológico.

3. Poluição térmica refere-se ao aumento ou diminuição da temperatura de um corpo natural de água, causado principalmente por influências humanas. As fontes mais comuns de poluição térmica são descargas de água usada para resfriar usinas nucleares ou instalações industriais. Alguns efeitos nocivos são: desequilíbrio ecológico, diminuição do oxigênio dissolvido e migração de espécies. Poluição sonora, por sua vez, refere-se ao nível de ruído ambiental anormalmente elevado, que pode prejudicar a qualidade de vida e o equilíbrio ecológico local. As fontes mais comuns incluem tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, indústrias, construção civil e atividades recreativas. Os principais efeitos da poluição sonora sobre os seres humanos são: problemas auditivos, perturbação do sono, estresse e problemas cardiovasculares. Na vida selvagem, afetam-se padrões migratórios, hábitos de acasalamento e comunicação entre espécies.

4. **a.** Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**. Os estudantes podem citar o problema de contaminação de mananciais ou corpos-d'água como lagos e rios, contaminação de pessoas que procuram alimentos no lixão e propagação de animais transmissores de doenças, como ratos e insetos.

b. Alternativas são aterros sanitários (o lixo é disposto em camadas alternadas com terra compactada, evitando o contato direto e duradouro com o ar), incineração (queima do lixo em usinas próprias, com a desvantagem de produzir cheiro e fumaça) e compostagem (transformação da parte orgânica do lixo em compostos que podem servir de adubo nas plantações).

5. **a.** Sabendo que a quantidade total de resíduos gerados no Brasil no ano de 2022 foi de 81,8 milhões de toneladas e que, no Censo 2022 do IBGE, a população brasileira foi estimada em 203,1 milhões de habitantes, a quantidade de resíduo por habitante (R_h) pode ser calculada por:

$$R_h = \frac{81,8 \cdot 10^6\ \text{t}}{203,1 \cdot 10^6\ \text{habitantes}} = 0,40275 \frac{\text{t}}{\text{habitante}}$$

Sabendo que a quantidade de resíduos de um habitante é de 0,40275 t em um ano e que o ano de 2022 teve 365 dias por não ser um ano bissexto, a quantidade de lixo gerada por um habitante em um dia (R_{hd}) pode ser calculada por:

$$R_{hd} = \frac{0,40275 \frac{\text{t}}{\text{habitante}}}{365\ \text{dias}} = 0,001103 \frac{\text{t}}{\text{habitante dia}}$$

b. Para calcular a quantidade de resíduos que pode gerar problemas ambientais graves, deve-se considerar o descarte em locais inadequados, sem reaproveitamento ou não destinado aos aterros sanitários. Dos 81,8 milhões de toneladas de resíduos gerados, 76,1 milhões de toneladas de resíduos foram coletados e, dessa quantidade, 61% foi encaminhada aos aterros sanitários.

Os resíduos não coletados e que são potencialmente descartados de maneira inadequada correspondem a:

$81,8 \cdot 10^6\ \text{t} - 76,1 \cdot 10^6\ \text{t} = 5,7 \cdot 10^6\ \text{t}$

Os resíduos não destinados aos aterros sanitários (100% − 61%) correspondem a:

$$39\%\ \text{de}\ 76,1 \cdot 10^6\ \text{t} = \frac{39}{100} \cdot 76,1 \cdot 10^6\ \text{t} = 29,679 \cdot 10^6\ \text{t}$$

A quantidade total de resíduos que pode gerar graves problemas ambientais corresponde a:

$5{,}7 \cdot 10^6\ t + 29{,}679 \cdot 10^6\ t = 35{,}379 \cdot 10^6\ t$

A destinação inadequada de mais de 35 milhões de toneladas no ano de 2022 implica contaminação do solo e das águas, concentração de animais que podem colocar em risco a população e enchentes em razão do deslocamento de resíduos descartados a céu aberto.

6. Pilar econômico: refere-se à capacidade de geração de riqueza e ao crescimento econômico. A sustentabilidade econômica envolve a utilização eficiente dos recursos, a inovação e a adaptação a um mundo em mudança, garantindo ao mesmo tempo o bem-estar da população.

   Pilar social: está relacionado com o bem-estar social, a equidade, os direitos humanos, as práticas trabalhistas e a inclusão. A exclusão, a desigualdade e a falta de acesso a oportunidades e serviços básicos podem levar a tensões e conflitos, que, por sua vez, podem prejudicar o desenvolvimento.

   Pilar ambiental: refere-se à proteção e conservação do meio ambiente e dos recursos naturais. Isso inclui aspectos como a redução da poluição, a conservação da biodiversidade, o uso sustentável de recursos e a mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

   Pilar cultural: refere-se à conservação e promoção da diversidade cultural, das tradições e dos valores. As culturas fornecem um senso de identidade e continuidade para as pessoas.

7. **a.** O conceito de limites planetários foi proposto em 2009 por um grupo de cientistas ambientais. Essa ideia surgiu como uma tentativa de definir um "espaço operacional seguro" para a humanidade, onde possa operar sem causar impactos ambientais irreversíveis e potencialmente catastróficos no planeta Terra.

   b. Diversidade geral (perda), alterações quanto à reciclagem do nitrogênio e, um pouco menos crítica, a ciclagem do fósforo.

8. Se possível, oriente os estudantes a buscarem informações de unidades de conservação diferentes para que, na pesquisa da turma inteira, seja possível a eles conhecer todos os tipos existentes no Brasil. Verifique se os estudantes estão realizando as pesquisas em fontes confiáveis.

9. As maiores áreas protegidas estão na Amazônia e correspondem a unidades de conservação e terras indígenas. Áreas protegidas são diretamente ligadas à conservação e manutenção dos recursos, favorecendo a sustentabilidade da sua exploração. Dessa forma, do ponto de vista científico, as áreas de conservação são vitais para a proteção da biodiversidade e para a garantia de recursos e condições ambientais necessárias para a sobrevivência das futuras gerações. Em contrapartida, a pecuária, a plantação e a exploração mineral são atividades muito lucrativas que, se por um lado trazem divisas ao país na forma de impostos, por outro, concentram a renda na mão de muitos grandes ruralistas e empresários pouco preocupados com a conservação ambiental. Essa atividade propicia o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT206** e **EM13CNT304**.

10. Sim. Há uma estreita relação entre a delimitação de terras indígenas e conservação da biodiversidade. A própria cultura indígena já carrega em si hábitos que não impactam o ecossistema e que valorizam a preservação e conservação da biodiversidade. A busca de informações sobre o modo de vida indígena e os efeitos de suas ações e a relação disso com a gestão da biodiversidade contemplam a habilidade **EM13CNT206** e valorizam a produção de saberes e o papel dos povos indígenas na sociedade.

11. Ao incluir dados no Censo, a informação da quantidade de indígenas e quilombolas ajuda a construir a identidade da sociedade brasileira e auxilia na valorização da diversidade da população. É fundamental a revisão da demarcação de terras indígenas e territórios quilombolas na construção de uma nação democrática, em que todos, igualmente, tenham seus direitos garantidos e sua identidade valorizada.

Em foco

1. Essa atividade favorece o desenvolvimento de leitura inferencial e das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT203**. O uso do mercúrio na atividade de garimpo permite a sua incorporação em compostos orgânicos, contaminando a água, o solo, os peixes e toda a cadeia alimentar. Além de doenças e violência, os indígenas enfrentam problemas como a redução da caça e da pesca, uma vez que o maquinário pesado de dragas e tratores usados para a extração de ouro afugentam os animais.

2. A relação entre o garimpo ilegal e o consumismo pode ser entendida a partir da demanda crescente por metais preciosos, como o ouro, nos mercados globais. O ouro, por exemplo, não é apenas um metal precioso usado em joalherias; ele também é utilizado em diversos produtos eletrônicos, como *smartphones* e computadores. A alta demanda por ouro pode, indiretamente, incentivar a exploração ilegal, sobretudo em áreas ricas em recursos, mas mal protegidas ou monitoradas, como a Terra Indígena Yanomami. Essa atividade auxilia no trabalho com a habilidade **EM13CNT104**.

3. O contaminante pode transitar dissolvido na água e contaminar organismos a certa distância. Além disso, os peixes e outros seres aquáticos com o poluente acumulado em seus tecidos podem migrar ao longo do rio, sendo pescados mais adiante. Os níveis tróficos mais altos na cadeia alimentar, como o ocupado pelos ribeirinhos, vão apresentar maior concentração do contaminante em razão do acúmulo progressivo ao longo da cadeia alimentar.

   O mercúrio intoxica a fauna aquática, que, quando consumida pelas populações ribeirinhas e indígenas, leva à bioacumulação do metal tóxico em seus organismos, podendo causar uma série de problemas de saúde. Outros impactos ambientais também eram evidentes, como a degradação de vastas áreas de floresta e a alteração dos cursos de água.

   Para obter informações mais recentes, alerte os estudantes quanto a consultar fontes confiáveis e atualizadas.

4. Além dos impactos diretos de poluição das fontes de água e de alimentos dos Yanomamis, é possível que os estudantes citem a redução da população devido a doenças (tanto as decorrentes do mercúrio quanto outras a que os indígenas ainda não tiveram ou tiveram pouco contato) deslocamentos de doentes e acompanhantes para outras regiões em busca de tratamento, alterações em rituais e costumes das comunidades pela influência e presença de garimpeiros na região, perda de território, aumento da violência etc.

Trabalho e juventudes

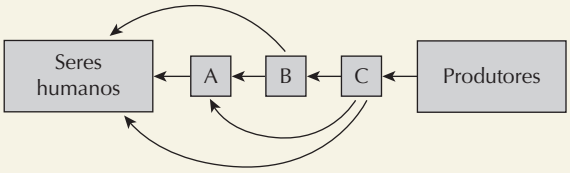
A proposta dessa seção, mais do que ensinar algum conteúdo, é fazer com que os estudantes conheçam exemplos de jovens lideranças que partiram de contextos similares aos deles e busquem informações sobre atividades comunitárias, projetos de capacitação de jovens e outros espaços em que possam

participar para discutir e buscar soluções para questões socioambientais, de modo a interagir com a comunidade local e até a buscar oportunidades de capacitação visando à construção de uma carreira profissional. O conjunto da aula e das atividades relaciona-se com as **competências gerais 1**, **5**, **6**, **8** e **10**.

1. O estudante pode destacar os pontos mencionados no texto, além de trazer outras motivações pessoais. De acordo com o texto, o engajamento dos jovens nessas atividades tem dois propósitos: o primeiro é lutar para garantir um futuro e um presente digno e sadio, com um ambiente equilibrado e uma melhor qualidade de vida; o segundo propósito é que a participação nessas atividades pode ser um importante caminho para minimizar a chamada ansiedade climática. Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT207**, ao possibilitar a identificação, a análise e a discussão de vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios cotidianos relacionadas às mudanças climáticas.
2. O objetivo é que o estudante escolha alguma liderança que conheça, ou, caso não conheça, faça uma pesquisa para encontrar alguém que possa ser uma referência para ele. Em seguida, os estudantes podem compartilhar entre si os perfis encontrados, identificando diferentes origens e trajetórias que possam lhes inspirar. Oriente-os a montar um roteiro de entrevista/pesquisa com informações como: onde a liderança entrevistada nasceu e cresceu, onde estudou, o que a motivou, de quais programas ela participou e por quais causas ela luta.
3. A proposta é que os estudantes busquem iniciativas como hortas, compostagens comunitárias, manutenção de espaços verdes, redução dos resíduos ou separação e destinação adequada dos resíduos recicláveis e compartilhem seus achados. Essa atividade favorece a identificação, análise e discussão de vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios cotidianos relacionadas às mudanças climáticas e ao desenvolvimento e a divulgação de ações de promoção de saúde e bem-estar (**EM13CNT207**), além de incentivar a consulta a familiares e integrantes da comunidade em busca de informações e saberes específicos relacionados às atividades realizadas.
4. A proposta é que os estudantes busquem conhecer quais associações e conselhos existem no bairro ou na cidade. Esses são espaços em que a sociedade civil pode exercer seu direito de controle social sobre as políticas e os bens públicos. Se houver alguma associação, verifique o interesse da turma em atuar ativamente como conselheiros ou participar das reuniões e votações, estimulando o exercício da cidadania. Caso não haja uma associação, verifique a possibilidade de, junto com os professores da área de Ciências Humanas, criarem associações dos estudantes com foco em iniciativas ambientais e sustentáveis.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**. A disposição a céu aberto é a forma mais barata (III); a disposição em aterros sanitários permite a cobertura do lixo com terra, evitando contato físico com as pessoas (I); a incineração do lixo reduz grandemente seu volume, embora lance no ar fumaça e compostos gasosos (IV).
2. Alternativa **c**. O caso de Cubatão foi um exemplo de controle e recuperação ambiental por iniciativa do poder público. A ação foi direcionada para minimizar a emissão de gases tóxicos pelas usinas e indústrias, juntamente com iniciativas de restauração: reflorestamento e despoluição dos corpos-d'água. Foram atendidos interesses aparentemente antagônicos: produção industrial e conservação ambiental. Essa atividade possibilita o trabalho com a habilidade **EM13CNT203**.
3. Alternativa **d**. A radiação é mutagênica, afetando o material genético no interior das células de animais e plantas. Os efeitos imediatos com maior intensidade de radiação foram devastadores, mas a queda da atividade humana permitiu que houvesse recuperação e restabelecimento de populações, apesar dos níveis de radiação local. Essa atividade favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT203**.
4. Alternativa **b**. Esse é justamente o problema do consumismo desenfreado que caracteriza mais os países desenvolvidos, como os Estados Unidos e o Japão.
5. **a.**



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

   b. Espera-se que os estudantes respondam que a supressão de peixes levaria à desnutrição proteica da comunidade ribeirinha, pois a mandioca (aipim) é rica em carboidratos. Essa atividade possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**, ao solicitar ao estudante que avalie os efeitos de uma mudança alimentar dos ribeirinhos em razão da intervenção no ecossistema que resultou em contaminação do rio por mercúrio.
6. Estudos indicam que o ensino de pensamento computacional pode melhorar a capacidade de resolução de problemas dos estudantes. Uma atividade com a proposta de desenvolver o pensamento computacional pode ser avaliada de acordo com o nível de desempenho dos estudantes em: i) identificar as partes para decompor o problema; ii) os padrões reconhecidos; iii) três propostas de ações práticas que possam mitigar os impactos ambientais daquilo que foi analisado; iv) representação visuais das ideias; v) integração com outras áreas do conhecimento. Essa atividade contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT203**, **EM13CNT206**, **EM13CNT207**, **EM13CNT301**, **EM13CNT309** e **EM13CNT310**.
7. Os estudantes devem buscar informações em fontes confiáveis para encontrar valores similares aos do quadro a seguir:

Materiais	Tempo de decomposição
Papel	De 3 a 6 meses
Tecidos	De 6 meses a 1 ano
Madeira pintada	Mais de 13 anos
Náilon	Mais de 20 anos
Metal	Mais de 100 anos
Alumínio	Mais de 200 anos
Plástico	Mais de 400 anos
Vidro	Mais de 1.000 anos
Borracha	Indeterminado

Fonte: BRASIL. **Manual de educação para o consumo sustentável.** Brasília: MMA, MEC, IDEC, 2005.

Considerando o tempo de decomposição dos materiais, os estudantes podem propor iniciativas para reduzir a

quantidade de lixo; repensar hábitos de consumo e descarte; reutilizar parte do lixo diretamente como matéria-prima ou reutilizar recursos naturais, como a água das chuvas, para outras atividades; reciclar a maior quantidade possível de materiais para a produção de papel, plásticos e vidro, por exemplo; recusar o consumo de produtos que gerem impactos socioambientais significativos; respeitar o fato de que os recursos são limitados e responsabilizar-se por informar-se sobre a origem dos produtos consumidos e os métodos usados em sua produção, a fim de poder agir de forma consciente e responsável; reparar objetos, estendendo a vida útil deles; repassar objetos ou conhecimentos a outras pessoas; reintegrar nutrientes no solo por meio de composteiras, em vez de aumentar a quantidade de resíduos descartados. Essa atividade possibilita o desenvolvimento da **competência geral 10** e da habilidade **EM13CNT104**.

8. Essa atividade permite o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT301** e **EM13CNT306**.

   Oriente os estudantes a fazer as marcações nos mesmos horários, para que seja possível comparar as medições levando em conta as atividades típicas desses horários. Peça a eles que se organizem para evitar que as marcações sejam feitas nos mesmos locais, a fim de aumentar a quantidade de dados para análise. Verifique se pelo menos um estudante de cada grupo conseguiu instalar o decibelímetro no celular antes do dia combinado para a coleta das informações de intensidade de ruídos em diferentes áreas do município.

   a. Esse item possibilita um trabalho interdisciplinar com o componente curricular de Física, uma vez que utiliza alguns conceitos de Acústica, além de retomar e aprofundar o conhecimento sobre ações sensoriais coordenadas pelo sistema nervoso. Os estudantes devem ser capazes de perceber que sons de alta intensidade promovem mais vibrações na membrana timpânica, ativando mais o nervo auditivo, e que os sons de alta intensidade podem lesar as células auditivas, ocasionando a perda da audição.

   b. Para facilitar a análise dos dados pelos estudantes, seria interessante orientar a construção de uma planilha coletiva. Cada linha deve ser composta de data, horário e local das medições, intensidade sonora marcada pelo decibelímetro e observações das fontes sonoras. É possível identificar as fontes sonoras presentes nos locais das medições em classes de fontes (presença de hospital, presença de escolas, vias com determinado número de faixas, quantidade de lojas de comércio etc.). Esse trabalho favorece o desenvolvimento de competências relacionadas ao pensamento computacional.

   c. Uma das formas que os estudantes podem escolher para divulgar os dados é por meio de um episódio de *podcast*. Caso essa forma seja escolhida, oriente os estudantes a elaborarem um roteiro contendo o resultado das análises, a definirem quais integrantes farão as gravações e o tempo do episódio e a escolherem um nome e uma vinheta para o programa criado. Acompanhe os estudantes na gravação de áudio dos roteiros e da vinheta (caso eles tenham escolhido ter uma) e na seleção de aplicativos e programas para a edição dos áudios. Depois, auxilie-os na revisão do material e na apresentação dos áudios para a turma. Sugira o compartilhamento com colegas e familiares.

Reflita sobre seu aprendizado

Solicite aos estudantes que também utilizem as perguntas dessa seção para autoavaliar suas compreensões sobre as principais ideias discutidas nesta unidade. Proponha a eles que retomem as respostas da seção **Pense nisso!** que elaboraram no início do estudo e as reescrevam com base nos conhecimentos atuais sobre os temas estudados. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando a mobilização das **competências gerais 1** e **6**. As diferentes atividades propostas ao longo dos capítulos podem ser usadas para avaliação formativa, possibilitando o acompanhamento das aprendizagens e servindo de subsídios para as intervenções necessárias de acordo com as diferentes realidades e possibilidades de sala de aula. A seção **Atividades de fechamento**, ao final de cada capítulo, visa avaliar a aprendizagem dos estudantes em relação aos principais conteúdos abordados, incluindo atividades de vestibular, a fim de prepará-los para exames de larga escala.

Educação midiática

A seção tem como objetivo que os estudantes desenvolvam as habilidades de:

- conhecer os elementos básicos da propaganda, como: objetivo claro, estudo do público-alvo, mensagem direta, formato de anúncio, entre outros;
- ler e analisar informações presentes em embalagens de produtos do cotidiano;
- analisar com visão crítica os textos de mídia em qualquer formato, de impressos a digitais;
- utilizar o conhecimento informacional e midiático para resolver problemas do dia a dia.

A seção possibilita o trabalho com as competências gerais **4**, **5**, **6**, **7**, **9** e **10** e as habilidades **EM13LP32** (Selecionar informações e dados necessários para uma dada pesquisa (sem excedê-los) em diferentes fontes (orais, impressas, digitais etc.) e comparar autonomamente esses conteúdos, levando em conta seus contextos de produção, referências e índices de confiabilidade, e percebendo coincidências, complementaridades, contradições, erros ou imprecisões conceituais e de dados, de forma a compreender e posicionar-se criticamente sobre esses conteúdos e estabelecer recortes precisos.), **EM13LP34** (Produzir textos para a divulgação do conhecimento e de resultados de levantamentos e pesquisas – texto monográfico, ensaio, artigo de divulgação científica, verbete de enciclopédia (colaborativa ou não), infográfico (estático ou animado), relato de experimento, relatório, relatório multimidiático de campo, reportagem científica, *podcast* ou *vlog* científico, apresentações orais, seminários, comunicações em mesas redondas, mapas dinâmicos etc. –, considerando o contexto de produção e utilizando os conhecimentos sobre os gêneros de divulgação científica, de forma a engajar-se em processos significativos de socialização e divulgação do conhecimento.) e **EM13LP44** (Analisar formas contemporâneas de publicidade em contexto digital (*advergame*, anúncios em vídeos, *social advertising*, *unboxing*, narrativa mercadológica, entre outras), e peças de campanhas publicitárias e políticas (cartazes, folhetos, anúncios, propagandas em diferentes mídias, *spots*, *jingles* etc.), identificando valores e representações de situações, grupos e configurações sociais veiculadas, desconstruindo estereótipos, destacando estratégias de engajamento e viralização e explicando

os mecanismos de persuasão utilizados e os efeitos de sentido provocados pelas escolhas feitas em termos de elementos e recursos linguístico-discursivos, imagéticos, sonoros, gestuais e espaciais, entre outros.).

Nos últimos anos, inúmeras empresas têm apresentado seus produtos abusando de selos e termos (como "ecológico", "sustentável", "amigos da natureza" etc.), porque os consumidores estão mais atentos e engajados com a causa ambiental e o bem-estar animal e procuram consumir produtos cuja fabricação envolva práticas sustentáveis.

Incentive os estudantes a analisarem as três embalagens e a escolherem uma das três marcas. Anote na lousa quantos estudantes escolheram cada uma e, em seguida, elenque os principais motivos das escolhas. Verifique se existem aspectos em comum ou que podem indicar que a escolha tenha sido induzida por alguma estratégia da marca.

Aproveite para discutir com os estudantes o papel de influenciadores digitais e blogueiros ao tratar das características dos produtos que têm maior impacto na escolha das marcas. É importante destacar a influência das modas no consumo individual e no consumo em massa e os efeitos que a moda tem nos sentimentos de pertencimento e de exclusão social, reforçando desigualdades para que o estudante possa se posicionar criticamente frente ao mundo e às propagandas.

A respeito das questões iniciais, podem ser levantados os seguintes aspectos:

1. O aumento da busca por opções alinhadas às temáticas citadas pressiona empresas a se adequarem e adaptar seus produtos e processos produtivos.
2. Alguns termos já devem ser conhecidos, mas é importante incentivar a comunicação oral dos conhecimentos prévios para garantir, ao final da seção, que todos os estudantes saibam o significado exato dos termos: vegano (não usa ingredientes de origem animal e não realizam testes em animais), *ecofriendly* (termo genérico para indicar ausência de prejuízos ao ambiente, sem especificar como), Empresa B (empresa cujo modelo de negócios prioriza o desenvolvimento social e ambiental) e SVB (Certificado de produto vegano pela Sociedade Vegetariana Brasileira), por exemplo.
3. Incentive a análise e leitura de rótulos, a busca de ingredientes perigosos à saúde e ao ambiente que aparecem em produtos de higiene pessoal e a identificação de selos que comprovam as informações de cuidado com o ambiente e a saúde (selo EcoCert, IBD Orgânico, Produto Vegano SVB, Empresa B FSC, eureciclo etc.). Com a pesquisa dos selos, é possível propiciar ao estudante o desenvolvimento da capacidade de identificar carência de dados e uso de informação não confiável ou genérica com a intenção de promover um produto. Deve ficar claro para os estudantes que produto **C** traz informações na forma de certificados de órgãos ou instituições oficiais para validar que o produto de fato é vegano e que a empresa da marca segue padrões de geração e gestão de impactos socioambientais, enquanto os outros produtos abusam de selos para parecerem mais sustentáveis e ecológicos.
4. Os estudantes devem relatar as características mais relevantes para a escolha ou o desejo de compra de produtos (recomendação de amigos ou influenciadores, preço, menos impacto ambiental e na saúde etc.).
5. Essa atividade busca instigar os estudantes a se aprofundar no universo das propagandas. Em **Ampliação de repertório**, a pesquisa dos estudantes deve ajudar a identificar que os elementos básicos da propaganda são: meios (canais, suportes, tecnologias e redes), linguagens (códigos verbais, visuais, sonoros, táteis, olfativos e gustativos) e pessoas (comportamentos, pensamentos, afetos, conexões e histórias).

No tópico **Produção de conteúdo**, se os estudantes optarem por produzir um documento para uma empresa fabricante de um produto com estratégias de *greenwashing*, mostre exemplos de documentos oficiais e sugira a divisão de tarefas entre eles. Caso optem pelo guia de identificação de estratégias de *greenwashing*, oriente-os a adotar uma linguagem direta, coloquial e interativa com público-alvo (comunidade escolar), ilustrando cada ponto abordado.

Ao final da seção são apresentados alguns critérios para a autoavaliação dos estudantes. Caso considere pertinente, monte uma tabela de rubricas considerando os níveis de desempenho avançado, adequado, satisfatório e insuficiente para cada critério sugerido.

UNIDADE 3 ÁGUA E ALIMENTOS

A relação entre água e alimentos é intrincada e integrada com o bem-estar humano e a sustentabilidade do planeta. A água, apesar de ser um recurso natural renovável, vem sendo contaminada por poluentes, trazendo sérios problemas ambientais e de saúde, e sua escassez pode representar um problema para a produção de alimentos e para os biomas brasileiros. As reservas extrativistas e o modo de vida de diversas etnias indígenas no Brasil mostram que é possível associar desenvolvimento econômico e conservação do ambiente e de seus recursos.

1. Os humanos impactam os ambientes aquáticos por meio de diversos tipos de poluição: orgânica (esgoto), metais, defensivos agrícolas e fertilizantes. Somam-se a isso a redução das populações naturais pela sobrepesca, a introdução de espécies exóticas e a descarga de sedimentos nos garimpos, alterando o *habitat* das espécies nativas. A eutrofização ocorre quando se aumentam muito os nutrientes minerais dissolvidos na água, o que pode ser resultante da decomposição da matéria orgânica, como é o caso do esgoto, ou do aporte de efluentes ricos em nutrientes de outras fontes (agrícolas e industriais, por exemplo). Para evitar a eutrofização, pode-se controlar a descarga de esgoto e implementar mecanismos para oxigenar a água, criando condições para a decomposição aeróbica de matéria orgânica e evitando a anoxia.
2. Entre as consequências, podem ser citadas a transmissão de doenças e a contaminação do meio por poluentes. Isso afeta as populações de diferentes maneiras, como o aumento de incidência de doenças de veiculação hídrica e a redução da disponibilidade de água potável. Estimule a reflexão sobre como a falta de saneamento afeta de forma desproporcional populações indígenas, quilombolas, ribeirinhas, entre outras.

3. A produção de alimentos é importante, mas causa desmatamento, e o uso de agrotóxicos e fertilizantes pode causar poluição, afetando biomas e reduzindo a biodiversidade.
4. Propicia, por exemplo, o debate sobre produção sustentável de alimentos, aumento da produtividade agrícola e segurança alimentar em diversas regiões.

Capítulo 9 Recursos hídricos e ecossistemas aquáticos

Neste capítulo serão estudados os ecossistemas aquáticos com foco na fragilidade dos recursos hídricos e nos danos causados a esses ecossistemas pela ação antrópica. É possível planejar o estudo em conjunto com Geografia, visando compreender a divisão geopolítica das reservas de água doce e os aspectos socioambientais do entorno de ambientes aquáticos, o que favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CHS301** e **EM13CHS304**. O assunto também pode ser trabalhado com Química, sobre a importância do gás oxigênio dissolvido em água e os fatores que alteram sua solubilidade, favorecendo o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- relacionar a penetração da luz solar com as zonas fótica e afótica e diferenciar as categorias de seres marinhos;
- reconhecer os sinais de poluição dos ecossistemas aquáticos e suas consequências para o ambiente e para os seres humanos;
- caracterizar os ecossistemas aquáticos marinho e de água doce, compreendendo suas particularidades;
- analisar o ambiente aquático com base nos parâmetros de DBO e presença de nitrogênio e fósforo e propor intervenções de melhoria na qualidade de vida das populações do entorno;
- relacionar as práticas de consumo e responsabilidade socioambiental, individual e de instituições públicas e privadas com a conservação dos recursos hídricos.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 2, 5, 6, 7, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT105, EM13CNT202, EM13CNT203, EM13CNT206 e EM13CNT301
- **Habilidades de outra área do conhecimento:** EM13CHS301 (Problematizar hábitos e práticas individuais e coletivos de produção, reaproveitamento e descarte de resíduos em metrópoles, áreas urbanas e rurais, e comunidades com diferentes características socioeconômicas, e elaborar e/ou selecionar propostas de ação que promovam a sustentabilidade socioambiental, o combate à poluição sistêmica e o consumo responsável.) e EM13CHS304
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Meio ambiente e Trabalho

Sugestões didáticas

O tópico "A disponibilidade de água doce" é oportuno para o trabalho com o TCT **Educação ambiental**, os **ODS 6** e **14** e as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT105**, pois envolve discussões sobre disponibilidade de água para diferentes populações e problemas relacionados ao consumo excessivo e ao desperdício.

Em "Pegada de água", conduza a discussão para questões do dia a dia, como o consumo de roupas e alimentos, estimulando os estudantes a analisar os próprios hábitos e a perceber que o uso inadequado dos recursos naturais também está relacionado ao cotidiano. Sugira que elaborem um texto argumentativo sobre a crise hídrica e o papel da sociedade e do governo na sua resolução, trabalhando as **competências gerais 5**, **7** e **10**.

O tópico "Consequências da interferência humana nos ecossistemas aquáticos" contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT206** e dos **ODS 6** e **14** ao apresentar as causas da poluição que devem ser combatidas para garantir a melhora na qualidade da água e a proteção de ecossistemas marinhos e costeiros, assim como do TCT **Educação ambiental**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

As atividades 1 e 2 possibilitam o trabalho com o **ODS 6** e com o TCT **Educação ambiental**.

1. A pegada hídrica é calculada levando em conta não somente a água consumida ou usada diretamente nas atividades diárias. Ela considera também toda a água necessária para indiretamente prover produtos de vários tipos.
2. Caso os estudantes tenham dificuldades, oriente-os a acessar a *Calculadora da pegada hídrica* (disponível em: https://ech2o.aprh.pt/peghidrica/pt/questions.php; acesso em: 23 set. 2024). Para avaliar a dimensão da pegada deles, peça que calculem a média das pegadas individuais e reconheçam as que superarem a média. Eles podem indicar medidas diversas para reduzir sua pegada hídrica, principalmente as relacionadas a um consumo mais consciente. A atividade contribui para o desenvolvimento das **competências gerais 5**, **9** e **10**, uma vez que os estudantes utilizam tecnologias digitais da informação e comunicação para descobrir a própria pegada hídrica, exercitam empatia, diálogo e cooperação ao discutir meios de classificar e avaliar pegadas hídricas da turma e refletem sobre os próprios hábitos a fim de agir com autonomia e responsabilidade com relação ao consumo de água.
3. Plâncton: seres que vivem em suspensão na água, sem se locomover contra as correntes; nécton: seres com natação ativa, podendo mover-se contra as correntes; bentos: seres associados ao fundo, podendo viver sobre ou dentro dele.
4. Fitoplâncton, autotrófico, e zooplâncton, heterotrófico. A distribuição vertical desses organismos segue a penetração da luz nas águas. A atividade fotossintética está restrita à zona eufótica, concentrando-se aí o fitoplâncton. O zooplâncton segue o fitoplâncton, que é sua fonte de alimento.
5. Uma das propriedades da água é sua anomalia térmica. Enquanto a matéria em geral diminui gradualmente seu volume à medida que esfria, a água e algumas outras substâncias comportam-se fora desse padrão. Durante o resfriamento, verifica-se contração de volume até a marca dos 4 °C; entre essa temperatura e 0 °C, quando a água pura congela, ocorre expansão do volume com o resfriamento. Assim, o gelo a 0 °C é menos denso que a água líquida a 4 °C. É por isso que o gelo fica na superfície e a água líquida abaixo dele.
6. A eutrofização é um processo que ocorre em ambientes aquáticos devido ao aumento excessivo e repentino de

nutrientes na água, sobretudo fosfato e nitrato, levando à proliferação exagerada do fitoplâncton (e outros autótrofos). A seguir, devido à mortalidade desses organismos, intensifica-se o processo de decomposição, ocorrendo aumento do número de bactérias e fungos aeróbicos. Esses decompositores, por sua vez, levam ao esgotamento do gás oxigênio dissolvido na água e à morte de animais e outros organismos que dependem dele. Os seres anaeróbicos, que não dependem desse gás, proliferam. Em certos casos, cianobactérias e algas que proliferam produzem toxinas e causam a morte de muitos organismos.

7. Com o uso de fertilizantes solúveis. Quando chove, parte deles é drenada com a água para a rede hidrográfica. Dependendo da quantidade desses nutrientes, os cursos de água afetados podem eutrofizar-se.

8. Em áreas urbanas é comum haver descarga de esgoto, clandestina ou não. Com o aumento do teor de matéria orgânica, cuja decomposição consome O_2, no trecho urbano de rios e no início da parte a jusante (rio abaixo) das cidades ocorre eutrofização. Para mitigar, pode-se reduzir as descargas clandestinas ou interceptá-las com tubulação paralela ao rio que as conduza à estação de tratamento. Assim como outras formas de poluição hídrica, a eutrofização pode causar perda de biodiversidade, desequilíbrio nas cadeias alimentares e interferência nos ciclos biogeoquímicos.

9. Os níveis de organização diretamente envolvidos na eutrofização são indivíduos, populações, comunidades e ecossistemas. Os indivíduos sofrem os efeitos imediatos do aumento da matéria orgânica que chega ao corpo-d'água, sobretudo os decompositores aeróbicos heterotróficos (que iniciam a degradação dessa matéria, com consumo de O_2). A partir disso, aumentam-se os nutrientes minerais dissolvidos, levando à proliferação de autotróficos (fitoplâncton e macrófitas) e, na sequência, a um grande aumento da biomassa deles e à sua mortalidade, já que os recursos do ambiente são finitos. Então, com o aumento da carga orgânica a ser decomposta aerobicamente, o estoque de O_2 diminui e provoca a morte de heterótrofos consumidores e decompositores aeróbicos. Com a redução de populações aeróbicas e sua substituição por populações anaeróbicas, ocorre forte alteração da comunidade, com perda de diversidade. Essa atividade contempla as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT105**, **EM13CNT202**, **EM13CNT203**, **EM13CNT206** e **EM13CHS301**, os **ODS 6** e **14** e o TCT **Educação ambiental**.

Trabalho e juventudes

1. Além de apresentar aos estudantes o universo da pesquisa científica e instigar neles o interesse por Ciências e a consciência de cidadania, esse tipo de iniciativa os incentiva a buscar soluções para problemas reais, contribuindo para a conservação do ambiente.

2. Incentive os estudantes a compartilhar eventos que conheçam e/ou pesquisar sobre os eventos no município ou região. Pergunte se teriam vontade de participar de algum deles.

3. Incentive os estudantes a identificar problemas na comunidade e a pesquisar sobre eles e ideias que subsidiem soluções. A atividade se relaciona com as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CHS304**, os TCTs **Educação ambiental** e **Trabalho** e as **competências gerais 2**, **6** e **10**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**. As águas profundas são férteis devido à decomposição dos organismos que morrem e chegam ao fundo onde não há luz, portanto sem fitoplâncton ativo. Por isso os nutrientes não são consumidos e se acumulam na água. Na ressurgência, as águas férteis chegam à zona eufótica, onde a presença de luz ativa a fotossíntese aumentando a produtividade primária. A atividade contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**.

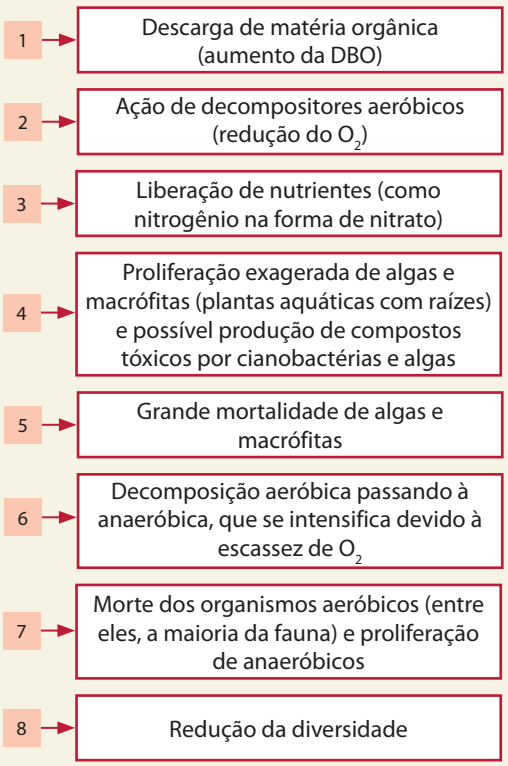
   As atividades 2, 3, 4 e 7 mobilizam as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT105** e **EM13CNT202**.

2. Alternativa **c**. Em ambientes ricos em nutrientes, populações de algas proliferam, dando início à eutrofização.

3. Alternativa **b**. O crescimento da população de algas aumenta a concentração de gás oxigênio na superfície do lago devido à fotossíntese. Em seguida, porém, ocorre mortandade desses microrganismos, propiciando a proliferação de decompositores, como bactérias e fungos aeróbicos.

4. Alternativa **a**. O alagamento das áreas próximas à represa ocasiona a morte da vegetação. A ação de decompositores sobre a matéria vegetal libera na água nutrientes, propiciando a proliferação de algas e plantas aquáticas.

5.



6. **a.** Há um aumento acentuado da densidade de indivíduos.
   b. A densidade de indivíduos é praticamente nula.
   c. A luminosidade. Por se tratar de fotossintetizantes, a luz é um fator limitante para eles.

   A atividade contribui para as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT202**.

7. **a.** Concentração de clorofila é a quantidade total de clorofila estimada para certo volume de água do mar. Essa quantidade é proporcional à abundância de células de algas, ou seja, do fitoplâncton – assim, quanto

maior é a concentração de clorofila, mais abundante é o fitoplâncton e, indiretamente, o zooplâncton.

b. Eles se concentram nas margens continentais, enquanto nas regiões centrais dos oceanos, ao norte e ao sul do Equador, são muito menos abundantes. Uma explicação para esse fato é a ascensão de massas de água profunda, rica em nutrientes, até a zona eufótica por meio da ressurgência. Outra é o aporte de nutrientes provenientes dos continentes (especialmente por meio dos rios).

8. a. O aumento brusco da DBO. A depuração é evidenciada pela redução da DBO (os compostos já se decompuseram) até o nível observado logo antes da descarga de poluentes. As bactérias proliferam muito devido ao aumento da quantidade de matéria orgânica na água e sua atividade de decomposição vai consumindo O_2. Quanto às algas, há declínio logo após a descarga de poluentes (eutrofização) e, mais adiante no rio, com o aumento da disponibilidade de nutrientes, elas florescem e atingem níveis acima do inicial. Isso se explica pela fertilização da água do rio como resultado de todo o processo.

b. No gráfico **B**, a concentração de nitrato aumentada em relação à anterior à descarga, acompanhada por maior quantidade de algas (gráfico **C**).

c. Há duas possibilidades: reduzir a carga orgânica por meio do tratamento prévio e/ou oxigenar artificialmente a água logo após o ponto de descarga, a fim de atender a DBO.

A atividade contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT105**, **EM13CNT202**, **EM13CNT203** e **EM13CNT301**.

Capítulo 10 Saneamento básico e doenças associadas

Neste capítulo são discutidos os principais problemas, sobretudo de saúde pública, decorrentes do saneamento inadequado, relacionando-se com as **competências gerais 2**, **5**, **7**, **8** e **10**, as habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT310** e **EM13CHS304**, e os TCTs **Educação para direitos humanos** e **Saúde**. O trabalho pode ser integrado com Geografia, mobilizando a habilidade **EM13CHS206**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- explicar as implicações científico-sociais do conceito de saúde como bem-estar físico, mental e social;
- reconhecer consequências do saneamento básico desigual entre regiões brasileiras no comprometimento da saúde humana;
- associar as doenças a seus agentes causadores, sintomas, formas de prevenção e políticas públicas para compreender como o conhecimento etiológico pode intervir na promoção da saúde;
- caracterizar doenças infecciosas veiculadas pela água contaminada que afetam a humanidade;
- valorizar a busca coletiva de soluções para problemas de saúde pública e a adoção de atitudes que promovam a higiene ambiental e corporal e previnam a transmissão de doenças.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 2, 5, 7, 8 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT104, EM13CNT301 e EM13CNT310
- **Habilidades de outras áreas do conhecimento:** EM13CHS206 (Analisar a ocupação humana e a produção do espaço em diferentes tempos, aplicando os princípios de localização, distribuição, ordem, extensão, conexão, arranjos, casualidade, entre outros que contribuem para o raciocínio geográfico.) e EM13CHS304
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Educação em direitos humanos e Saúde

Sugestões didáticas

No tópico "Concepção de saúde e saneamento básico", questione os estudantes sobre por que o saneamento básico é importante. Lembre-os dos impactos na economia e no desenvolvimento do país, como a diminuição da mortalidade infantil, a redução dos custos em saúde, a melhoria no nível de escolaridade da população, a valorização imobiliária e o estímulo ao turismo. Relacione ainda a precariedade do saneamento básico com as diferenças de índice de desenvolvimento humano entre as regiões brasileiras. Esse trabalho pode ser integrado com Geografia.

Ao desenvolver o tópico "Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas", pode-se adotar a pior inundação da história do Rio Grande do Sul, ocorrida em maio de 2024, como ponto de partida. Aproveite a oportunidade para analisar e discutir a ocupação do solo próximo a corpos-d'água, contemplando a habilidade **EM13CHS206**. É possível abordar ainda por que as cidades apresentam riscos de inundação e levantar diversos fatores, como relevo, tipo de solo e soterramento de rios urbanos, favorecendo o raciocínio geográfico.

Para o tópico "Doenças relacionadas ao saneamento inadequado", pode-se lançar mão do método da sala de aula invertida. Direcione a pesquisa a ser feita em casa com base nos grupamentos propostos no Livro do estudante. Na aula seguinte, ofereça suporte sanando dúvidas, explicando conceitos e acrescentando informações. Essa abordagem favorece o trabalho das habilidades **EM13CNT104** (aspectos da contaminação da água por lixo e esgoto) e **EM13CNT310** (importância de serviços e infraestrutura básicos para a saúde pública) e do TCT **Saúde**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. O saneamento básico é importante para: evitar a contaminação do ambiente (água e solo) e a disseminação de doenças; reduzir a mortalidade infantil e os gastos públicos com tratamento e hospitalização das pessoas; e contribuir para melhorar o desempenho escolar e a produtividade dos trabalhadores.

2. Os estudantes podem argumentar, por exemplo, que o esgotamento sanitário inadequado afeta as populações ribeirinhas comprometendo sua saúde, sustento e cultura. A contaminação da água usada para consumo e pesca causa doenças e reduz a disponibilidade de recursos naturais (como os peixes) essenciais para a subsistência. A poluição também prejudica o extrativismo vegetal e a biodiversidade, impactando atividades econômicas e alimentares. Além disso, a degradação ambiental ameaça as tradições culturais e o modo de vida dessas comunidades, que dependem do equilíbrio com o ambiente. A atividade desenvolve as **competências gerais 2** e **7**.

3. Um vale em região serrana é uma área de terreno baixo e geralmente plano, muitas vezes em forma de depressão entre as montanhas, e pode conter rios, córregos ou lagos. Como o texto fala em inundações e enchentes, a urbanização foi feita nas margens de um corpo-d'água sem respeitar as vazões do leito do rio ou do lago em períodos de chuva. Não houve, assim, um projeto adequado para drenagem e manejo das águas fluviais. Com base nas informações do Censo, esses problemas podem estar relacionados à ausência de planejamento para áreas de risco, resultando em pavimentos sem vazão para água e vias urbanas sem canais subterrâneos adequados para a realidade local e sem drenagem natural, como faixas e valas de infiltração em vias públicas (**competência geral 7** e habilidade **EM13CHS206**).
4. Com base nos dados de gestão de risco da imagem "Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DMAPU)", espera-se que os estudantes argumentem que há carência de investimento em medidas preventivas contra eventos hidrológicos extremos. A falta de mapeamento de áreas de risco em quase 70% dos municípios revela o inadequado planejamento urbano. E o alto número de pessoas desalojadas demonstra o impacto significativo desses eventos, incluindo perdas materiais e de vidas. Isso destaca a necessidade de investimentos públicos em infraestrutura de drenagem e manejo de águas pluviais para proteger as comunidades (**competência geral 7**).
5. **a.** A curva de incidência de internações por doenças de veiculação hídrica mostrou redução, enquanto a que indica a parcela da população com acesso à rede mostrou aumento de cobertura.
   b. O aumento da parcela da população com acesso à rede coletora de esgoto levou à redução das doenças por veiculação hídrica, pois a relação entre esses dados é inversamente proporcional, o que evidencia a importância desses serviços públicos.
6. Investir no saneamento básico, melhorando os sistemas de tratamento de esgoto, pois as fezes contaminam o meio ambiente. Essas doenças são de transmissão fecal-oral.
7. Hepatite A.

Em foco

Essa atividade favorece o desenvolvimento da **competência geral 7** e dos TCTs **Educação em direitos humanos** e **Saúde**.

1. Sem saneamento básico adequado, aumenta-se a incidência de doenças respiratórias, ginecológicas e de veiculação hídrica, e as mulheres precisam se afastar da escola e/ou trabalho para cuidar da saúde de si ou dos familiares (já que elas são as principais responsáveis por cuidar da família). Isso impacta diretamente o nível de escolaridade (as mulheres têm, em geral, notas mais baixas no Enem) e a renda (com os afastamentos, elas não conseguem manter o salário completo, sobretudo se são autônomas ou trabalham por demanda). A pobreza menstrual também afeta a educação e a renda, pois, durante o período menstrual, muitas mulheres não saem de suas residências seja por falta de produtos de higiene adequados seja por ausência de saneamento, o que impacta o uso de absorventes e coletores menstruais.
2. A falta de saneamento básico resulta em impactos negativos na saúde, na educação e na renda das mulheres mais vulneráveis, perpetuando um ciclo de marginalização e sofrimento que se alinha com os princípios da necropolítica.
3. Espera-se que os estudantes argumentem que: quanto à renda, o programa pode diminuir o esforço econômico das mulheres mais pobres para adquirir produtos de higiene menstrual; quanto à saúde, o acesso a esses produtos pode diminuir a incidência de doenças e infecções ginecológicas; quanto à educação, a falta de acesso a produtos de higiene menstrual pode causar faltas escolares e comprometer o desempenho acadêmico.
4. O texto enfatiza a necessidade de políticas e ações que garantam o acesso universal ao saneamento básico como uma maneira de promover a igualdade de gênero e empoderar as mulheres, como propõe o **ODS 5**.

Na prática

Essa atividade permite aos estudantes levantar hipóteses (**EM13CNT301**) e investigar a situação do saneamento básico em sua região, a fim de se inteirar de sua realidade e promover análise crítica das condições de saneamento onde moram. Durante a elaboração de propostas, incentive a criatividade e o pensamento crítico (**competências gerais 2** e **7**). Durante a discussão em grupo, faça perguntas direcionadas e peça que compartilhem as próprias ideias.

Ao entrar em contato com leis e decretos que regulamentam os projetos de saneamento básico, os estudantes são incentivados a buscar respaldo legal para a cobrança de ações de melhoria na qualidade de vida da população, favorecendo o trabalho com o TCT **Educação em direitos humanos**. Na busca pelo PMSB do município, cada grupo deve escolher um dos quatro serviços de saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e gestão de resíduos sólidos) para as análises. Garanta que cada um dos quatro serviços seja analisado por pelo menos um grupo. Como boa parte dos municípios brasileiros não apresenta PMSB, pesquise previamente com os estudantes se o município apresenta esse plano. Verifique ainda se será necessário buscar informações da prefeitura ou outras fontes confiáveis de dados.

A atividade incentiva a pesquisa, o pensamento crítico e a ação transformadora no contexto social dos estudantes, favorecendo o desenvolvimento das **competências gerais 2**, **5**, **7**, **8** e **10**, além das habilidades **EM13CNT310** e **EM13CHS304**.

Para a avaliação do projeto sugerimos alguns critérios: qualidade da pesquisa realizada e precisão dos dados coletados; capacidade de identificar problemas e propor soluções inovadoras e sustentáveis; clareza e organização dos registros; participação ativa nas visitas e entrevistas; atitude diante dos colegas; comparação crítica com outros projetos bem-sucedidos.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**. A filariose e as leishmanioses são doenças relacionadas ao saneamento inadequado e transmitidas por inseto vetor. Assim, o controle da doença deve ser feito por meio do controle da população desses insetos.
2. Alternativa **d**. Febres constantes e intermitentes associadas à fadiga e dores de cabeça são sintomas consistentes com o enunciado sobre os efeitos debilitantes da malária.
3. Alternativa **c**. A fêmea do mosquito, depois da fecundação, precisa colocar os ovos contendo as larvas em um ambiente de água parada.
4. **a.** O grupo autodeclarado pardo, representando 56,9% da população com privação.
   b. Na população indígena, na qual 44,6% das pessoas estavam na condição de privação.

c. Os dados mostram que populações vulneráveis, como pardos e indígenas, são as mais afetadas pela falta de acesso a serviços básicos como o saneamento, evidenciando o racismo ambiental. Essa forma de racismo associa o racismo estrutural ao debate ambiental e se relaciona à prática de necropolítica ao negar direitos fundamentais a esses grupos.

5. a. Maranhão, com 90,8%.

b. Roraima, com 57,6 %.

c. Em nenhuma delas.

d. Área rural (37,2%) seguida pela área indígena (33,6%).

e. As maiores taxas de transmissão ocorreram justamente em áreas rurais e indígenas, mais relacionadas ao *habitat* natural do mosquito *Anopheles*.

6. a. O sintoma típico relacionado ao sincronismo da reprodução assexuada do parasita nas hemácias é a febre cíclica, pois as hemácias se rompem ao mesmo tempo, liberando os parasitas no sangue, juntamente com toxinas que desencadeiam a febre.

b. A remoção da glândula pineal provavelmente resultaria em uma alteração no padrão de sincronia do ciclo reprodutivo do *Plasmodium* e, com isso, a regularidade dos picos febris não ocorreria.

7. a. Porque essas doenças estão frequentemente associadas a condições precárias de saneamento básico, falta de acesso a água limpa e práticas de higiene inadequadas. Esses elementos costumam representar grandes desafios em regiões menos desenvolvidas, contribuindo para o aumento da prevalência de verminoses. Além disso, impactos socioeconômicos dessas doenças, como gastos com tratamento médico e perda de dias de trabalho ou escola, afetam negativamente o desenvolvimento da região.

b. A expressão "boa educação sanitária" se refere à educação e à conscientização das pessoas sobre práticas de higiene, saúde e prevenção de doenças. Isso inclui, por exemplo, ensinar a manter um ambiente limpo e saudável, lavar as mãos adequadamente, purificar a água para consumo e manipular alimentos de forma higiênica.

Capítulo 11 Biomas brasileiros

Esse capítulo apresenta características de cada bioma brasileiro e estimula discussões sobre ameaças à sociobiodiversidade em cada um deles, contemplando as habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**, o **ODS 9** e o TCT **Meio ambiente**. O trabalho pode contar com o apoio do professor de Geografia para o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS302**, ao relacionar atividades agropecuária e extrativista, hábitos culturais e estrutura produtiva de setores econômicos com impactos ambientais específicos, como desmatamento, assoreamento, queimadas, poluição e perda de biodiversidade.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- identificar os biomas como diferentes unidades ecológicas determinadas pelo clima, solo, vegetação e relevo regionais;
- reconhecer e localizar geograficamente os biomas brasileiros;
- explicar que o desmatamento, o assoreamento dos rios, as queimadas, a produção de alimentos em larga escala e a poluição impactam negativamente a biodiversidade e podem resultar na extinção de espécies.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 2, 3, 7 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT202, EM13CNT203, EM13CNT206, EM13CNT301, EM13CNT302 e EM13CNT303
- **Habilidade de outra área do conhecimento:** EM13CHS302 (Analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias em diferentes ambientes e escalas de análise, considerando o modo de vida das populações locais – entre elas as indígenas, quilombolas e demais comunidades tradicionais –, suas práticas agroextrativistas e o compromisso com a sustentabilidade.)
- **Tema contemporâneo transversal (TCT):** Meio ambiente

Sugestões didáticas

Do ponto de vista ecológico, uma floresta pode ser definida como um ecossistema dominado por árvores e outros tipos de vegetais cujas copas se justapõem criando uma espécie de teto (dossel) que atenua a luz solar, criando um ambiente mais ameno e sombreado abaixo dele.

Pergunte aos estudantes quantas árvores um ecossistema precisa ter para ser considerado uma floresta e não um tipo de formação savânica, caracterizada por árvores mais esparsas. Ao discutir as respostas com eles, baseie-se em dados do Sistema Nacional de Classificação da Vegetação dos Estados Unidos que estabelecem que, em uma floresta, as copas das árvores cobrem de 60% a 100% da área. Os bosques (do inglês, *woodlands*) têm o dossel mais aberto, com as copas das árvores cobrindo entre 25% e 60% da área; já nas savanas, a cobertura arbórea fica entre 5% e 25% da área.

Com relação à série documental *Nossos biomas*, do boxe **Fique por dentro**, sugerimos como referência suplementar: BRASIL. **Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1 : 250 000. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf. Acesso em: 26 out. 2024.

Atividade complementar

Peça aos estudantes que realizem uma pesquisa sobre iniciativas sustentáveis individuais e/ou coletivas que possam reduzir o impacto da produção de alimentos nos biomas brasileiros. Durante a aula, convide-os a compartilhar as informações pesquisadas e sane as dúvidas eventuais. São mobilizadas as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT203**, **EM13CNT206** e **EM13CNT302**, uma vez que são abordados os ecossistemas locais, a importância da conservação da biodiversidade e dos ecossistemas e as atividades econômicas que fazem uso sustentável dos recursos naturais.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Essa atividade trabalha argumentação (**competência geral 7**) e reconhecimento de padrões dos biomas, exercitando o pensamento computacional.

a. Incorreta. Os três principais estratos das florestas tropicais são o arbóreo, o arbustivo e o herbáceo; é incorreto afirmar que não há herbáceas.

b. Incorreta. Árvores esparsas, sem formação de dossel, caracterizam formações savânicas, como o Cerrado.

c. Correta. O dossel resulta da contiguidade entre as copas das árvores, criando abaixo de si um ambiente mais sombreado, onde se desenvolve o sub-bosque.

d. Correta. As florestas tropicais são as mais complexas em termos de estrutura.

e. Correta. O sub-bosque corresponde à vegetação que cresce abaixo do dossel, composta de espécies arbustivas e herbáceas e jovens das espécies arbóreas.

2. Essa atividade mobiliza a leitura inferencial e a habilidade **EM13CNT203**.

a. Observações III e IV. Como as raízes são superficiais e o solo é bastante permeável, os nutrientes liberados pela decomposição da serapilheira passam muito rápido para as camadas mais profundas do solo, onde a maioria das raízes, responsáveis pela absorção, não chega.

b. Observações IV, V e VI. As raízes se concentram próximas ou até mesmo dentro da camada de serapilheira, permitindo a absorção de nutrientes assim que eles são liberados. As micorrizas aumentam a eficiência da absorção de água e sais minerais pelas plantas associadas. O deslocamento dos nutrientes presentes nas folhas velhas para outros tecidos das plantas minimiza a perda de nutrientes para a serapilheira.

3. Alternativa **d**. Nos ecossistemas em equilíbrio, espécies adaptadas ao ambiente tendem a dominar espécies não adaptadas (como as não nativas). O tipo de solo e o fogo são fatores importantes para a estabilidade da comunidade do Cerrado. Essa atividade contempla a habilidade **EM13CNT202**.

4. a. Trata-se da Caatinga, presente na região Nordeste.

b. As plantas perdem as folhas na seca e rebrotam rapidamente com a chuva (vegetação decídua, estacional). Folhas pequenas e às vezes reduzidas a espinhos, bem como caules suculentos, são características comuns dessas espécies vegetais. Essa atividade trabalha a **competência geral 7** e a habilidade **EM13CNT202**.

c. A agropecuária foi a atividade que se expandiu e o tipo florestal de vegetação foi o que mais regrediu. A exploração de espécies lenhosas para uso como combustível (lenha e carvão vegetal) pode ter contribuído com a regressão.

5. a. A desertificação está ocorrendo em certas partes da Caatinga, e a arenização, no RS. Esses processos tornam o solo muito seco, estéril e impróprio para o cultivo de alimentos e o desenvolvimento vegetal em geral.

b. A desertificação é causada pela exposição de solos arenosos e pedregosos ao Sol, o que envolve atividades humanas, intemperismo e erosão. A arenização é a acumulação de areia, por ação do vento e das águas, sobre áreas antes vegetadas.

6. a. A área coberta por vegetações florestais reduziu um pouco (de 2,9 para 2,4 Mha), assim como as das savânicas (de 2,5 para 2,3 Mha). Houve redução de campos alagados e corpos-d'água (7,2 Mha para 2 Mha) e aumento das áreas de pastagens, que praticamente triplicaram (de 0,8 para 2,2 Mha).

b. Essa atividade contempla a habilidade **EM13CNT301** e a **competência geral 7**. Com base nos dados, a extensão dos alagamentos sazonais reduziu junto com a expansão de formações vegetacionais abertas, como campos e pastagens. Uma hipótese é o assoreamento dos cursos de água na planície com sedimentos trazidos das áreas de cultivo extensivo no planalto adjacente. Outra hipótese é que uma mudança climática tenha alterado a entrada de água em 2022 ou ao longo do período. O gráfico à esquerda do infográfico mostra redução gradual das áreas alagadas e de corpos-d'água: os máximos durante as cheias diminuíram, assim como os mínimos nas épocas secas.

Em foco – Marcas humanas indicam grande população na Amazônia antiga

1. Geoglifos são estruturas geométricas de grandes proporções construídas no solo. A ocorrência deles indica a presença de povos pré-coloniais na região. Além da ferramenta Google Earth, que permitiu o registro aéreo, a retirada da cobertura vegetal expôs as estruturas. Essa atividade favorece o trabalho com as **competências gerais 2** e **3**.

2. Google Earth é uma plataforma que permite visualizar mapas e imagens ao redor do mundo a partir de dados de satélites e fotografias aéreas de alta resolução tiradas por aviões de empresas contratadas pela Google. Como os satélites ficam na órbita da Terra, pode-se complementar com a temática de gravitação e monitoramento de satélites do componente curricular Física. Se julgar pertinente, incentive os estudantes a acessar o Google Earth para conhecer a ferramenta e procurar imagens de geoglifos na região do bioma Amazônia.

3. A terra preta é um indício da atividade humana por ser formada por restos de alimento (mandioca e peixes), além de cinzas de fogueiras e outros restos orgânicos da floresta. Essas áreas de terra fértil permitem o cultivo de alimentos e o desenvolvimento das espécies vegetais típicas do bioma.

4. A formação da Amazônia foi influenciada pela natureza, pelo modo de vida das populações residentes no passado e no presente e pela presença dos geoglifos. Esse tema possibilita a reflexão sobre a importância de proteger essas estruturas que contam parte da história da ocupação da Amazônia por povos originários (**ODS 11**).

Em foco – A Caatinga pode ser um bioma sustentável

A seção favorece o trabalho com os **ODS 2**, **6** e **15**.

1. As agroflorestas possibilitam reativar ou manter ativos os serviços ecológicos naturais das florestas. Com isso, as agroflorestas não só necessitam de menos insumos (como adubação, irrigação e controle artificial de pragas), reduzindo os custos da produção, como também contribuem para a manutenção ou restauração da diversidade local. Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS302** e das **competências gerais 2**, **7** e **10**.

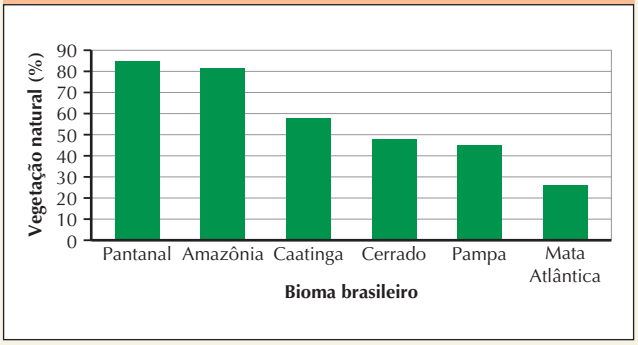
2. A parceria da comunidade local com projetos como o Redeser é bastante benéfica em razão da troca de informações e experiências, um fator fundamental para o engajamento das comunidades locais. Agricultores e povos tradicionais que recebem treinamento e qualificação tornam-se agentes de proteção do ecossistema. Essa atividade possibilita aos estudantes avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta (**competência geral 2** e habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**).

3. Além da conservação de nascentes e fontes hídricas que ajudam a lidar com o clima seco e garantir acesso à água para consumo e irrigação sem longos deslocamentos, é ampliada a oferta de alimentos saudáveis, o que reduz a insegurança alimentar e diversifica possíveis fontes de renda dos agricultores.
4. A importância implica a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas, a regulação do clima e dos ciclos biogeoquímicos, o combate à desertificação, a exploração sustentável de recursos naturais e a sobrevivência e o bem-estar das comunidades locais. Essa atividade trabalha a **competência geral 7** e a habilidade **EM13CNT206**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **e**. Os dois mapas (um deles destaca os biomas e o outro, a altitude) representam ocorrências de jararacas. A espécie é bem característica da Mata Atlântica, embora ocorra também no Pampa, no Cerrado e na Caatinga. Notam-se ainda ocorrências em áreas com altitude de até 1.000 m. Essa atividade utiliza diferentes formas de representação cartográfica para comunicar áreas de bioma e de relevo, trabalhando análise e interpretação de diferentes representações e temáticas.
2. Alternativa **e**. As agroflorestas são unidades produtivas que visam recuperar ou preservar processos naturais relacionados à manutenção do ecossistema florestal. Elas tendem a ser sustentáveis, exigindo menos insumos ou dispensando-os.
3. Alternativa **e**. *Hotspots* referem-se a áreas com grande número de espécies endêmicas, por isso são prioritários para conservação da diversidade. A principal causa da degradação ambiental no Cerrado e na Mata Atlântica é a expansão da fronteira agrícola. Essa atividade contempla as habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**.
4. Resposta **d**. Biomas essencialmente arbóreos são a Amazônia e a Mata Atlântica. Dominância do estrato herbáceo na maior parte do bioma corresponde ao Pampa, localizado em zona de clima temperado. A presença de árvores, arbustos e herbáceas sem grande predominância de uma dessas formas sobre as outras é característica de formações savânicas como o Cerrado típico.
5. Alternativa **a**. A Mata Atlântica relaciona-se com importantes serviços ecossistêmicos, como obtenção, regulação e abastecimento de água por meio de seus mananciais, proteção de encostas e manutenção da fertilidade e proteção do solo. Quanto à degradação da Amazônia, ela se intensificou a partir de 2019; contudo, há uma atenuação do problema a partir de 2022. Essa degradação teve alta correlação com a expansão da pecuária extensiva. A Mata Atlântica, ao contrário da Amazônia e do Cerrado, é de colonização antiga, tendo sido intensamente explorada ao longo de séculos.
6. I-a, II-c, III-b, IV-d, V-f. Na Floresta Amazônica, sempre muito úmida, predominam grandes árvores que se mantêm com as folhas o ano todo; nela há estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo. As florestas tropicais da maior parte da Mata Atlântica apresentam estações secas, quando parte de suas árvores perde as folhas; na estação chuvosa, essas florestas se assemelham à Floresta Amazônica, embora com árvores, em geral, não muito altas. Árvores esparsas, com caules retorcidos e grossas cortiças são típicas do Cerrado, uma formação savânica. Na Caatinga, que tem secas prolongadas e solos permeáveis com baixa retenção de água, a perda das folhas na seca favorece a redução da perda de água por evaporação; algumas espécies têm folhas modificadas em espinhos. No Pampa, é típica a presença apenas de estrato herbáceo. Essa atividade contempla a habilidade **EM13CNT202**.
7. Ao ordenar os biomas do menos para o mais degradado, tem-se: Pantanal: 85%; Amazônia: 81,7%; Caatinga: 57,9%; Cerrado: 47,9%; Pampa: 45,2%; e Mata Atlântica: 26,2%.

Proporção da área do bioma com vegetação natural (%)



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em INFOGRÁFICOS. **MapBiomas**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/infograficos/. Acesso em: 20 out. 2024.

Os extremos são o Pantanal e a Mata Atlântica. No Pantanal, o regime de cheias periódicas é um obstáculo para o avanço da agropecuária extensiva e do desmatamento; as áreas planaltinas, entretanto, foram substancialmente alteradas. A Mata Atlântica foi o primeiro bioma a ser colonizado, há séculos. Seus recursos naturais e vegetação vêm sendo explorados desde então, acumulando a maior degradação.

Incentive os estudantes a realizar pesquisas para responder às perguntas e a investigar o que tem sido feito para minimizar os impactos ambientais. O tema da importância da conservação ambiental e da biodiversidade pode ser abordado, trabalhando a habilidade **EM13CNT206**. Se a turma for grande, divida-a em seis grupos para que cada um concentre as pesquisas em determinado bioma e, posteriormente, compartilhe os resultados com o restante da turma. Essa proposta de encaminhamento contempla as habilidades **EM13NT302** e **EM13CNT303** e o TCT **Educação ambiental**.

8. Embora as florestas tenham em comum a presença de um estrato arbóreo formando um dossel, se elas fossem iguais, teriam também a mesma composição de espécies. Como cada bioma tem condições ambientais específicas e é habitado por espécies adaptadas a elas, suas florestas apresentam diferentes composições de espécies, ainda que a estrutura seja a mesma. Portanto, as florestas não são iguais, pois estão situadas em biomas distintos. Essa atividade mobiliza a habilidade **EM13CNT202** e as **competências gerais 2** e **7**.

Capítulo 12 Fisiologia das angiospermas e produção de alimentos

As angiospermas compõem o grupo vegetal com maior diversidade de espécies e maior impacto na produção de alimentos. Esse capítulo mobiliza as **competências gerais 1** e **2** ao propor a utilização de conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e a abordagem científica para explicar

a realidade e buscar soluções de problemas. Os temas sobre as reações metabólicas das plantas permitem desenvolver as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT202**. Abordagens que envolvem avaliação de riscos e previsão de efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos trabalham as habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT203**. A análise de ciclos biogeoquímicos envolve a habilidade **EM13CNT105**, e a realização de previsões sobre movimentos de objetos na Terra com base na análise das interações gravitacionais contempla a habilidade **EM13CNT204**. A avaliação dos impactos socioambientais de diferentes sistemas agrícolas capacita os estudantes a argumentar sobre sustentabilidade, adaptação às mudanças climáticas e avanços científico-tecnológicos, abordagem que favorece a avaliação crítica dos impactos econômicos e socioambientais das cadeias produtivas relacionadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias, alinhando-se à habilidade **EM13CHS302** e ao TCT **Meio ambiente**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- reconhecer as angiospermas como o principal grupo de plantas de interesse alimentar;
- explicar como ocorrem os processos de absorção, transpiração e transporte de seiva;
- avaliar os efeitos das ações humanas sobre os ciclos biogeoquímicos do nitrogênio, do fósforo e do potássio;
- reconhecer e interpretar o comportamento cíclico do nitrogênio, do fósforo e do potássio que constituem as substâncias orgânicas;
- explicar o que são hormônios vegetais, identificar suas funções na regulação da vida das plantas e interpretar a relação deles com movimentos e respostas das plantas;
- discutir o conhecimento científico da Fisiologia Vegetal como ferramenta para incrementar a produção agrícola de maneira sustentável, conservando comunidades naturais;
- identificar os impactos socioambientais de diferentes sistemas agrícolas e argumentar sobre sustentabilidade, adaptação às mudanças climáticas e avanços científico-tecnológicos.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1 e 2
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT105, EM13CNT202, EM13CNT203, EM13CNT204, EM13CNT205 e EM13CNT301
- **Habilidade de outra área do conhecimento:** EM13CHS302
- **Tema contemporâneo transversal (TCT):** Meio ambiente

Sugestões didáticas

O capítulo, com exceção da seção **Em foco**, pode ser trabalhado com base na metodologia ativa sala de aula invertida. Oriente os estudantes a lerem os tópicos no período extraclasse e responderem às atividades propostas, anotando as dúvidas. Em sala, discuta as dúvidas e as respostas das atividades. Em outra aula, divida a turma em quatro grupos: a dois deles proponha a primeira sugestão, e aos outros dois, a segunda. Os grupos deverão resolver as questões propostas nas sugestões e, para isso, levantar hipóteses, fazer previsões, elaborar um roteiro de experimentação e listar o material necessário e o procedimento, exercitando o pensamento computacional (pilar algoritmo). Eles deverão ainda se lembrar de adotar grupos controle e experimental e realizar réplicas. Essa abordagem propicia o desenvolvimento da **competência geral 2** e das habilidades **EM13CNT205** e **EM13CNT301**.

Sugestão I: Um florista recebeu uma encomenda de rosas brancas com toques azuis para uma festa, mas não há na natureza flores com essa característica. Como ele poderia produzir essas rosas?

Sugestão de hipótese: As flores absorvem água mesmo sem raízes e a água se move até as pétalas. Previsão: Se colocarmos ramos de rosas brancas em água tingida com corante azul, então a água tingida chegará até as pétalas, que ficarão com coloração azulada. Como material e procedimento, os estudantes podem considerar o uso de flores brancas e corante azul, estabelecendo um passo a passo e definindo um grupo controle.

Sugestão II: Um pequeno agricultor produtor de mamão precisa colher os frutos ainda imaturos e maturá-los para garantir a venda rápida. Como ele poderia resolver essa questão?

Sugestão de hipótese: O gás etileno acelera o amadurecimento de frutos. Previsão: Se os mamões imaturos forem colocados em um ambiente fechado com outras frutas maduras (como bananas, que liberam muito etileno), o gás acelerará o processo de maturação dos mamões. Como material e procedimento, os estudantes podem considerar o uso de frutos e sacos plásticos (opacos e transparentes) e definir o grupo controle.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Esses tecidos preenchem o interior das folhas e recebem gás carbônico do ar por meio dos estômatos e água do solo por meio do xilema. Parte do gás carbônico provém do processo de respiração aeróbia realizado pelas células da própria planta. Essa atividade contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, ao propor reflexão sobre transformações em sistemas que envolvem quantidade de matéria (água e gás carbônico) e energia, e **EM13CNT202**, ao analisar plantas, tecidos e células vegetais.
2. Como a absorção da água depende da diferença de concentração osmótica entre a solução presente no solo ao redor das raízes e a seiva do xilema, se a concentração do solo é muito maior que a do xilema, a água não é absorvida por osmose. Assim, mesmo havendo água no solo, não há absorção. Essa atividade contempla a **competência geral 2** (aplicação da abordagem científica para investigar causas e resolver problemas) e as habilidades **EM13CNT104** (avaliação de riscos ao ambiente de rejeitos salinos), **EM13CNT203** (avaliação e previsão de efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos) e **EM13CNT301** (interpretação de dados para justificar conclusão no enfrentamento da situação-problema).
3. Esta atividade envolve a habilidade **EM13CNT202**, pois favorece a compreensão da importância do sistema radicular na captação da água no solo, fenômeno fundamental para a sobrevivência das plantas.
   a. Ao impulso da raiz (ou pressão positiva da raiz), em que o aumento da concentração osmótica na seiva do xilema da raiz faz com que a água do solo entre em grande quantidade por osmose e impulsione a seiva para cima.
   b. Endoderme, cujas células apresentam estrias de Caspary, que são espessamentos da parede celular constituídos de substâncias impermeáveis, impedindo a passagem de solução (água + solutos). Essas células selecionam os solutos que entram no xilema e os movem

por transporte ativo, além de evitar que eles retornem para o solo, garantindo o aumento da concentração osmótica na seiva desse tecido.

4. A condução de água no xilema depende da coesão-tensão-adesão das moléculas de água. Caso uma bolha de ar entre no tecido condutor, a coluna de água se quebra, a coesão se perde e a condução deixa de ocorrer. O procedimento recomendado assegura a continuidade da coluna de água dentro do xilema. Essa atividade mobiliza a **competência geral 2**, ao estimular a curiosidade e a aplicação de abordagem científica para investigar causas, e as habilidades **EM13CNT101**, ao propor reflexão sobre a relação entre interrupção do movimento da água e murchamento das flores, e **EM13CNT301**, ao estimular a elaboração de explicação no enfrentamento de situação-problema.
5. O aparelho bucal das cigarrinhas perfura a planta até atingir os elementos traqueais do xilema, que são células mortas. Já o dos afídeos atinge os elementos crivados do floema, que são células vivas, embora não apresentem núcleo (análise de células e tecidos – **EM13CNT202**).
6. Alternativa **d**. Os animais obtêm nitrogênio ao se alimentarem de plantas e outros animais, que já incorporaram o nitrogênio em suas moléculas orgânicas. Assim, a transferência de matéria orgânica nas cadeias tróficas é essencial para garantir as necessidades de nitrogênio dos animais. (Análise de ciclo biogeoquímico (**EM13CNT105**) e cadeias alimentares (**EM13CNT202**).)
7. Esta atividade relaciona-se com as **competências gerais 1** (ao propor a utilização de conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico) e **2** (ao demandar abordagem científica para investigar causas e resolver problemas), e a habilidade **EM13CNT301**, ao estimular a interpretação de resultados para construir conclusões.
   a. A montagem **A**, em que os coleóptilos não eram manipulados, de modo que os resultados das demais montagens pudessem ser comparados com ela.
   b. Os coleóptilos intactos (**A**) e que foram recobertos na base com o cilindro opaco (**C**) apresentaram o mesmo comportamento em relação à fonte lateral da luz, voltando-se para ela. Já os coleóptilos com o ápice recoberto (**B**) não tiveram o mesmo comportamento, não apresentando resposta aparente em relação à fonte de luz. Esses resultados permitiram concluir que o ápice caulinar é importante no fototropismo positivo e que alguma substância produzida nele interfere no processo.
   c. O fitormônio auxina, que, produzida no ápice, migra para as partes inferiores do caule, estimulando o alongamento das células. Ao receber iluminação lateral, a auxina migra para o lado não iluminado, as células dessa região passam a se alongar mais do que as do lado iluminado e o crescimento do caule se curva em direção à fonte de luz.

Em foco

1. Espera-se que os estudantes reconheçam que o texto aborda exemplos antiéticos do uso do conhecimento científico (para criação de armas químicas de guerra) e que associem nos argumentos a produção e a aplicação do conhecimento científico com princípios de ética, responsabilidade social e cidadania.
2. a. Espera-se que os argumentos levantados evidenciem que os cientistas têm responsabilidade de considerar as implicações de suas pesquisas, sobretudo quando se trata de tecnologias com potencial impacto negativo.
   b. Há diversos exemplos dos bons usos ao longo da história, como a criação do antibiótico e das vacinas e o uso da radioatividade em exames de imagem e da energia nuclear para produção de energia. Sobre os maus exemplos, podem ser citados bomba atômica, armas químicas e biológicas, manipulação genética irresponsável, uso de mercúrio na extração de ouro contaminando o meio, entre outros. Deve-se planejar o uso ético e responsável de Ciência e tecnologia, priorizando soluções sustentáveis que promovam bem-estar humano e preservação ambiental. Isso inclui legislações e regulamentações rigorosas e pesquisas seguras.
   c. É importante promover a educação científica por meio de mídias sociais e campanhas de conscientização. A fiscalização ética pode ser feita com uma sociedade bem informada, regulamentações governamentais e mecanismos de transparência que permitam denúncias e avaliação contínua das práticas científicas.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **e**. Como o anel removido inclui o floema, interrompe-se a chegada de nutrientes (como a sacarose) até as raízes, comprometendo as atividades das células radiculares, pois elas não são fotossintetizantes. Essa atividade mobiliza a **competência geral 2**, ao propor a abordagem científica para investigar causas e resolver problemas, e a habilidade **EM13CNT301**, ao estimular a interpretação de dados para construir conclusões em relação à situação-problema.
2. Alternativa **b**. Os decompositores atuam na degradação de detritos orgânicos derivados da morte de organismos (ou de partes deles, como folhas e galhos caídos) e de fezes de animais. Nesse processo, as proteínas dos detritos são degradadas, dando origem, entre outros produtos, a amônia. Essa atividade contempla a **competência geral 2** e as habilidades **EM13CNT105** (análise de ciclos biogeoquímicos), **EM13CNT202** (análise de microrganismos) e **EM13CNT301** (interpretação de modelos explicativos para construir conclusões).
3. Ele pode usar os seguintes fitormônios sintéticos: **I**. gás etileno, por ser o hormônio vegetal relacionado ao amadurecimento de frutos; **II**. citocininas, pois são os fitormônios aplicados quando se deseja evitar o envelhecimento de verduras; **III**. giberelinas, já que sua aplicação permite induzir a germinação de sementes; **IV**. gás abscísico, pois impede o brotamento de gemas, presentes em caules, como a batata-inglesa (habilidade **EM13CNT202**).
4. O fenômeno envolvido é o controle estomático da perda de água. Como a planta não estava em estresse hídrico, seus estômatos mantinham-se abertos e a transpiração, alta. Uma vez retiradas as folhas, o suprimento de água pelo xilema deixou de ocorrer e elas entraram em estresse hídrico, estimulando o fechamento dos estômatos, o que reduziu a intensidade da transpiração. Esta atividade trabalha a **competência geral 2** e as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT202**.
5. Esta atividade relaciona-se com a **competência geral 2** e com as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT301**.
   a. Para identificar o percurso da água ao longo das folhas.
   b. Os pontos vermelhos são feixes de vasos do xilema cortados

transversalmente. No outro ramo, a falta do corante não permite evidenciar a passagem da água por esses vasos.

c. O que melhor explica é a teoria de Dixon.

6. No sistema físico, a água do pote de argila evapora e isso gera uma tensão na coluna de água, "puxando-a" para cima sem se romper, em função da coesão entre as moléculas de água e da coesão entre essas moléculas e a parede interna do tubo; ao subir, a água é substituída pelo mercúrio da cuba. No caso do sistema biológico, é a transpiração foliar que promove todo esse processo (**competência geral 2** e habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT301**).

7. Esta atividade relaciona-se com as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT105**.

a. Correspondem às bacteriorrizas.

b. Bacteriorrizas abrigam bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, disponibilizando-o às plantas.

c. No ciclo do nitrogênio, pois as bactérias presentes nesses nódulos fixam o gás nitrogênio presente no ar, convertendo-o em forma assimilável pelas plantas. A partir de então, fica disponível para os demais seres vivos ao longo das cadeias alimentares.

8. Na planta que fica girando, a gravidade não promove heterogeneidade na concentração das auxinas, não sendo esperada curvatura nem do caule nem da raiz. Na planta imóvel, a auxina se concentra na parte inferior do caule e da raiz, causando curvatura do caule para cima (gravitropismo negativo) e da raiz para baixo (gravitropismo positivo). Essa atividade trabalha a **competência geral 2** e as habilidades **EM13CNT204** e **EM13CNT301**.

Reflita sobre seu aprendizado

Solicite aos estudantes que também utilizem as perguntas dessa seção para autoavaliar suas compreensões sobre as principais ideias discutidas nesta unidade. Proponha a eles que retomem as respostas da seção **Pense nisso!** que elaboraram no início do estudo e as reescrevam com base nos conhecimentos atuais sobre os temas estudados. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando a mobilização das **competências gerais 1** e **6**. As diferentes atividades propostas ao longo dos capítulos podem ser usadas para avaliação formativa, possibilitando o acompanhamento das aprendizagens e servindo de subsídios para as intervenções necessárias de acordo com as diferentes realidades e possibilidades de sala de aula. A seção **Atividades de fechamento**, ao final de cada capítulo, visa avaliar a aprendizagem dos estudantes em relação aos principais conteúdos abordados, incluindo atividades de vestibular, a fim de prepará-los para exames de larga escala.

Educação midiática

A seção tem como objetivo que os estudantes desenvolvam as habilidades de:

- explorar diferentes abordagens e linguagens de comunicação visual no mundo digital e impresso para a produção de cartilha;
- ler e identificar informações falsas e boatos em conteúdo distribuído nas redes sociais;
- analisar, com visão crítica, textos de mídia em qualquer formato (impressos e digitais);
- criar experiências engajadoras, na produção da atividade educomunicativa, visando à atuação na sociedade de forma crítica, ética e responsável;
- identificar e combater desinformação e *fake news*;
- utilizar boas práticas de comunicação em contextos de catástrofes ambientais.

A seção possibilita o trabalho com as **competências gerais 4**, **5**, **6**, **7**, **9** e **10** e as habilidades: **EM13LP38** (Analisar os diferentes graus de parcialidade/imparcialidade (no limite, a não neutralidade) em textos noticiosos, comparando relatos de diferentes fontes e analisando o recorte feito de fatos/dados e os efeitos de sentido provocados pelas escolhas realizadas pelo autor do texto, de forma a manter uma atitude crítica diante dos textos jornalísticos e tornar-se consciente das escolhas feitas como produtor.), **EM13LP39** (Usar procedimentos de checagem de fatos noticiados e fotos publicadas (verificar/avaliar veículo, fonte, data e local da publicação, autoria, URL, formatação; comparar diferentes fontes; consultar ferramentas e *sites* checadores etc.), de forma a combater a proliferação de notícias falsas (*fake news*).), **EM13LP40** (Analisar o fenômeno da pós-verdade – discutindo as condições e os mecanismos de disseminação de fake news e também exemplos, causas e consequências desse fenômeno e da prevalência de crenças e opiniões sobre fatos –, de forma a adotar atitude crítica em relação ao fenômeno e desenvolver uma postura flexível que permita rever crenças e opiniões quando fatos apurados as contradisserem.) e **EM13LP43**.

Para o trabalho com o tema dessa seção, partimos de duas notícias falsas divulgadas nas mídias sociais: a anomalia no Atlântico como causa das enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul (RS) e a apreensão pela Receita Federal de aviões com doações para o RS. Citamos um dos *sites* de checagem de informações e propomos cinco questões iniciais para promover discussões. As respostas são pessoais e dependem, além do texto introdutório, dos conhecimentos prévios dos estudantes:

1. Desinformações podem gerar pânico e desconfiança, além de atrasar as respostas ao desastre, dificultando a coordenação de recursos e a comunicação entre autoridades e população e comprometendo a ajuda humanitária.

2. Espera-se que os estudantes apresentem os tipos de desinformação e dicas para identificá-los, como o acesso a *sites* de checagem. Também é importante esclarecer os significados de desinformação e *fake news*:

> Desinformação é o termo mais amplo para nos referirmos a qualquer tipo de conteúdo falso, impreciso, tendencioso, distorcido ou fora de contexto, criado de forma intencional ou não. Já as *fake news* são um tipo bem específico de desinformação. O termo diz respeito a conteúdos propositalmente falsos, ou seja, que foram criados com intenção de enganar. [...]
>
> **Fonte**: FERREIRA, A. C.; OCHS, M.; MACHADO, M. **Guia da educação midiática**. São Paulo: Instituto Palavra Aberta, 2020.

3. Exemplos de motivações: ganho financeiro, manipulação política, sensacionalismo e desestabilização social. Eventos de desastre ambiental, como enchentes e incêndios florestais, costumam ser alvos de desinformação porque envolvem situações de emergência que geram medo e incerteza. Nesse contexto, explorando-se o emocional da população, a desinformação pode se espalhar rapidamente.

4. Oriente os estudantes a realizar os quatro passos simples para checar a informação, seguindo a metodologia SIFT do

autor Mike Caulfied (disponível em: https://clark.libguides.com/evaluating-information/SIFT; acesso em: 29 out. 2024.): **pause** (olhe um pouco para a mensagem), **investigue a fonte** (o que você sabe sobre quem escreveu ou publicou?), **busque mais informações** (onde mais essa informação pode ser encontrada?) e **conheça o contexto** (Qual é a história completa?).

5. Existem *sites* de checagem (*Aos Fatos, Boatos.org, UOL Confere, Lupa, Estadão Verifica* e *Fato ou Fake*) e *sites* de órgãos oficiais de comunicação em que a informação passa por curadoria e é checada antes da publicação. Essas entidades verificam a veracidade de afirmações e notícias divulgadas em diferentes meios de comunicação. Seu trabalho envolve pesquisar fontes confiáveis, analisar dados e consultar especialistas para confirmar informações.

Na sequência, divida a turma em pequenos grupos para aprofundar as discussões sobre desinformação com base em outros casos a serem pesquisados. Os novos exemplos e as análises deverão ser compartilhados com toda a turma em uma roda de conversa. Antes, porém, sugerimos compartilhar uma parte do *webinar* "Fuja da desinformação na pandemia: como pesquisar melhor e encontrar fontes confiáveis" (disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=-u4r4VhfZ14; acesso em: 27 set. 2024.), em que as comunicadoras Daniela Machado, coordenadora do Programa de Educação Midiática do Instituto Palavra Aberta, e Mariana Ochs, jornalista e coordenadora do EducaMídia, do Instituto Palavra Aberta, mostram seis perguntas importantes para analisar se um texto de mídia é confiável:

1. Os fatos se sustentam? (busque informações que possam ser verificadas, nomes, números, lugares, documentos); 2. Quem criou isso? Posso confiar nessa fonte? (considere todos os envolvidos na publicação e divulgação, quem escreveu, quem financiou, agregadores de conteúdo, usuários etc.); 3. Qual é a história completa? (avalie se o conteúdo é a história completa ou somente uma parte dela e considere eventos da atualidade, tendências culturais, objetivos políticos, interesses de grupos); 4. Para quem isso foi criado? (identifique tentativas de agradar um público específico ou determinado tipo de pessoa por meio da escolha de imagens, técnicas de apresentação etc.); 5. Por que isso foi criado? (procure pistas sobre a motivação, a missão do editor, linguagem ou imagens persuasivas, táticas de monetização, agendas explícitas ou implícitas); 6. Como essa informação está sendo apresentada? (observe como a forma de apresentação afeta o impacto da mensagem: gramática, tom de voz, escolha de imagens, diagramação e elementos gráficos.).

Sobre o conteúdo a ser produzido, explique que cartilha é um tipo de publicação não periódica de pelo menos cinco páginas com informações pedagógicas e práticas sobre certo tema; deve ainda ter linguagem de fácil compreensão e visual leve e atrativo. Como apoio, sugerimos a referência suplementar: RIBEIRO, L. A; QUELUCI, G. C. **Passo a passo para elaboração de cartilhas**. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/704485/2/Como%20fazer%20uma%20cartilha%20%281%29.pdf. Acesso em: 27 set. 2024.

Oriente os estudantes sobre a importância de a cartilha ter uma linguagem inclusiva e acessível, sem expressões pejorativas e com ilustrações alinhadas ao tema.

Ao final da seção são apresentados alguns critérios para autoavaliação dos estudantes. Caso considere pertinente, monte uma tabela de rubricas considerando os níveis de desempenho avançado, adequado, satisfatório e insuficiente para cada critério sugerido.

UNIDADE 4 TRANSFORMAÇÕES E MOVIMENTOS

Os processos de transformação e movimento na Biologia constituem ferramenta valiosa para a compreensão de diversos fenômenos vitais, desde a organização dos ecossistemas até os mecanismos fisiológicos humanos. Assim, esta unidade aborda como ações antrópicas afetam o equilíbrio dos ecossistemas, bem como os padrões climáticos e o balanço térmico da Terra. Esses processos de transformações e movimentos são também analisados no corpo humano, como as funções dos tecidos e a fisiologia do exercício em prol da saúde.

1. A atividade destina-se a levantar os conhecimentos prévios dos estudantes. Podem ser consideradas as relações de competição por luz, alimento e outros recursos entre seres da mesma espécie e de espécies diferentes e de predação e herbivoria, sendo possível relacionar essas relações ao modo de obtenção de energia: plantas realizando a fotossíntese para obtenção de energia, estando na base das cadeias alimentares, e animais se alimentando de plantas e outros seres vivos.
2. O aumento da temperatura pode impactar os ecossistemas aquáticos (reduzindo a quantidade de gás oxigênio dissolvida e alterando índices pluviométricos e de evaporação, por exemplo). Além disso, os estudantes podem argumentar que ações antrópicas relacionadas ao aquecimento global podem gerar maior poluição atmosférica (em decorrência, entre outros motivos, da queima de combustíveis fósseis) e que os respectivos poluentes podem ser solubilizados na água das chuvas e levados aos ecossistemas aquáticos, alterando o pH das águas e a quantidade de poluentes nesse meio.
3. Uso de protetor solar e outros recursos para evitar a exposição direta ao sol (bonés, óculos escuros, roupas com tecnologia de proteção UV etc.) e uso de equipamentos de proteção individual, dependendo de cada prática esportiva (capacete, coletes flutuadores, entre outros).
4. Os movimentos corporais são realizados primordialmente pela interação dos sistemas esquelético, muscular e nervoso e gerados nas articulações do corpo. Durante a atividade física podem ser notadas mudanças na frequência cardíaca e no ritmo respiratório, aquecimento do corpo, aumento do suor e partes do corpo (como o rosto) mais avermelhadas. Com a prática regular, também é possível observar aumento da massa muscular, definição dos músculos, perda de gordura corporal e melhora na postura, mobilidade e flexibilidade do corpo.

Capítulo 13 Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria

Durante o estudo dos ciclos biogeoquímicos, o capítulo permite interações com o professor do componente curricular Química, ao desenvolver a habilidade **EM13CNT105**. É possível conectar parte do conteúdo com a área de Ciências Sociais Aplicadas ao abordar a estrutura da Terra e os impactos antrópicos no ambiente. O capítulo também permite ressaltar a importância do equilíbrio ecológico e os problemas provocados por algumas atividades humanas.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- reconhecer a biosfera como um complexo de relações entre os seres vivos e os fatores abióticos do ambiente;
- conhecer a estrutura dos ecossistemas e como ocorrem o fluxo de energia e os ciclos da matéria;
- analisar o ciclo do carbono e interpretar a influência das atividades dos seres humanos nos fenômenos envolvidos;
- entender as relações alimentares entre os seres vivos como parte do processo do ciclo de matéria e do fluxo de energia.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 5 e 7
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT101, EM13CNT105, EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT203, EM13CNT206, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT307 e EM13CNT309
- **Tema contemporâneo transversal (TCT):** Meio ambiente

Sugestões didáticas

Inicie o estudo questionando os estudantes sobre as camadas que formam o planeta Terra, desde a superfície até o interior. Eles possivelmente vão mencionar crosta, manto e núcleo. Peça-lhes que citem as características que lembrarem de cada uma dessas camadas. Então, solicite que visualizem a figura "Estrutura da Terra" no Livro do estudante e expliquem com mais detalhes as camadas da Terra, mencionando aspectos como a densidade, a composição, a temperatura e a pressão que caracterizam cada uma delas.

A análise do tópico "A teoria de Gaia" favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201**. Além disso, o assunto destaca o caráter dinâmico e coletivo da Ciência e contribui para o trabalho com a **competência geral 1**. Já o tópico "Ecossistemas: definição e componentes estruturais" aborda os ecossistemas e as relações alimentares entre os seres vivos, favorecendo o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**.

Ao apresentar a teia alimentar no tópico "Componentes estruturais dos ecossistemas", explique que não foram incluídos os decompositores pois a teia geralmente representa a integração das cadeias alimentares de pasteio da comunidade – decompositores não atuam sobre outros seres vivos e sim sobre detritos orgânicos.

Ao abordar os tópicos "Pirâmides ecológicas" e "Modelo de fluxo energético", esclareça que as cadeias alimentares representam uma série de etapas de transferência de matéria e energia nos ecossistemas. A matéria orgânica incorporada pelos organismos pelo processo de nutrição (autótrofa ou heterótrofa) tem dois destinos possíveis: a degradação química, usada para manter as atividades metabólicas, e a utilização como matéria-prima para a construção de massa corporal. Nesse momento, prioriza-se o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, ao tratar dos fluxos de energia e do ciclo da matéria nos ecossistemas através das cadeias alimentares.

No tópico "Ciclos biogeoquímicos", é importante esclarecer que o fluxo energético é unidirecional, ao contrário do ciclo. Com isso, o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT105** é favorecido. Ao reconhecer que a queima de combustíveis fósseis e outras atividades humanas interferem no ciclo do carbono, o tema ainda se relaciona ao TCT **Meio Ambiente** e ao **ODS 7**.

Aplique e registre

1. O estudante está errado. A crosta terrestre corresponde a uma camada sólida mais superficial do planeta, formada por rochas diversas. O manto apresenta uma camada periférica também sólida que, juntamente com a crosta, constitui a litosfera. A litosfera é partida em placas litosféricas, que se deslocam pela superfície do planeta, mudando sua configuração geográfica.

2. a. Produtores: fitoplâncton. Consumidores primários (pasteio): zooplâncton. Consumidores primários (detritos): pequenos detritívoros. Consumidores secundários: peixes pequenos. Consumidores terciários: peixes grandes, aves aquáticas e mamíferos aquáticos. Decompositores: bactérias e fungos.

b. O estoque de detritos equivale à biomassa dos produtores, ambas as fontes sendo exploradas por organismos correspondentes ao nível trófico de consumidor primário.

c. A seta azul corresponde aos nutrientes minerais, resultantes da decomposição e que são necessários para o processo de produção de biomassa pelo fitoplâncton.

3. a. Trata-se da respiração celular que ocorre nos vegetais e animais.

b. Quando um herbívoro (consumidor primário) se alimenta de vegetais, ele incorpora moléculas orgânicas e as transforma em outras moléculas orgânicas com as quais constrói sua própria biomassa. Assim, a transferência se dá pela cadeia alimentar.

c. O processo é a decomposição. Os detritos são consumidos pelos detritívoros e pelos decompositores.

4. a. Se a captação do gás oxigênio no processo de respiração aeróbia equilibra a liberação pelo processo fotossintético, os seres vivos não alteram a concentração desse gás no ar. Se por algum motivo a taxa de fotossíntese for reduzida, a tendência será de queda na concentração de O_2 atmosférico.

b. A radiação UV quebra a molécula de O_2 separando os átomos de oxigênio, cada um podendo reagir com uma molécula de O_2, formando O_3, que é o ozônio. O ozônio absorve grande parte da radiação UV, mutagênica e causadora de câncer e outros prejuízos ao organismo. Por isso é importante para a manutenção da vida.

5. a. A energia não utilizada corresponde a partes do organismo predado que não chegam a ser ingeridas; a não assimilada corresponde à fração que foi ingerida, mas que não foi digerida/absorvida e não pôde ser incorporada no organismo, sendo eliminada como fezes.

b. Com a soma das perdas ao longo da cadeia alimentar, mantendo-se constante a entrada no nível dos produtores, chega-se a um ponto em que a energia remanescente disponível não é suficiente para manter um nível trófico adicional.

6. Alternativa **e**. Os organismos clorofilados incorporam carbono na forma de CO_2 para produzir compostos orgânicos. Esses compostos podem ser consumidos por animais (consumidores) e, quando ocorre a respiração celular ou a decomposição, o carbono é liberado na forma de CO_2, fechando o ciclo.

Em foco

Esta seção discute o tema da produção de cimento e seu impacto ambiental, apresentando os estudos de um pesquisador brasileiro. Ao promover a discussão da necessidade de introdução de materiais alternativos e novas tecnologias no processo, tornando-o mais sustentável, ela contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT307** e **EM13CNT309**.

1. Na fabricação do cimento, a queima do calcário para produzir cal promove a emissão de gás carbônico para a atmosfera a partir do carbono que estava imobilizado nas rochas há milhões de anos; isso faz com que sua concentração na atmosfera aumente, intensificando o efeito estufa.
A atividade implica leitura inferencial e o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT105**.

2. Avançar o entendimento sobre o processamento de resíduos pela indústria do cimento e aumentar a sustentabilidade do processo, com garantia da melhoria do produto e da redução do impacto ambiental.

3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reconheçam a importância desse estudo para reduzir os impactos ambientais da indústria do cimento, possibilitando o desenvolvimento de novas formas de produção e o uso de materiais mais sustentáveis.

A atividade possibilita o desenvolvimento da **competência geral 7** e da habilidade **EM13NT301**.

4. O áudio deve ter informações sobre os impactos da produção de cimento no ciclo do carbono, suas consequências e como a pesquisa desenvolvida por William pode ajudar a reduzir esse problema ambiental. A linguagem deve ser simples e a mensagem deve ser transmitida de forma clara e objetiva, não ultrapassando 2 minutos. Você pode auxiliar os estudantes a buscar mais informações sobre a pesquisa de William, incluindo resultados mais recentes.

A atividade envolve a comunicação de resultados de pesquisas com o uso de tecnologias digitais da informação. Assim, o desenvolvimento da **competência geral 5** e a habilidade **EM13CNT302** são favorecidos.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**. A cadeia nesse caso inicia-se com a biomassa de produtores (alface), caracterizando-se como cadeia de pasteio. Todas as demais alternativas iniciam-se com matéria orgânica morta.

2. Alternativa **b**. Considerando que haja apenas as relações alimentares representadas na teia, o tanto de energia que está contido no conjunto das moscas e das lagartas (herbívoros, consumidores primários) é maior que o tanto presente no conjunto dos sapos (consumidores secundários).

Essa questão exige que o estudante reconheça cada espécie/nível trófico como um conjunto de indivíduos, a despeito de no esquema estarem representados nomes no singular. É claro que um sapo inteiro tem mais energia que uma lagarta e uma mosca juntas, mas isso não é válido para o conjunto de sapos em relação ao conjunto de lagartas e moscas.

3. Alternativa **e**. O carbono vai passando por toda a cadeia alimentar, chegando aos decompositores e finalmente em seus produtos. I – fotossíntese; II – respiração celular; III – síntese do amido nos cloroplastos a partir da glicose com carbono radiativo; IV – carbono presente em moléculas produzidas pelo metabolismo de organismos decompositores.

4. Alternativa **b**. A matéria orgânica é produzida em grande quantidade na Floresta Amazônica. Parte dela aparece viva, mas outra parte constitui o estoque de detritos. Devido às altas temperaturas e umidades vigentes na Amazônia, a decomposição é favorecida e resulta na rápida devolução de CO_2 para a atmosfera, junto com nutrientes minerais diversos. Esses dois componentes são fundamentais para a fabricação de nova matéria orgânica pelos produtores, fechando o ciclo. Ao envolver a interpretação de um trecho de texto de divulgação científica, a atividade se relaciona à habilidade **EM13CNT303**.

5. Alternativa **a**. Esta questão é focada no efeito cascata como causa do desequilíbrio a ser investigado. As pessoas ordenadas pelo pai da menina atuaram como predadores das serpentes; morrendo as serpentes (que predam sapos), aumentam os sapos. Com mais sapos, as populações de insetos polinizadores (importantes para o sucesso da reprodução das flores) são reduzidas. Por consequência, as populações de plantas também reduzem, o que é desvantajoso para o produtor. A atividade se relaciona às habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**.

6. Alternativa **c**. O número de lagartas usadas no sustento dos pássaros que servem de alimento para os gatos diminui, pois parte delas é consumida pelos louva-a-deus. Por outro lado, com essa diminuição, a quantidade de energia que passa para os pássaros através dessa via diminui, mas parte desse prejuízo é compensada pelo fato de os pássaros consumirem também os louva-a-deus. Ao envolver a avaliação de intervenções nos ecossistemas e os respectivos impactos, a atividade se relaciona à habilidade **EM13CNT203**.

7. a. Resposta pessoal. Devem ser reconhecidas as cadeias possíveis iniciadas com produtores.

b. Resposta pessoal. Os estudantes podem se enquadrar em diferentes níveis de consumidores, sobretudo primários e secundários.

8. a. A quantidade de energia incorporada pela lagarta em um dia é 100 J (33 J + 67 J). Ela não utiliza toda a energia ingerida para suas reações metabólicas e crescimento, pois parte da energia não é assimilada, sendo eliminada nas fezes.

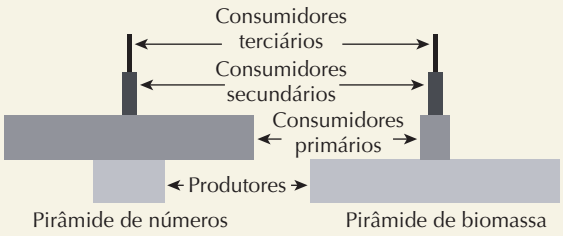
b. 33 J + 67 J = 100 J. Como o total ingerido foi 200 J, temos 100 J/200 J = 0,5 = 50%. Portanto, a lagarta usou efetivamente 50% daquilo que ingeriu.

c. Para manter-se viva, a lagarta usa 67 J de 200 J ingeridos. Portanto: 67 J/200 J = 0,335 = 33,5%. Já para a construção do corpo (crescimento), a lagarta usa 33 J de 200 J ingeridos. Portanto: 33 J/200 J = 0,165 = 16,5%.

9. a. Produtores: goiabeira e capim. Consumidores primários: morcego frugívoro, pássaro frugívoro, gafanhoto e lagarta. Consumidores secundários: pássaro insetívoro e morcego insetívoro. Consumidores terciários: gavião.

b. Número de indivíduos: produtores, 84; consumidores primários, 371; consumidores secundários, 21; consumidores terciários, 1. Biomassa (g): produtores, 34.359; consumidores primários, 3.519; consumidores secundários, 3.126; consumidores terciários, 580.

c.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

A pirâmide de números não é típica; ela é invertida. A goiabeira tem massa relativamente alta, mas é um só indivíduo. A pirâmide de biomassa é típica. Como os herbívoros comem só folhas e frutos, boa parte da biomassa da goiabeira (tronco, galhos e raízes) não é útil para eles.

10. A resposta depende do local em que vivem, mas espera-se que os estudantes identifiquem atividades que causam aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera, como queimadas, queima de combustíveis fósseis por veículos ou indústrias, desmatamento etc. As medidas sugeridas devem se relacionar ao problema citado, por exemplo, a implementação de maior fiscalização e legislação mais rígida contra queimadas e desmatamentos, o investimento no desenvolvimento de fontes de energia alternativas aos combustíveis fósseis, mais limpas e sustentáveis, entre outras. A atividade se relaciona à habilidade **EM13CNT105**, assim como ao **ODS 7**.

Capítulo 14 Padrões climáticos e balanço térmico da Terra

Os temas tratados neste capítulo foram organizados de forma que os estudantes possam analisar a dinâmica da atmosfera terrestre para compreenderem os padrões climáticos e avaliarem os impactos das atividades antrópicas no clima global. As atividades em grupo e as discussões coletivas são estimuladas trabalhando principalmente as habilidades **EM13CNT105** e **EM13CNT206** e as **competências gerais 1** e **7**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- reconhecer o papel da atmosfera no efeito estufa e a importância desse fenômeno para a vida na Terra;
- explicar que o aumento do efeito estufa está relacionado, entre outros fatores, a alterações no ciclo do carbono provocadas principalmente pelo uso de combustíveis fósseis;
- descrever os fatores que interferem no aquecimento global e reconhecer como ações antrópicas podem afetar o equilíbrio térmico da Terra e colaborar para o aquecimento global e suas consequências.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 5, 6 e 7
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT102, EM13CNT104, EM13CNT105, EM13CNT203, EM13CNT206, EM13CNT306 e EM13CNT309
- **Tema contemporâneo transversal (TCT):** Educação Ambiental

Sugestões didáticas

Inicie a abordagem do tema verificando se os estudantes compreendem a diferença entre clima e tempo. Questione-os sobre "Em que época do ano chove mais na cidade em que vivem?"; "Quais são as temperaturas atmosféricas durante o verão e o inverno?" ou "Quais mudanças marcam a passagem das estações do ano em sua cidade?". Esses questionamentos ajudam a instigá-los a refletir sobre o tema e a partilhar seus conhecimentos. Esse momento favorece o desenvolvimento das **competências gerais 1** e **7**.

Aproveite a imagem inicial do capítulo para destacar a importância da vegetação sobre o clima e a composição da atmosfera terrestre, influenciando tanto no regime de chuvas (ciclo da água) quanto no ciclo do carbono.

No tópico "Atmosfera terrestre e efeito estufa", pergunte aos estudantes como a Terra é aquecida e de que maneira essa temperatura é mantida. Espera-se que eles recapitulem o conhecimento de que o Sol é a fonte de calor da Terra e que reconheçam que a temperatura do planeta só se mantém em uma faixa favorável à vida como a conhecemos devido à presença da atmosfera. Essa discussão inicial permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT102**.

Após abordar o tópico "Os Grandes padrões climáticos", utilize o *site* "*Earth*: um mapa global do vento, tempo e condições do oceano", sugerido no boxe **Fique por dentro** do Livro do estudante para orientar os estudantes a realizarem observações específicas a partir da simulação. Isso pode ser feito, por exemplo, apresentando a eles uma série de perguntas que serão respondidas configurando adequadamente o material disponível no *site*.

O desenvolvimento do conteúdo dos tópicos "Gases de efeito estufa" e "Qual é a contribuição antrópica para o aquecimento global?" se relacionam ao **ODS 13**, ao discutirem as evidências da contribuição das atividades antrópicas à intensificação do efeito estufa. Além disso, os temas abordados contribuem para a conscientização sobre a importância de medidas de enfrentamento das alterações climáticas. A abordagem também contempla o TCT **Educação Ambiental** e favorece o trabalho com a habilidade **EM13CNT105**.

A exploração do simulador "Efeito estufa" proposto no boxe **Fique por dentro** do Livro do estudante, contribui para o desenvolvimento das **competências gerais 5** e **6** e do trabalho com a habilidade **EM13CNT203**.

Se necessário, auxilie os estudantes a interpretarem o gráfico "Anomalias de temperatura entre 1900 e 2000". Comente que a linha em vermelho mostra a variação explicada pela influência humana; em azul, o esperado considerando apenas a influência de fatores naturais.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. a. Falsa. No solstício de verão do hemisfério Sul o Sol passa pelo zênite (centro do céu) na região do trópico de Capricórnio e no equador passa mais ao sul.

b. Verdadeira. No mês de junho inicia-se o verão no hemisfério Norte, quando o Sol passa mais alto no céu. Nessa época, no Brasil, inicia-se o inverno, com o Sol passando mais baixo, daí a menor concentração de raios luminosos.

As atividades 2 a 4 possibilitam o trabalho com a habilidade **EM13CNT102**, ao analisar alterações de sistemas térmicos que visem a garantia e manutenção da sustentabilidade.

2. Alternativa **b**. Na atmosfera há diversos gases de efeito estufa, assim chamados porque têm a propriedade de absorver radiação infravermelha, retendo o calor emanado da superfície do planeta e reduzindo sua perda para o espaço.
3. Alternativa **a**. A radiação solar não atinge uniformemente os diversos pontos da superfície do planeta. Como a Terra é praticamente uma esfera, os raios solares incidem mais perpendicularmente à superfície no Equador, enquanto mais próximo dos polos os raios incidem obliquamente, diminuindo a quantidade de energia por unidade de área.
4. **a.** Os trópicos. Quando é solstício de verão no hemisfério Sul o Sol fica a pino sobre o trópico de Capricórnio. Analogamente, quando é verão no hemisfério Norte, isso ocorre sobre o trópico de Câncer.
   b. Devido à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da órbita em torno do sol (aproximadamente 23 graus). Isso faz com que um dos hemisférios seja mais irradiado que o outro.

   As atividades **5** a **7** favorecem o trabalho com as habilidades **EM13CNT105** e **EM13CNT203**.
5. **a.** A partir aproximadamente de 1960. A partir daí a elevação foi praticamente linear.
   b. Tendência de relativa estabilidade, com declínio acentuado no final.
   c. Há certo paralelismo entre as curvas (correlação) até cerca de 1960 e que a partir daí a irradiação solar parece não estar mais correlacionada com o aumento da temperatura global. Isso sugere que a variação da irradiação solar não foi o fator mais importante na determinação da temperatura global nas últimas décadas.
6. As evidências presentes no texto são:
   - após os períodos glaciais, ocorreram aquecimentos globais em que a temperatura levou cerca de 5 mil anos para se elevar entre 4 °C e 7 °C. Em contrapartida, só no século passado a temperatura média subiu 0,7 °C, ou seja, cerca de oito vezes mais rápido que a média das pós-glaciações.
   - as observações mostram que as potenciais causas naturais (radiação solar e vulcanismo) não explicam a rápida e acentuada variação térmica evidenciada pelos dados.
   - mesmo considerando com cautela a forte correlação entre o aumento da concentração do CO_2 na atmosfera e o aumento da temperatura do planeta, não é razoável negar a intensificação do efeito estufa com a acentuada elevação da concentração de CO_2. Afinal, trata-se de um fenômeno físico. O que poderia ocorrer seria algum tipo de compensação do efeito estufa por eventuais fatores a favor do resfriamento.
7. Um exemplo de fator que leva ao resfriamento é a concentração de aerossóis de sulfato. Em segundo lugar, a julgar pelo gráfico "Variações da temperatura atmosférica por fatores", o vulcanismo.

Em foco

A seção promove o trabalho com as habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**.

O TCT **Educação Ambiental** e o **ODS 13** também se relacionam à seção, uma vez que são discutidas formas de enfretamento a problemas consequentes das mudanças climáticas. A seção ainda promove o trabalho com culturas indígenas e a valorização de conhecimentos tradicionais.

As atividades da seção poderão ser realizadas em duplas ou em pequenos grupos (4 a 5 estudantes). As atividades 3 e 4 mobilizam a **competência geral 7**. A atividade 4 ainda está relacionada à **competência geral 6**.

1. Alagamentos inesperados, calor excessivo, chuvas ocorrendo fora de época e seca de cursos de água.
2. Uma das propostas de ação direta dos indígenas é a estocagem de sementes tradicionais a fim de restaurar a flora perdida ou degradada. Mas alertam sobre a importância da implementação de políticas públicas de preservação do ambiente do qual eles dependem.
3. Espera-se que os estudantes argumentem que a demarcação das terras indígenas é essencial para assegurar a manutenção dos recursos necessários à sobrevivência de povos indígenas, para a preservação de suas culturas e tradições e para a proteção da biodiversidade, já que esses povos fazem uma gestão sustentável de suas terras. Entre os principais obstáculos para a demarcação estão os interesses econômicos, como do agronegócio e das atividades de mineração, que buscam expansão territorial. Mesmo com a demarcação, ainda podem ocorrer invasões para extração de madeira, garimpo e a agropecuária.
4. Espera-se que os estudantes reconheçam a importância da representatividade desses povos no parlamento brasileiro, para que as necessidades e desafios enfrentados pelos povos indígenas sejam levados à discussão, considerados e valorizados. Além disso, aumentaria a diversidade de pessoas tomando decisões governamentais, enriquecendo as discussões, trazendo novos pontos de vista e formas de conhecimento.

Atividades de fechamento

As atividades **1** a **5** e **9** favorecem o trabalho, principalmente, com a habilidade **EM13CNT102**, ao avaliar sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento.

Já as atividades **6** a **8** possibilitam trabalhar, principalmente, com a habilidade **EM13CNT105** ao analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

1. Alternativa **c**. Os aerossóis de sulfato são formados a partir da reação de compostos sulfurosos (como o SO_2), emitidos por processos biológicos, por vulcões e por atividades antropogênicas, com a água.
2. Alternativa **d**. Quando é inverno em um hemisfério, é verão no outro; quando é primavera em um, é outono no outro.
3. Alternativa **d**. Esse aquecimento local pode ser exemplificado em termos da corrente do Golfo, quente, que acaba chegando ao norte da Europa tornando essa região mais quente do que outras áreas situadas na mesma latitude.
4. Alternativa **d**. O *El Niño* é um fenômeno atmosférico-oceânico que ocorre no Oceano Pacífico Equatorial e na atmosfera adjacente, em que os ventos alísios ficam enfraquecidos e os ventos opostos conseguem arrastar a água quente superficial em direção a América do Sul, elevando as temperaturas da água superficial da região.
5. Alternativa **d**. A afirmativa III é incorreta, pois o *El Niño* também é um fenômeno oceânico.
6. Alternativa **b**. A maior correlação entre curvas (correlação se evidencia pelo paralelismo delas) verifica-se entre a

concentração de CO_2 e a variação da temperatura. Explique aos estudantes que correlações não obrigatoriamente evidenciam relações de causa e efeito.

7. Alternativa **a**. O gráfico mostra que a atividade agropecuária é a principal emissora de gases de efeito estufa. Esta atividade envolve a liberação de gás metano para a atmosfera, resultante do processo de fermentação na digestão de bovino, principalmente.
8. Alternativa **e**. O gráfico mostra intenso aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera após a Revolução Industrial. Esse aumento leva à intensificação do efeito estufa e por consequência o aquecimento global.
9. O mapa **A** corresponde ao *El Niño*, em razão do aquecimento acima do normal das águas superficiais. O mapa **B** representa a *La Niña,* em razão do resfriamento das águas superficiais.
10. Espera-se que os estudantes identifiquem que a queima de combustíveis fósseis em veículos é uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera e que, portanto, a recomendação é pertinente para o enfrentamento ao aquecimento global. Pode ser interessante contar com a contribuição do professor do componente de Língua Portuguesa para a elaboração da carta, garantindo o uso de linguagem adequada para a situação.

    Ao promover a reflexão da dependência da sociedade atual do uso de combustíveis fósseis e sua relação com o aquecimento global, bem como propor medidas para o enfrentamento desse relevante problema da atualidade, a atividade contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT309**.
11. A atividade permite trabalhar os quatro pilares do pensamento computacional – decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos – e permite o desenvolvimento das **competências gerais 2** e **7** e das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT306**.
    a. Resposta pessoal. Os estudantes podem indicar um padrão nas fórmulas químicas dos compostos clorados e fluorados. Incentive-os a reconhecer a influência da constituição atômica dessas moléculas no GWP. Por exemplo, o GWP das espécies parcialmente cloradas diminui com o aumento de átomos de cloro; já nas espécies parcialmente fluoradas, o valor do GWP aumenta em função do aumento do número de átomos de flúor nos compostos. Nesses exemplos as espécies totalmente halogenadas são exceções a esses padrões.
    b. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes indiquem que, para o cálculo do impacto, são relevantes o tipo de GEE e o respectivo valor de GWP. Estimule os estudantes a escrever uma lista de ordenada de passos explicando como é possível calcular o impacto de um gás com base no valor de GWP.

Capítulo 15 Tecidos e saúde humana

Neste capítulo, vamos analisar aspectos anatômicos e funcionais dos níveis de organização celular e tecidual do corpo humano, bases importantes para entendermos como ele executa suas diversas funções, como respiração, digestão, circulação do sangue e locomoção, desenvolvendo assim a habilidade **EM13CNT202** e a **competência geral 8**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- descrever os níveis de organização da vida e como estes se relacionam;
- explicar alguns dos tecidos que formam os órgãos e os sistemas do corpo humano;
- relacionar os conhecimentos dos tipos de tecido com atitudes para manter a saúde do corpo.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 9
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT303, EM13CNT304, EM13CNT305 e EM13CNT310
- **Tema contemporâneo transversal (TCT):** Saúde

Sugestões didáticas

O conteúdo deste capítulo pode ser apresentado com a sala de aula invertida, orientando os estudantes a estudar o conteúdo teórico e usar o espaço de sala de aula para a resolução de exercícios, discussões e esclarecimento de dúvidas. Recomende a análise das figuras que estão disponíveis no **Atlas de Histologia** criado pela PUCRS, cujo endereço do *site* está no quadro **Fique por dentro** do Livro do estudante. Incentive os estudantes a utilizar recursos digitais adequados para apoiar a aprendizagem, salientando que tais recursos favorecem o desenvolvimento da **competência geral 5**.

Organize os estudantes em duplas e proponha que elaborem um infográfico que represente os diferentes níveis de organização e exemplos dos tecidos estudados, com resumo das principais características e funções. Se quiser se aprofundar na importância pedagógica de infográficos no contexto educacional, sugerimos a referência suplementar ALVAREZ, A. M. T. **A infografia na educação**: contribuições para o pensamento crítico e criativo. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/9654/1/Ana%20Maria%20Torres%20Alvarez.pdf. Acesso em: 30 set. 2024. Quando cada dupla tiver criado seu infográfico, estabeleça uma discussão com toda a turma para que os estudantes apresentem seus trabalhos e compartilhem a experiência na criação desse material. Essa estratégia é fundamental para o desenvolvimento da **competência geral 4** e também permite a mobilização da habilidade **EM13CNT202**.

Em vários momentos do capítulo são tratados alertas e riscos de saúde, como também medidas de promoção ao bem-estar e a uma saúde de qualidade, permitindo trabalhar o **ODS 3** e o TCT **Saúde**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. As agulhas da máquina de tatuar atravessam a epiderme até atingir a derme, onde os pigmentos são depositados. A epiderme descama e é renovada constantemente, de modo que, se os pigmentos fossem depositados nela, seriam perdidos com o tempo. Nessa questão, aproveite para comentar com os estudantes os cuidados com a saúde que devem ser tomados ao se fazer uma tatuagem, contemplando a habilidade **EM13CNT207** e a **competência geral 8**.
2. A estrutura pode ser classificada como um epitélio de revestimento ciliado, que tem como função mover sustâncias ao

longo de sua superfície. Esse tipo de tecido é encontrado em alguns órgãos do trato respiratório e na tuba uterina, por exemplo. No caso da traqueia e dos brônquios, ajuda a remover partículas que entram no ar inalado, impedindo que elas cheguem aos pulmões. Na tuba uterina, atua no transporte do ovócito ou do embrião em início de desenvolvimento até o útero.

3. Como os macrófagos são células de defesa que ocorrem no tecido conjuntivo, provavelmente o aumento de seu número pode ser causado por uma resposta inflamatória ou infecciosa. Glândulas que secretam hormônios são endócrinas e formadas por tecido epitelial; elas ficam imersas no tecido conjuntivo.
4. As articulações móveis, como as dos joelhos, são revestidas por cartilagem articular, com função de amortecer impactos e reduzir o atrito entre os ossos durante o movimento. Se a cartilagem está danificada ou desgastada, pode ocorrer dor e dificuldade de movimento articular.
5. Quando ocorre uma fratura, os osteoblastos são ativados e passam a produzir nova matriz óssea, que é composta de colágeno e minerais como cálcio e fosfato. Essa matriz se calcifica, formando um calo ósseo que une as partes fraturadas. Com o tempo, o calo ósseo é remodelado pela ação conjunta dos osteoclastos, que removem o excesso de tecido ósseo, e dos osteoblastos, que formam nova matriz, enquanto os osteócitos ajudam a manter a estrutura óssea.
6. I. Tecido muscular estriado esquelético; II. tecido muscular estriado cardíaco; III. tecido muscular não estriado ou liso.
7. Os dendritos são responsáveis por receber estímulos e conduzi-los ao corpo celular dos neurônios. Se os dendritos sofrerem danos, a capacidade do neurônio de receber e processar esses estímulos será comprometida, afetando a transmissão do impulso nervoso.

Em foco

1. Os fatores citados pelo endocrinologista são: genética, que contribui com 70% para o desenvolvimento da obesidade, alimentação inadequada e sedentarismo. Isso desafia a visão comum de que a obesidade é uma questão de força de vontade, determinação ou caráter, pois mostra que fatores biológicos e genéticos têm um papel significativo nessa condição de saúde (**competência geral 8**; **habilidades EM13CNT207** e **EM13CNT303**).
2. Pessoas com obesidade costumam enfrentar estigma no trabalho, em casa e no sistema de saúde, além da falta de acesso aos cuidados e serviços de saúde. Esses desafios sociais podem afetar a eficácia das intervenções para perda de massa corporal, pois podem dificultar a adesão a tratamentos e a busca por ajuda médica adequada. Com relação aos adipócitos, na obesidade ocorre aumento tanto do número quanto do teor intracelular de gordura. No entanto, quando ocorre emagrecimento, há redução do teor intracelular de gordura dos adipócitos, mas não do número dessas células, o que facilita uma eventual recidiva de aumento de massa corporal (**competências gerais 1**, **8** e **9**; habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT303** e **EM13CNT310**).
3. **a.** Resposta pessoal. Estimule os estudantes a analisar e refletir sobre a realidade do município onde vivem no que se refere à existência de parques, ciclovias, pistas de caminhada, áreas de recreação e outros espaços que possam contribuir com a atividade física da população e a prevenção da obesidade na sociedade. Reforce com eles a importância de políticas públicas de promoção a esse tipo de espaço com vistas à saúde física e mental da população (**competências gerais 7** e **9**; habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT303** e **EM13CNT310**).

   b. Resposta pessoal sobre eventual impacto da publicidade nas escolhas alimentares. Sugira que compartilhem exemplos que conheçam de políticas públicas de taxação e/ou restrição de *marketing* de alimentos e bebidas não saudáveis, assim como de ações de educação alimentar promovidas por escolas (ou até por organizações da sociedade civil). O texto a ser produzido pode conter os exemplos analisados, evidenciando que a publicidade de alimentos não saudáveis incentiva o consumo excessivo de produtos nocivos à saúde. Governos podem regular essas propagandas e promover políticas de alimentação saudável. Escolas, por sua vez, devem educar e incentivar hábitos alimentares saudáveis, colaborando para uma mudança duradoura na sociedade (**competências gerais 1** e **7**; habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT303** e **EM13CNT310**).

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**. As células-tronco do cordão umbilical são pluripotentes e podem dar origem a alguns tipos celulares especializados do adulto.
2. Alternativa **b**. A toxina botulínica impede a contração muscular, agindo nas fibras que formam os miócitos.
3. Os ligamentos e os tendões são formados por tecido conjuntivo denso, que é rico em fibras, especialmente colágenas, que proporcionam alta resistência à tração. Isso é importante tanto para a movimentação entre os ossos nas articulações, quanto para a ação dos músculos sobre ossos em sua movimentação nas articulações.
4. Responderia que é verdade, pois o caroteno é um pigmento e ficará acumulado na epiderme e no tecido adiposo sob a pele, influenciando sua cor. A cor da pele depende, além da vascularização da derme, da melanina presente nos melanócitos e, em menor proporção, do caroteno, pigmento de cor alaranjada presente em grande quantidade na cenoura.
5. **a.** A evaporação do suor é crucial porque é o processo que permite resfriar a superfície do corpo. Isso ajuda a evitar que a temperatura corporal aumente excessivamente durante a corrida.

   b. A produção do suor é considerada uma secreção exócrina, pois as glândulas sudoríparas liberam o suor diretamente na superfície da pele por meio de ductos.
6. Os neurônios são células especializadas na recepção e transmissão de estímulos. Os gliócitos, por sua vez, desempenham várias funções: alguns fornecem sustentação física aos neurônios, outros realizam fagocitose (função de defesa) e outros nutrem os neurônios. Neurônios e gliócitos, atuando em conjunto, asseguram a transmissão rápida de sinais e o equilíbrio funcional do tecido nervoso.
7. A atividade relaciona-se com as **competências gerais 1**, **2**, **4**, **5**, **7** e **9** e com as habilidades **EM13CNT304** e **EM13CNT305**. Ajude os estudantes a encontrar fontes confiáveis e a organizar as ideias principais. Durante a discussão, modere as falas para garantir que todos tenham oportunidade de se

expressar e que o debate permaneça respeitoso e produtivo. Após as discussões, incentive os estudantes a refletir sobre o que aprenderam e como a atividade contribuiu para a compreensão das questões bioéticas relacionadas com as CTE. O texto final a ser produzido é de ordem pessoal, considerando a vivência dos estudantes. Isso propicia o desenvolvimento das habilidades de argumentação e análise crítica. Para auxiliar nessa atividade, sugerimos as seguintes referências suplementares:

BARBOSA, E. M. de M.; NUNES, M. U. C. A ética e bioética no uso de células-tronco embrionárias (CTEs). **Revista Científica**, v. 1, n. 1, 2023. Disponível em: https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/976. Acesso em: 30 set. 2024.

BARBOSA, A. S. *et al.* Implicações bioéticas na pesquisa com células-tronco embrionárias. **Acta Bioethica**, v. 19, n. 1, p. 87-95, 2013. Disponível em: https://scielo.conicyt.cl/pdf/abioeth/v19n1/art09.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

GOMES, D. Células-tronco embrionárias: implicações bioéticas e jurídicas. **Bioethikos**, v. 1, n. 2, p. 78-87, 2007. Disponível em: https://saocamilo-sp.br/assets/artigo/bioethikos/57/celulas_tronco_embrionarias.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

PIVETTA, M. Riscos e benefícios das células-tronco. **Revista Fapesp**, edição 222, ago. 2024. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/riscos-e-beneficios-das-celulas-tronco/. Acesso em: 30 set. 2024.

Capítulo 16 Corpo humano em movimento

Saúde é um conceito integral e interdisciplinar em sua natureza, pois envolve o bem-estar físico, social e emocional. O ensino dos temas relativos ao corpo humano e à saúde pode estar alinhado a essa perspectiva, abordando aspectos que ultrapassam os processos biológicos. A prevenção e o autocuidado são atitudes fundamentais a serem desenvolvidas nessa faixa etária.

A noção de que o corpo é um todo integrado é fundamental, pois mostra que, ao considerarmos uma função, há sistemas mais diretamente envolvidos e outros que também participam, como analisaremos no capítulo, com ênfase nos sistemas respiratório, cardiovascular e urinário. No contexto sobre fisiologia do movimento, os estudantes podem desenvolver um olhar crítico e sensível para as diferentes condições de saúde observadas entre as pessoas da escola, da família e do município onde vivem. Essa percepção é fundamental para a abordagem do tema acessibilidade e favorece o desenvolvimento das **competências gerais 8** e **10** e das habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT207**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- descrever a estrutura e o funcionamento dos sistemas esquelético, articular, muscular, respiratório, urinário e cardiovascular;
- compreender que a fisiologia do movimento integra diferentes sistemas do corpo, avaliando a função de cada um desses sistemas individualmente e em conjunto aos demais;
- reconhecer a prática de atividade física como uma das formas de cuidar da saúde;
- investigar a importância dos exercícios de aquecimento antes do esforço físico;
- levantar dados da frequência cardíaca, elaborar gráficos e interpretá-los como representação de fenômenos e processos biológicos.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT301, EM13CNT306 e EMCNT307
- **Habilidades de outras áreas do conhecimento:** EM13CHS502, EM13LGG102 (Analisar visões de mundo, conflitos de interesse, preconceitos e ideologias presentes nos discursos veiculados nas diferentes mídias, ampliando suas possibilidades de explicação, interpretação e intervenção crítica da/na realidade.), EM13LGG502 (Produzir, com autonomia, textos orais, escritos e multissemióticos de diferentes gêneros e com diferentes propósitos, considerando o contexto de produção, o objetivo do texto e as características composicionais dos gêneros.), EM13LGG502 (Analisar criticamente preconceitos, estereótipos e relações de poder presentes nas práticas corporais, adotando posicionamento contrário a qualquer manifestação de injustiça e desrespeito a direitos humanos e valores democráticos.) e EM13MAT101 (Interpretar criticamente situações econômicas, sociais e fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação, com ou sem apoio de tecnologias digitais.)
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Saúde, Ciência e Tecnologia

Sugestões didáticas

O conteúdo deste capítulo pode ser abordado com a leitura inicial da imagem e do texto da abertura, explicando a importância de se ter uma visão integrada das funções do corpo. Em seguida, sugerimos que seja realizada a atividade proposta na seção **Na prática**, com a turma na sala ou de preferência no pátio ou quadra de esportes da escola. Depois, recomendamos que a seção **Trabalho e juventudes** seja abordada, valorizando o esporte para a saúde e também como possibilidade de profissão; a seguir, a seção **Em foco**, que aborda paralimpíadas e próteses. Essa abordagem trabalha aspectos da habilidade **EM13CNT207** e das **competências gerais 8** e **10**.

Em grupos de no máximo cinco integrantes, peça a eles que: a) leiam o texto, analisem as ilustrações do livro e elaborem um resumo das ideias principais (**competência geral 1**); b) resolvam todas as atividades das seções **Aplique e Registre** e **Atividades de fechamento**; c) anotem as dúvidas para discussão em sala. Em sala, resolva com os estudantes as dúvidas trazidas e peça a cada grupo que elabore, extraclasse, uma síntese contemplando os seguintes tópicos: i) a importância da integração entre os sistemas cardiovascular, respiratório e urinário, e dela com os sistemas diretamente envolvidos na locomoção; ii) as implicações da atividade física na saúde do corpo e da mente. Depois, peça que compartilhem com a turma o material produzido e que selecionem o meio a ser utilizado para isso (como um infográfico, um *podcast*, uma HQ etc.), favorecendo o trabalho com a habilidade **EM13CNT302**. Essa abordagem trabalha as **competências gerais 1**, **4**, **5**, **7** e **9** e pode contar com o apoio do professor de Língua Portuguesa.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. I – B; II – A; III – C. Os ossos citados fazem parte do esqueleto axial.
2. **a.** Articulação móvel ou sinovial.
   b. Articulação móvel no cotovelo, ou no joelho, ou ainda nos dedos das mãos.
3. Quando o corpo está em atividade, a produção de calor interno aumenta. O controle da temperatura ocorre pelo aumento da circulação sanguínea periférica, o que faz com que a pele fique ruborizada. O sangue aquecido que chega às regiões periféricas transfere parte desse calor para o meio externo, que é mais frio. Esse processo de troca de calor ajuda a resfriar o sangue, que retorna ao interior do corpo com uma temperatura mais baixa. Além disso, a transpiração também auxilia na redução da temperatura corporal.
4. Durante a prática de exercícios físicos intensos, o ciclo cardíaco fica acelerado, aumentando a frequência cardíaca, e a força com que o sangue é bombeado é maior. Essa aceleração é mediada pelo sistema nervoso autônomo simpático e pelo hormônio epinefrina (adrenalina), secretado pelas glândulas suprarrenais. Esses agentes aumentam a força e a frequência das contrações cardíacas, permitindo que mais sangue seja bombeado a cada batimento, o que é importante para atender às maiores demandas de gás oxigênio e nutrientes pelos músculos, trazendo benefícios para o desempenho atlético.
5. O monóxido de carbono (CO) se liga à hemoglobina formando carboxiemoglobina, que bloqueia o transporte de oxigênio. No entanto, o CO_2 é transportado principalmente dissolvido no plasma e na forma de bicarbonato (HCO_3^-), e a porcentagem que é transportada pela hemoglobina não depende da ligação com o ferro, mas sim com aminoácidos, de modo que não compete com o CO.
6. O sistema urinário regula o equilíbrio osmótico do corpo, controlando a quantidade de água e íons, o que é essencial para a pressão sanguínea. Os rins filtram o sangue, reabsorvem o que é necessário e eliminam o excesso como urina. Esse processo mantém a pressão sanguínea adequada, já que a quantidade de água no corpo influencia diretamente a pressão.

Em foco

A temática tratada permite trabalhar o TCT **Ciência e Tecnologia**.

1. Essa questão permite iniciar o desenvolvimento dos conhecimentos associados às habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT207** e **EM13CHS502**, pois chama a atenção dos estudantes para a questão da inclusão nos esportes, como os desafios, os fatores limitantes e a discussão sobre participação de pessoas com deficiências em eventos esportivos.
2. Incentive os estudantes a pesquisarem em fontes confiáveis para buscar a resposta à pergunta. As próteses citadas são para amputações abaixo do joelho e são leves, resistentes e permitem movimentos eficientes, favorecendo a inclusão de atletas amputados em competições. A T62 é para amputações bilaterais e a T63, para amputação unilateral. As próteses esportivas melhoram o desempenho, enquanto as diárias priorizam funcionalidade e conforto para atividades cotidianas.
   É interessante reforçar com os estudantes que o desenvolvimento tecnológico possibilitou a fabricação de próteses que melhoram a qualidade de vida das pessoas que perderam membros e que contribuem para sua inclusão. Essa atividade contribui para o desenvolvimento da **competência geral 9**.
3. Reflexões coletivas possibilitam o trabalho com as habilidades **EM13CNT306** e **EM13CNT307**. Caso julgue conveniente, após a discussão com a turma, passe o vídeo do canal do Comitê Paralímpico Brasileiro, com uma entrevista com o atleta paralímpico Vinícios Rodrigues (disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=IsgSt-Chr4o; acesso em: 30 set. 2024), e peça aos estudantes que anotem no caderno: Quais são os tipos de prótese que aparecem ou são mencionados no vídeo? Quais são as características dessas próteses? Qual é o material da prótese de corrida usada pelo atleta? O que mais impressionou vocês ao assistirem o vídeo? O vídeo e a discussão são oportunidades para abordar a realidade das pessoas com deficiência, desenvolvendo as habilidades **EM13CNT207**, **EM13CHS502**, **EM13LGG102** e **EM13LGG502**. A atividade incentiva a reflexão sobre vulnerabilidades, preconceitos e estereótipos, além de promover a acessibilidade e o respeito às diferenças.
4. Espera-se que os estudantes relacionem o texto da reportagem com as discussões sobre acessibilidade de pessoas com deficiência e os avanços tecnológicos impulsionados pelos esportes paralímpicos. As habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT307** e **EM13CNT306** são contempladas e, ao incentivar a expressão escrita, também a **competência geral 4**.

Trabalho e juventudes

Esses temas relacionam-se com o TCT **Saúde**, os **ODS 3** e **4**, as **competências gerais 5**, **6** e **7** e visa desenvolver a habilidade **EM13CNT207**.

1. Entre as possíveis estratégias que os estudantes podem citar, estão: fazer trajeto a pé ou de bicicleta no deslocamento diário, subir escadas em vez de pegar o elevador e realizar atividades físicas aos fins de semana.
2. Resposta pessoal. O estudante deve refletir sobre alguma demanda do bairro – em termos de infraestrutura, serviços e programas voltados ao esporte –, e sobre a importância do esporte para o bem-estar dos jovens. Depois deve transformar isso em um texto formal, buscando o exercício da cidadania de demandar a iniciativa dos políticos da cidade.
3. Resposta pessoal. A ideia é fazer uma campanha de estímulo ao esporte entre a comunidade escolar, divulgando espaços próximos que possibilitem a realização de atividade física ou projetos sociais de estímulo ao esporte. Defina com os estudantes a melhor forma de divulgação, como cartazes na escola, redes sociais ou, até, construindo um mapa *on-line* colaborativo (caso a escola tenha uma disciplina de tecnologia/informática, converse com o professor para avaliar as possibilidades).
   Procure estimular a diversidade de esportes divulgados. É possível incluir desde ginásios e pistas de *skate* até iniciativas de grupos de danças.
4. Resposta pessoal. A proposta é que o estudante possa entrar em contato com a realidade e a trajetória de atletas, visando entender os desafios que enfrentam e o que os motiva. Se possível, faça uma lista dos esportes apresentados, procurando observar a diversidade (ou sua falta) entre os esportes levantados. Professores de Linguagens podem contribuir

no trabalho de elaboração da minibiografia, mobilizando aspectos da habilidade **EM13LGG501**.

5. Resposta pessoal. A proposta da atividade é utilizar a carreira de atleta para fazer o estudante refletir sobre a importância do estudo, além de romper com a ideia de ver o futebol como um caminho "fácil" para a ascensão social. Se possível, dê um tempo para os estudantes discutirem em pequenos grupos e depois promova uma discussão com a classe toda.

Na prática

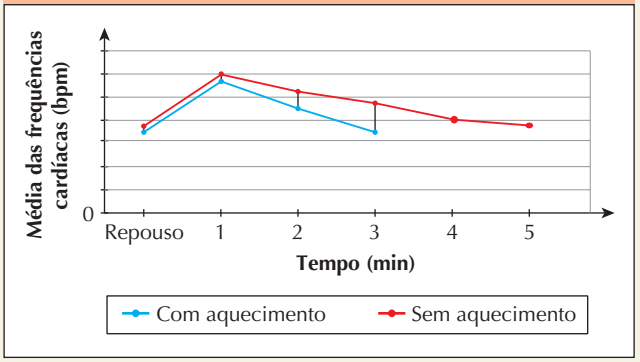
Esta atividade pode ser realizada na sala ou em algum espaço externo da escola. Seria interessante que essa atividade fosse desenvolvida em parceria com professores de Educação Física para que eles possam indicar alguns exercícios tanto de aquecimento quanto de esforço, e propor adequações para casos de estudantes com restrição de mobilidade ou com outros problemas de saúde. Não sendo possível, seria importante que eles pudessem auxiliar nas orientações para que você possa adaptar da melhor forma possível seu trabalho. Fizemos, no entanto, algumas sugestões nesse sentido.

Antes de realizar a atividade, verifique se algum estudante apresenta alguma limitação para a realização de atividade física ou impossibilidade de realizar a atividade. Avalie propostas mais inclusivas. Não havendo restrições, pode-se propor como atividade de aquecimento, caminhar rapidamente, movimentos variados dos braços, rotações do quadril, elevação alternada dos joelhos, por exemplo. Quanto a atividades de esforço, algumas possibilidades são: em posição sentada com um objeto que tenha algum peso apoiado sobre as pernas, levantar o objeto acima da cabeça e retorná-lo à posição inicial repetindo o movimento diversas vezes, flexões de braço no chão, agachamentos com peso, corrida, que pode até mesmo ser no lugar com elevação rápida dos joelhos, polichinelo, por exemplo.

Essa atividade favorece o desenvolvimento das **competências gerais 2**, **4**, **7**, **8** e **9**. Propicia ainda a mobilização da habilidade **EM13CNT301** e da **competência geral 1**, na medida em que os estudantes são levados a investigar causas, elaborar e testar hipóteses, empregando instrumentos de medição em uma perspectiva científica. A estratégia de coletar e tratar os dados favorece o trabalho com a habilidade **EM13MAT101** e elementos da habilidade **EM13CNT202**, ao levá-los a compreender a importância do sistema cardiovascular durante o exercício físico, sobretudo da frequência cardíaca e da oxigenação do sangue. Além disso, favorece o aprimoramento das **competências gerais 4**, **7** e **9**. A discussão com a turma para sistematização dos conhecimentos adquiridos colabora para o trabalho de diálogo e convivência (**competência geral 9**). No momento da discussão, fundamental para aprimorar aspectos da habilidade **EM13CNT202**, considere algumas ações necessárias à manutenção da vida dos seres humanos, como a obtenção de alimento e gás oxigênio, a fim de estabelecer uma relação com a fisiologia do movimento e suas principais características.

1. Para a construção do gráfico, é necessário comparar a média da frequência cardíaca dos estudantes que fizeram aquecimento com a média da frequência cardíaca dos estudantes que não fizeram. Uma das possibilidades é a construção de um gráfico de linhas (exemplo a seguir).

Frequência cardíaca ao longo do tempo



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: dados para fins didáticos

2. Resposta variável. Espera-se que os dados apontem que a recuperação da frequência cardíaca foi mais rápida no grupo que fez o aquecimento. É importante analisar as médias e os valores individuais. Caso os resultados obtidos sejam diferentes do esperado e/ou da hipótese inicial levantada pelos estudantes, incentive-os a refletir a respeito dos motivos e dos aspectos que podem ter levado aos resultados. É importante que eles sejam estimulados a pensar em outros fatores que possam ter interferido no tempo de recuperação além do aquecimento, como o condicionamento físico dos participantes.
3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes considerem a prática do aquecimento importante, pois, quanto mais rápido a frequência cardíaca volta ao valor normal, mais eficiente é o trabalho realizado pelo corpo.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**. Se uma pessoa prender o ar por muito tempo ao mergulhar, alterações químicas no sangue fazem com que o controle involuntário da respiração retorne e isso pode fazer com que a pessoa inspire água involuntariamente, se afogando.
2. Alternativa **d**. Os ureteres são os ductos que ligam os rins à bexiga urinária, enquanto a uretra é responsável por conectar a bexiga ao meio externo para eliminação da urina.
3. Alternativa **e**. O uso de eritropoietina (EPO) como *doping* aumenta a produção de glóbulos vermelhos, elevando a capacidade de transporte de oxigênio para os músculos, o que melhora o desempenho atlético e retarda a fadiga.
4. Alternativa **d**. Acompanhando a linha que representa a área total, pode-se notar que a área de capilares é muito maior do que a dos demais vasos. A curva que representa a pressão sanguínea mostra que ela é mais alta nas artérias, diminuindo progressivamente nas arteríolas, capilares, vênulas e atingindo os valores mais baixos nas veias. A curva da velocidade deixa evidente que ela é maior nas artérias e nas veias e muito baixa nos capilares. Assim, uma grande área irrigada pelos capilares, em que a pressão e a velocidade do sangue são baixas, propiciam as trocas gasosas e de nutrientes de modo eficiente entre o sangue e os tecidos do corpo.
5. Atividades físicas que exigem força em curto espaço de tempo e/ou exigem explosão muscular propiciam o desenvolvimento de fibras de contração rápida, como no caso do corredor de curta distância e do halterofilista. Já atividades de resistência, como as do maratonista e do nadador, propiciam o desenvolvimento de fibras de contração lenta, que são mais resistentes à fadiga.

6. **a.** O ponto em que o axônio estabelece contato com a célula muscular esquelética recebe o nome de placa motora ou junção neuromuscular. O neurônio e as células musculares por ele inervadas formam uma unidade motora. Em músculos que executam movimentos intensos, como os das pernas, um único neurônio motor inerva mais de cem células musculares ao mesmo tempo.

   b. O esqueleto fornece a estrutura rígida e o suporte necessário para o movimento. Os ossos atuam como alavancas que são movidas pelos músculos que se ligam a eles pelos tendões. Estes transmitem a força gerada pelos músculos para os ossos, permitindo o movimento das articulações. Os músculos são responsáveis pela geração de força. Quando os músculos das pernas se contraem, eles puxam os tendões, que por sua vez puxam os ossos, resultando no movimento necessário para o salto. Essa contração gera força que é transmitida pelos tendões aos ossos das pernas, especialmente os ossos longos como o fêmur e a tíbia. Essa força propulsora permite que o atleta se eleve do solo. A coordenação precisa entre esses três componentes é a base para a execução eficiente e segura do salto.

7. Esse experimento levou Harvey a comprovar que as veias levam o sangue das extremidades do corpo em direção ao coração, e que as valvas presentes nas veias fazem com que esse fluxo ocorra somente nesse sentido, impedindo que o sangue retorne.

8. Nessa questão o objetivo maior é verificar se o estudante compreendeu que os sistemas do corpo estão integrados. O estudante deve descrever que o sangue sai arterial dos pulmões e é conduzido ao coração, que o impulsiona pelos vasos sanguíneos para os demais órgãos do corpo, oxigenando-os. É o caso dos ossos, dos músculos e dos rins. Uma vez oxigenados, o sangue retorna venoso para o coração, que conduz o sangue para ser arterializado nos pulmões, e o ciclo se repete. Ao passar pelos rins, o sangue arterial tem removido dele excretas nitrogenadas, de modo que o sangue venoso que sai dos rins não contém essas substâncias.

9. **a.** O cilindro transparente corresponde aos filamentos grossos da banda A, que não altera seu comprimento na contração do miômero, como se pode notar pela letra A, que mostra o miômero relaxado, e a letra B, que mostra o miômero contraído. A letra C, que indica a região do braço desde o cotovelo até a mão, corresponde aos miofilamentos finos. Parte deles fica nas regiões laterais da banda A intercalados parcialmente com os miofilamentos grossos no miômero relaxado; na contração, deslizam sobre os miofilamentos grossos, o que reduz o comprimento do miômero, mas não há redução do tamanho nem dos filamentos finos nem dos grossos. Quem reduz de tamanho na contração é o miômero, e não os miofilamentos. Explique que essa analogia é bem simples, mas auxilia na compreensão da contração do miômero, com grande nível de simplificação. O uso de analogia tem sua validade, pois é uma ferramenta didática que auxilia a tornar conceitos complexos mais compreensíveis ao relacioná-los com algo mais familiar para os estudantes. Porém, há sempre certas limitações, como no caso do cilindro transparente que passa a ideia de uma estrutura única, mas que representa os vários miofilamentos grossos que ocupam toda a extensão da banda A. No caso do braço e das mãos, que representam os miofilamentos finos, também deve ficar claro para os estudantes que esses miofilamentos não formam uma estrutura maciça. Assim, chame a atenção dos estudantes para os limites das analogias e que estejam atentos para corrigir quaisquer mal-entendidos.

   b. A letra D, que indica o cotovelo da pessoa, representa a linha Z, e a região entre elas, ou seja, entre os dois cotovelos da pessoa, representa o comprimento do miômero. Isso pode ser constatado pelas letras A e B, que mostram, respectivamente, o miômero relaxado e o contraído.

Reflita sobre o seu aprendizado!

Solicite aos estudantes que também utilizem as perguntas dessa seção para autoavaliar suas compreensões sobre as principais ideias discutidas na unidade. Proponha a eles que retomem as respostas da seção **Pense nisso!** que elaboraram no início do estudo e as reescrevam com base nos conhecimentos atuais sobre os temas estudados. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando a mobilização das **competências gerais 1** e **6**. As diferentes atividades propostas ao longo dos capítulos podem ser usadas para avaliação formativa, possibilitando o acompanhamento das aprendizagens e servindo de subsídios para as intervenções necessárias de acordo com as diferentes realidades e possibilidades de sala de aula. A seção **Atividades de fechamento**, ao final de cada capítulo, visa avaliar a aprendizagem dos estudantes em relação aos principais conteúdos abordados, incluindo também atividades de vestibular, a fim de prepará-los para exames de larga escala.

Educação midiática

O tema dessa seção tem como objetivos:

- explorar novas abordagens pedagógicas usando técnicas da escrita literária e audiovisual;
- promover uma cultura de aprendizagem estimulante e instigante para o aprendizado contínuo;
- facilitar e guiar o uso de recursos de mídia, de forma ética, legal e segura no ambiente digital e fora dele;
- criar experiências engajadoras na produção educomunicativa, direcionando os alunos a participarem da sociedade de maneira crítica, ética e responsável;
- analisar elementos básicos do gênero de ficção científica, com foco na questão climática, e como ele pode ser apresentado em diversas linguagens;
- analisar obras audiovisuais e literárias sobre a questão climática para diferenciar o que é aceito pela ciência e o que é mera ficção.

A seção possibilita o trabalho com as **competências gerais 1**, **4**, **5**, **6**, **7**, **9** e **10** e as habilidades **EM13LP32, EM13LP34** e **EM13LP35** (Utilizar adequadamente ferramentas de apoio a apresentações orais, escolhendo e usando tipos e tamanhos de fontes que permitam boa visualização, topicalizando e/ou organizando o conteúdo em itens, inserindo de forma adequada imagens, gráficos, tabelas, formas e elementos gráficos, dimensionando a quantidade de texto e imagem por *slide* e usando, de forma harmônica, recursos (efeitos de transição, *slides* mestres, *layouts* personalizados, gravação de áudios em *slides* etc.).).

No texto que apresenta o tema aos estudantes, é feita a contextualização do assunto, com citação de relatórios científicos sobre o clima e exemplos de obras ficcionais que abordam

questões climáticas. Embora os dados científicos sirvam como ponto de partida para inspirar obras de ficção, essas criações frequentemente extrapolam as evidências, transformando a realidade em fantasia. Como produtos literários e artísticos, essas obras têm grande valor e atraem a admiração de muitas pessoas. No entanto, é importante compreendê-las como ficção, e não como interpretações científicas dos fatos.

A respeito das questões iniciais, podem ser levantados os seguintes aspectos:

1. Os estudantes devem ser estimulados a escolher uma obra de ficção climática, para assistir ou ler, e orientados a fazer anotações sobre a história e os conceitos científicos apresentados nela, bem como o que mais lhe chamou a atenção, como cenas, roteiros, personagens etc.
2. Estimule os estudantes a analisar como as obras de ficção abordam o futuro da humanidade e as mudanças climáticas, explorando como o roteiro é construído para impactar o público. As obras incluem cenas catastróficas ou de destruição em massa? Como essas imagens influenciam a percepção dos leitores ou dos espectadores?
3. Nessa questão, com base nas anotações e nos apontamentos das duas questões anteriores, inicie um debate-reflexão coletivo sobre o que é de fato conhecimento científico e o que é pura ficção nestas obras. Quais tendências essas histórias apontam, que estão em sintonia com o que os cientistas e ativistas ambientais defendem?

As discussões iniciadas são um ponto de partida para a ampliação do repertório dos estudantes, visando aprofundar o conhecimento deles acerca do que é e como reconhecer uma obra de ficção, sejam livros, sejam filmes. Para isso, estimule-os a consultar diversas fontes confiáveis, a fim de obterem subsídios para diferenciar ficção e Ciência, e a acessar a indicação feita no texto sobre o passo a passo de como escrever uma história de ficção. Além disso, sugerimos que, se possível, discuta com eles a dissertação de mestrado "A ficção científica na ficção escolar: investigando as potencialidades do gênero no ensino da Física", de Fabiana Ribeiro Almeida (Universidade Estadual de Maringá, 2008). A pesquisadora detectou que há, em amostra de 30 estudantes do 3º ano do Ensino Médio, um baixo conhecimento de clássicos da ficção científica, como as obras de Jules Verne (20% disseram conhecer) e mesmo de grandes franquias cinematográficas, como *Star wars* (23%), e televisivas, como *Star trek* (17%). As maiores taxas de conhecimento foram da trilogia *Matrix* (47%) e de filmes do *Superman* (90%). Pergunte aos estudantes se eles se encaixariam nos resultados obtidos pela pesquisa.

Para além da discussão do gênero ficção em si, incentive uma conversa que jogue um olhar sobre as relações da ficção científica com a compreensão do futuro da humanidade em um contexto de aquecimento global.

Nessa jornada reflexiva, é importante checar se todos os estudantes entenderam o conceito de ficção científica e se conseguem perceber os elementos desse gênero em filmes, séries e livros.

Com as informações levantadas, trabalhe com os estudantes critérios de análise e sistematização das informações. Para essa atividade pode ser usada alguma plataforma digital gratuita para organizar os dados.

Na produção de conteúdo, pode-se trabalhar a produção do gênero textual resenha com o docente de Língua Portuguesa.

Ao final da seção são apresentados alguns critérios para a autoavaliação dos estudantes. Caso considere pertinente, monte uma tabela de rubricas considerando os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente para cada um dos critérios sugeridos.

UNIDADE 5 SAÚDE HUMANA

A educação para a promoção da saúde é essencial, pois oferece aos jovens a chance de entender o funcionamento do corpo, interpretar mudanças físicas e emocionais e reconhecer seu impacto na autoestima. Além disso, incentiva o protagonismo no autocuidado e no respeito ao corpo alheio, dentro de uma visão integral da saúde física, mental, sexual e reprodutiva. Em unidades anteriores analisamos diversos aspectos relacionados com o planejamento de uma vida saudável, como a realização de atividades físicas adaptadas à condição de cada pessoa. Nesta unidade, continuaremos essa abordagem, mas com enfoque nos sistemas nervoso, sensorial, endócrino, genital, digestório e imunitário, abordando também os temas de nutrição e importância das vacinas.

1. Espera-se que os estudantes resgatem o que estudaram nos Anos Finais do Ensino Fundamental recordando, por exemplo, que o sistema nervoso é como uma rede de comunicação que envia e recebe sinais elétricos entre o cérebro e o restante do corpo por meio de neurônios, controlando nossas ações e reações; o sistema sensorial capta informações do ambiente, como a luz pelos olhos, e as transmite ao sistema nervoso, que as interpreta; e o sistema endócrino libera hormônios no sangue, modulando diversos processos, como a reprodução.
2. Os estudantes podem recorrer ao que aprenderam nos Anos Finais do Ensino Fundamental e citar o uso de pílulas anticoncepcionais e preservativos, destacando que ambos atuam na contracepção e que os preservativos também oferecem proteção contra ISTs.
3. Com base nas próprias experiências cotidianas e no que estudaram no Ensino Fundamental no que se refere ao papel do sistema digestório na função de nutrição, espera-se que os estudantes mencionem a importância de uma variedade de alimentos, como frutas, verduras e proteínas, bem como a necessidade de evitar excessos de determinados alimentos, como aqueles ricos em açúcares e gorduras.
4. Os estudantes podem resgatar o que estudaram nos Anos Finais do Ensino Fundamental, apontando que as vacinas ajudam o corpo a se preparar contra determinadas doenças estimulando o sistema imunitário a produzir anticorpos de modo mais rápido e em maior quantidade contra os respectivos patógenos.

Capítulo 17 Sistemas nervoso, sensorial e endócrino

A análise interligada dos sistemas nervoso, sensorial e endócrino favorece a compreensão do funcionamento do corpo

humano de forma integrada entre suas partes e com o ambiente ao redor. Ao analisarmos o sistema nervoso, é discutido o conceito de impulso nervoso, fenômeno de natureza eletroquímico que, uma vez iniciado, percorre a membrana plasmática do neurônio, falando-se em bioeletricidade, o que se conecta a conteúdos de Física e Química. O capítulo mobiliza as **competências gerais 2** (aplicação da abordagem científica), **4** (uso de diferentes linguagens na realização de atividades) e **8** (promoção do autocuidado) e as habilidades **EM13CNT202** (análise de diferentes sistemas do organismo), **EM13CNT305** (em relação ao conhecimento sobre processos cerebrais dos adolescentes) e **EM13CNT207** (análise e discussão das vulnerabilidades das juventudes). Na abertura, o TCT **Educação para o trânsito** é explorado, e, ao longo do capítulo, o TCT **Saúde** é central.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- conhecer estrutura e função dos componentes dos sistemas nervoso, sensorial e endócrino e relações entre esses sistemas;
- entender o papel do sistema nervoso na coordenação das atividades voluntárias e involuntárias do corpo humano;
- entender o papel do sistema sensorial na preservação da integridade do corpo humano e na percepção do ambiente;
- associar os componentes da divisão sensorial às sensações captadas por eles;
- compreender o conceito de droga;
- informar-se sobre alguns tipos de droga e seus efeitos no organismo humano que podem colocar a saúde em risco.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT302, EM13CNT303 e EM13CNT305
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Educação para o trânsito e Saúde

Sugestões didáticas

Faça a leitura das imagens e do texto de abertura com os estudantes e proponha questões como: "As bebidas alcoólicas são consideradas drogas?", "Quais são os problemas de curto e longo prazo que podem ser causados por essas bebidas ao organismo?". Essa abordagem inicial trabalha as **competências gerais 2**, **7**, **8** e **10**, pois possibilita que os estudantes usem seus conhecimentos prévios para refletir sobre os riscos do consumo de bebidas alcoólicas e os impactos não apenas no trânsito, mas em outros aspectos da vida, impactando a saúde e a sociedade como um todo. Além disso, contempla a habilidade **EM13CNT207**, ao propor a análise de um dos desafios contemporâneos aos quais os estudantes estão expostos.

Sugerimos que o tópico "Coordenação e regulação" seja trabalhado com base na elaboração de um mapa conceitual, o que pode ser feito individualmente ou em grupo, como atividade extraclasse que favorece as **competências gerais 4** e **5**. Explique como é o processo de elaboração de um mapa conceitual. Para isso, sugerimos a referência suplementar: CARABETTA JÚNIOR, V. A utilização de mapas conceituais como recurso didático para a construção e interrelação de conceitos. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 37, n. 3, p. 441-447, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbem/a/wfNvxq7hyNnPmb9ybsRZHDK/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 30 set. 2024.

Em seguida, oriente a formação de grupos de 4 integrantes e sugira um roteiro investigativo sobre algumas reações do corpo humano relacionadas aos sistemas nervoso e sensorial para posteriormente serem feitos testes/entrevistas e relatórios com os dados coletados. Antes, porém, os estudantes devem pesquisar quais são os atos voluntários e involuntários do corpo, bem como as sensações captadas pelos diferentes tipos de receptores sensoriais. Essa atividade mobiliza a habilidade **EM13CNT302** e a **competência geral 4.** Para aprofundar o estudo o desse tema, sugerimos a referência suplementar: COSTA, M. S. M. *et al*. Estudo comparativo do tempo de reação humana entre indivíduos da mesma faixa etária. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, 2014. Disponível em: http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/JyQ7eD831rIXpux_2014-4-22-19-45-25.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

O ato reflexo (involuntário) pode ser observado por meio de leves batidas na região do joelho, logo abaixo da rótula, como mostrado na figura "Reflexo patelar". Os mecanorreceptores, relacionados ao tato, podem ser avaliados testando-se a capacidade de os entrevistados reconhecerem objetos do cotidiano apenas pelo tato, ou seja, de olhos fechados. Já os termorreceptores podem ser avaliados pedindo-se aos entrevistados que toquem superfícies mornas e frias e relatem as sensações, tomando o cuidado de não usar objetos com temperaturas que possam causar queimaduras. Os quimiorreceptores relacionados ao paladar podem ser avaliados oferecendo aos entrevistados alimentos com os cinco diferentes gostos, tomando cuidado na escolha dos alimentos, com base em eventuais restrições alimentares que o entrevistado possa ter. Os fotorreceptores podem ser testados observando, por exemplo, a variação do diâmetro da pupila do entrevistado em ambientes escuro e claro, tomando o cuidado para não utilizar luz forte e diretamente apontada para o olho, bastando apenas acender a luz da sala.

Analise com os estudantes os tópicos "Cérebro e vulnerabilidades das juventudes" e "Ação de drogas no sistema nervoso" e incentive-os a discutir as vulnerabilidades associadas à vivência e aos desafios contemporâneos, aspectos relacionados à habilidade **EM13CNT207** e ao TCT **Saúde**. Discuta também como é cada vez mais comum o uso de medicamentos para aliviar o desconforto provocado por alguns sentimentos e o uso de medicamentos sem prescrição médica, o que pode colocar a saúde em risco. Relembre os estudantes dos perigos da automedicação e da necessidade da consulta a profissionais habilitados.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Neurônio é uma célula individual, e nervo é um conjunto de axônios de vários neurônios envoltos por tecido conjuntivo.
2. A lesão provavelmente ocorreu na parte inferior da medula espinal, na região lombar ou sacral. Isso explica a paralisia das pernas (paraplegia), enquanto os braços e a cabeça mantêm a mobilidade, já que os nervos responsáveis pelo controle das pernas são afetados, mas os nervos que controlam os braços e a cabeça permanecem intactos.
3. A pessoa provavelmente sofreu um derrame no lobo frontal esquerdo, responsável pela produção da fala. A fraqueza no lado direito do corpo indica que o hemisfério esquerdo foi afetado, já que esse hemisfério controla os movimentos do lado direito do corpo.
4. A noradrenalina, que atua no sistema nervoso central (SNC) e na divisão simpática do sistema nervoso periférico

(SNP), está associada a respostas de estresse e alerta; um desequilíbrio nesse neurotransmissor pode levar a sintomas de ansiedade e hiperatividade. A serotonina atua na regulação de humor, ansiedade e sono; baixos níveis desse neurotransmissor podem estar ligados a distúrbios do humor, como depressão e ansiedade. O GABA é um neurotransmissor inibitório que tem um efeito calmante no sistema nervoso. Um desequilíbrio no GABA pode resultar em hiperexcitabilidade neural, levando a sintomas de ansiedade e dificuldade para dormir.

5. Cóclea, na orelha interna. Essa atividade contempla a **competência geral 8**, ao fornecer subsídios para que os estudantes cuidem da própria saúde física.

6.

Estruturas endócrinas	Hormônios
Hipófise	Hormônio de crescimento, prolactina, TSH, ACTH e gonadotrópicos
Glândula tireoide	T_3, T_4 e calcitonina
Glândulas paratireoides	Paratormônio
Glândulas suprarrenais	Aldosterona, cortisol, adrenalina e noradrenalina
Pâncreas	Insulina e glucacon

7. **a.** Falsa, pois o glucagon é produzido em resposta ao baixo teor de glicose no sangue, promovendo seu aumento.
   b. Falsa, pois o aumento de cálcio no sangue estimula a glândula tireoide a liberar calcitonina, que promove a deposição de cálcio nos ossos. O paratormônio é liberado pelas glândulas paratireoides quando o nível de cálcio no sangue está baixo.
   c. Verdadeira. O cortisol é um hormônio produzido pelas glândulas suprarrenais que ajuda o corpo a responder a situações de estresse.
   d. Falsa, pois o TSH estimula a glândula tireoide.
   e. Verdadeira. A hipófise produz uma variedade de hormônios que têm funções diversas, como o crescimento (GH), o balanço hídrico (ACTH), a produção de leite (prolactina) e o metabolismo (TSH).

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**. Os atos reflexos são coordenados pela medula espinal, sem participação do cérebro.
2. Alternativa **b**. A frequência cardíaca é controlada pelo bulbo.
3. Alternativa **d**. A deterioração da bainha de mielina reduz a velocidade de transmissão dos impulsos nervosos, pois a condução deixa de ser saltatória.
4. Alternativa **e**. O papel funcional do ADH é estimular a reabsorção de água nos rins, enquanto ocorre a formação da urina. Assim, com o distúrbio na produção desse hormônio, o corpo passa a reter menos água, aumentando o fluxo urinário e provocando sensação de sede e desidratação.
5. Alternativa **b**. Assim como na câmara escura, em que a imagem invertida é projetada em um anteparo, no olho humano, a retina desempenha um papel semelhante ao anteparo de tecido.
6. Estando os canais de sódio bloqueados, o sódio não consegue entrar nos neurônios. Com isso, a despolarização da membrana não pode ocorrer, impedindo a geração e a propagação do potencial de ação. Isso resulta na interrupção do impulso nervoso e na perda temporária de sensibilidade na área afetada.
7. Uma das principais vias envolvidas no mecanismo de recompensa é a liberação do neurotransmissor dopamina, associado a sensações de prazer e motivação. Uma ideia que poderia ser proposta é a implementação, em plataformas de redes sociais, de sistemas que recompensem os usuários por denunciar notícias falsas ou por compartilhar fontes confiáveis, tirando proveito da ativação dos mesmos mecanismos de recompensa que impulsionam a disseminação de *fake news*. A atividade contempla as habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT303** e **EM13CNT305**. Para aprofundar o estudo desse tema, sugerimos a referência suplementar: PASQUIM, H. *et al*. *Fake news* sobre drogas: pós-verdade e desinformação. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 29, n. 2, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sausoc/a/8Rc9tGxtmNdd3Yk6m3TZRLs/#. Acesso em: 30 set. 2024.
8. **a.** O sistema nervoso periférico autônomo encaminha mensagens do SNC aos músculos não estriados (lisos) e estriado cardíaco, bem como ao sistema endócrino; além disso, sua resposta é involuntária, ou seja, independe da vontade do indivíduo. No caso do sistema nervoso periférico somático, as mensagens do SNC são encaminhadas aos músculos estriados e as respostas são voluntárias.
   b. Com exceção da redução dos batimentos cardíacos, os demais sintomas derivam da depressão do parassimpático.
9. **a.** As fases indicadas pelas letras X, Y, W e Z são, respectivamente, potencial de repouso, despolarização, repolarização e hiperpolarização.
   b. Como a bainha de mielina aumenta a velocidade de condução do impulso nervoso (tipo saltatória), a desmielinização torna a condução do impulso nervoso mais lenta.
10. Essa atividade contempla as **competências gerais 1**, **2**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9** e **10**, bem como as habilidades **EM13CNT207** e **EM13CNT302** e o **ODS 3**. Também mobiliza o uso de múltiplas linguagens (cartazes, folhetos, redes sociais) para transmitir mensagens claras e impactantes sobre os riscos do uso de drogas e incentiva a escolha dos melhores meios de comunicação, considerando o público-alvo e os diferentes contextos de interação. O objetivo é que os estudantes pesquisem e compreendam os riscos associados ao uso de drogas pelos jovens e que desenvolvam estratégias para realizar uma campanha de conscientização na comunidade escolar. Ao longo do trabalho, eles serão desafiados a pensar criativamente e a trabalhar juntos para abordar um problema sério que afeta muitas comunidades. Durante a formação dos grupos, propomos que eles sejam variados, para garantir uma ampla gama de perspectivas e habilidades individuais. A pesquisa deverá ser feita em horário extraclasse; em sala de aula, cada grupo apresentará uma síntese crítica dos dados pesquisados e discutirá com toda a turma. Em seguida, os estudantes deverão elaborar a campanha de conscientização; se não houver tempo em sala de aula, proponha a realização extraclasse.

Capítulo 18 Sistema genital, saúde sexual e reprodutiva

Esse capítulo possibilita discussão e reflexão sobre sexualidade e aspectos biológicos e socioeconômicos relacionados a

reprodução. A abordagem mobiliza as **competências gerais 4**, **5**, **7**, **8** e **10**, ao incentivar os estudantes a refletirem sobre projeto de vida, autocuidado e tomada de decisões responsáveis. As habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT207** são desenvolvidas ao abordar características e etapas do processo de reprodução humana e ao discutir questões relacionadas à vida sexual e reprodutiva na juventude. Ao apresentar diferentes métodos de prevenção a uma gravidez não planejada, a habilidade **EM13CNT306** é contemplada.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- reconhecer as dimensões da sexualidade e que a diversidade de orientações sexuais deve ser respeitada;
- conhecer a estrutura e a função dos componentes dos sistemas genitais masculino e feminino;
- compreender o ciclo menstrual e que ele deve ser levado em consideração na adoção de métodos contraceptivos;
- compreender as causas e as consequências da gravidez não intencional na adolescência;
- conhecer os métodos contraceptivos e algumas infecções sexualmente transmissíveis como forma de ter autonomia e cuidar da própria saúde.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT305 e EM13CNT306
- **Habilidades de outras áreas do conhecimento:** EM13CHS502 (Analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, e identificar ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais.) e EM13CHS503 (Identificar diversas formas de violência (física, simbólica, psicológica etc.), suas principais vítimas, suas causas sociais, psicológicas e afetivas, seus significados e usos políticos, sociais e culturais, discutindo e avaliando mecanismos para combatê-las, com base em argumentos éticos.)
- **Temas contemporâneos transversais:** Vida familiar e social, Saúde, Educação em direitos humanos e Direitos da criança e do adolescente

Sugestões didáticas

A adolescência é um momento de grandes transformações e, para alguns estudantes, o contexto familiar não apresenta abertura suficiente para que os temas relacionados à sexualidade sejam abordados, visto que ainda são considerados tabus para uma parcela significativa da população brasileira. Dessa forma, o ambiente escolar pode ser o único local onde os estudantes conseguem abordar o tema e tirar dúvidas.

Ressalte que o conceito de sexo biológico e os demais conceitos apresentados estão alinhados aos materiais da Secretaria Nacional dos Direitos das Pessoas LGBTQIA+, que esses conceitos são dinâmicos e que a realidade é muito mais complexa. Recomende que registrem as dúvidas em um papel e que o depositem, sem identificação, em uma caixa disponível para os estudantes. Na aula, promova uma roda de conversa com base nas perguntas, respondendo a elas de modo aberto e empático e discutindo estereótipos de gênero, preconceitos e injustiças. Essa abordagem favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CHS502** e **EM13CHS503**, além de estar alinhada às metas dos **ODS 3** e **5**. Enfatize o direito à expressão de qualquer orientação sexual e identidade de gênero, destacando seu impacto na saúde emocional e mental dos indivíduos. Esteja atento à manifestação de opiniões ou dúvidas que possam ter viés discriminatório ou tom de julgamento.

Ao abordar o tópico "Prevenção de IST e da gravidez", sugerimos que leve métodos contraceptivos para a sala de aula, como anticoncepcionais, DIU, diafragma e camisinhas externas e internas, disponíveis gratuitamente em postos de saúde. Isso permitirá esclarecer dúvidas sobre o uso e explicar como cada método previne a gravidez não intencional e protege contra infecções sexualmente transmissíveis (IST), contemplando as habilidades **EM13CNT207** e **EM13CNT306**, as **competências gerais 8** e **10**, as metas do **ODS 3** e o TCT **Saúde**.

A equidade de gênero apresenta várias dimensões, e uma delas envolve a dignidade menstrual. O Governo Federal criou, em 2024, o Programa Dignidade Menstrual, iniciativa que pretende promover a saúde de quem menstrua e dar oportunidades para que acessem espaços e outros direitos. As reflexões acerca da dignidade menstrual se relacionam às metas dos **ODS 1**, **5** e **8**. Para se aprofundar nesse tema, sugerimos a referência suplementar: BRASIL. Programa Dignidade Menstrual. **Guia de Implementação**, fev. 2024. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/cartilhas/2024/dignidademenstrual. Acesso em: 2 out. 2024.

Abordar o tópico "Planejamento Familiar" e os diversos modelos de família mobiliza a habilidade **EM13CNT207**, pois permite discutir questões relacionadas à vida sexual e reprodutiva na juventude. As informações contribuem para que os estudantes façam considerações em relação ao projeto de vida e cuidem da própria saúde, adotando comportamentos seguros e reconhecendo direitos sexuais e reprodutivos, trabalhando, assim, as **competências gerais 6**, **8** e **10**, os TCTs **Vida familiar e social**, **Saúde** e **Educação em direitos humanos**.

Os métodos contraceptivos tabelinha (método Ogino-Knaus) e coito interrompido, por serem de baixa e média eficácia (falhas podem variar de 5% a 20%), por não protegerem contra IST, pela variação e irregularidade que são comuns nos ciclos menstruais de adolescentes e pela ausência de autocontrole elevado da ejaculação nessa faixa etária, não serão apresentados aos estudantes. No entanto, podem podem ser trabalhados em sala de aula caso considere pertinente ou se os estudantes apresentarem dúvidas em relação a eles.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. A partir do testículo, o espermatozoide passa pelo epidídimo, ducto deferente, ducto ejaculatório e uretra. Recebem secreção primeiramente das glândulas seminais, depois da próstata e finalmente das glândulas bulbouretrais.
2. O sêmen é formado por uma parte fluida e pelos espermatozoides. A parte fluida é ligeiramente alcalina e corresponde às secreções das glândulas sexuais anexas; tem como função neutralizar a acidez da vagina, o que viabiliza os espermatozoides no interior do sistema genital feminino, possibilitando que um deles fecunde o ovócito.
3. A fecundação ocorre na tuba uterina.

4. Com a remoção do útero, a mulher deixou de menstruar e não pôde mais engravidar. Porém, ela não vai apresentar menopausa precoce, pois o útero não produz hormônios; estes são produzidos pelos ovários, que não foram removidos na cirurgia.
5. O LH e o FSH sobem muito, bem como os estrógenos, que começam a apresentar queda por volta do 14º dia, quando ocorre a ovulação. A progesterona pouco se altera antes da ovulação, mas após o 15º dia começa a aumentar.
6. O corpo lúteo corresponde ao folículo ovariano que liberou o ovócito na ovulação após esse evento. Ele produz principalmente estrógenos, mas também progesterona, e regride caso não ocorra a gravidez.
7. Retroalimentação negativa. Ela ocorre quando altos níveis de determinados hormônios no sangue inibem a liberação de mais desses hormônios. No caso dos anticoncepcionais hormonais, eles contêm estrógenos e/ou progesterona sintéticos. Quando esses hormônios são introduzidos no corpo e atingem certos níveis no sangue, eles sinalizam para a hipófise parar a produção de FSH e LH, que são fundamentais para o processo de ovulação. O FSH estimula o crescimento e a maturação dos folículos ovarianos, enquanto o LH desencadeia a ovulação. Portanto, a inibição da produção desses hormônios pela hipófise impede a ovulação, o que caracteriza o principal mecanismo de ação dos anticoncepcionais hormonais.
8. São vários os métodos contraceptivos que podem ser adotados, como os de barreira (preservativos externo ou interno e diafragma), os hormonais (pílulas anticoncepcionais), o DIU (dispositivo intrauterino que pode ou não ser hormonal) e os cirúrgicos (laqueadura tubária nas mulheres e deferentectomia nos homens).

   Os métodos podem ser combinados para aumentar a eficácia da prevenção, e a escolha do método mais adequado deve ser feita com um profissional de saúde, considerando as preferências e necessidades do casal. Essa atividade contempla a habilidade **EM13CNT306**, as **competências gerais 8** e **10**, as metas do **ODS 3** e o TCT **Saúde**.

Em foco

Ao abordar a gravidez na adolescência, a seção favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT207**, por envolver a análise e discussão de vulnerabilidade vinculada à juventude, considerando aspectos diversos. A habilidade **EM13CNT303** também é mobilizada, ao envolver a interpretação de textos de divulgação científica.

Ela também está fortemente vinculada a metas do ODS 5, assim como se relaciona ao TCT **Direitos da criança e do adolescente**.

1. Espera-se que os estudantes compreendam que, no Brasil, a gravidez precoce na adolescência traz sérias consequências sociais e econômicas, como a evasão escolar, que dificulta a inserção no mercado de trabalho e aumenta a vulnerabilidade a pobreza, violência e exclusão social. A questão deve ser abordada como um desafio coletivo que envolve o empoderamento das adolescentes, a desconstrução de estereótipos de gênero e a promoção da corresponsabilidade masculina na prevenção de gravidez e IST (**competências gerais 2**, **8** e **10** e habilidades **EM13CNT207**, **EM13CMT301** e **EM12CNT303**).
2. Essa proposta visa estimular os estudantes a conhecer o seu entorno e entender melhor a realidade em que vivem no que se refere à gravidez na adolescência. Se for possível uma entrevista com especialista, oriente os estudantes a elaborarem as questões e consultarem o profissional com antecedência, explicando os objetivos do trabalho e se ele autoriza o uso das respostas para um trabalho de divulgação científica do grupo (**competências gerais 2**, **4**, **5** e **7** e habilidades **EM13CNT207** e **EM13CNT302**).
3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes articulem os dados discutidos para a produção da reportagem a respeito da prevenção da gravidez, em formato impresso ou digital. O material deve destacar a responsabilidade de todos os envolvidos na prevenção. Verifique a disponibilidade do professor de Língua Portuguesa para subsidiar os estudantes na escrita do gênero textual reportagem. A atividade propicia o protagonismo juvenil ao dar espaço para que os estudantes atuem em prol da qualidade de vida da comunidade e pensem em seus projetos de vida (**competências gerais 4**, **5**, **7**, **8** e **10** e habilidades **EM13CNT302** e **EM13CNT306**).

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**. A pílula anticoncepcional contém hormônios que regulam o ciclo menstrual e, entre suas funções, está a supressão da ovulação, reduzindo a possibilidade de gravidez.
2. Alternativa **c**. O hormônio luteinizante (LH) atua nos testículos, estimulando a secreção de testosterona.
3. Alternativa **b**. A ocitocina é liberada pela neuroipófise e contribui para o parto.
4. Alternativa **d**. A vasectomia interrompe a passagem dos espermatozoides para a uretra, mas as glândulas anexas continuam a produzir o sêmen.
5. Alternativa **a**. O corpo lúteo é uma estrutura temporária no ovário e produz os hormônios estrógenos e progesterona após a ovulação. Se não ocorre fecundação, ele regride, diminuindo a produção desses hormônios.
6. Desenvolvimento de tumores no fígado, infertilidade, aumento da agressividade, entre outros.
7. A melhor opção é o uso de preservativos externo ou interno.
8. **a.** No período analisado nota-se avanço importante em todas as metas; no entanto, observa-se uma ligeira queda na proporção de pessoas diagnosticadas entre 2019 e 2020. A proporção de pessoas com HIV diagnosticadas passou de 69% em 2012 para 89% em 2021. Houve um aumento na proporção de pessoas diagnosticadas que estavam em TARV (de cerca de 64% em 2012 para 82% em 2021). Das pessoas em TARV, 95% atingiram supressão viral, enquanto em 2012 essa proporção era de aproximadamente 86%.
   b. O Brasil, em 2021, conseguiu atingir a meta de supressão viral, que chegou a 95%. As demais estão avançando consideravelmente.
   c. Sem os medicamentos, o número de mortes seria muito mais elevado. A redução da mortalidade demonstra que o investimento no desenvolvimento científico e tecnológico é fundamental para a sociedade (habilidade **EM13CNT301** e **competências gerais 2** e **7**).
9. Estimule a criatividade dos estudantes na elaboração do *slogan*. Peça a eles que compartilhem os *slogans* criados para discussão em sala e pensem em uma maneira de divulgá-los na comunidade. A atividade contempla as habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT302** e **EM13CNT306** e as **competências gerais 4** e **5**.
10. São várias as possibilidades de propostas e a criatividade deve ser estimulada. Alguns exemplos que podem ser sugeridos, com seus respectivos argumentos, são:
    - promover rodas de conversa sobre educação sexual, o que permite esclarecer dúvidas e encorajar a troca de ideias;

- discutir como reconhecer informações falsas, analisando erros e apresentando evidências científicas, o que incentiva o pensamento crítico e a avaliação de fontes, ensinando os adolescentes a questionar e verificar a veracidade das informações, sobretudo nas mídias sociais, e capacitando-os a tomar decisões informadas sobre a própria saúde.

A atividade trabalha as habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT302** e **EM13CNT305** e as **competências gerais 4**, **5**, **7**, **8**, **9** e **10**.

11. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes considerem o que estudaram sobre identidade de gênero, assim como sobre os direitos de pessoas trans de terem sua identidade respeitada. Pode-se comentar que, no Brasil, pessoas trans e travestis podem incluir, alterar ou excluir um nome social no próprio CPF ou retificar nome e gênero no registro civil. Destaque que essas possibilidades são direitos conquistados pela população LGBTQIAPN+ (TCTs **Educação em Direitos humanos**, **Vida familiar e social**, **Direito da criança e do adolescente**, **competências gerais 7**, **8**, **9** e **10** e habilidade **EM13CNT207**).

12. Explore cada assunto de modo que os estudantes se sintam confortáveis e em um ambiente seguro para conversar sobre o tema e esclarecer dúvidas. A sexualidade é um tema transversal e permite ampla pluralidade de abordagens. Além disso, é fundamental conduzir as conversas e explicações promovendo o respeito, o autoconhecimento e a compreensão. A proposta de consulta a materiais divulgados na mídia tem como objetivo trabalhar questões voltadas aos direitos humanos e combate à discriminação com base em exemplos reais, de modo a sensibilizar os estudantes a respeito do tema. Considere também que entre os estudantes pode haver pessoas LGBTQIAPN+, que devem ser acolhidas e tratadas dentro do coletivo da classe sem discriminação. Caso se sintam confortáveis em se colocar, abra o espaço para elas.

Os estudantes podem argumentar que as questões relacionadas à identidade de gênero e orientação sexual podem aumentar a vulnerabilidade das juventudes de várias maneiras. Muitos jovens enfrentam discriminação e estigmatização por parte da sociedade, da família e até mesmo de instituições educacionais, o que pode levar a problemas de saúde mental, como ansiedade, depressão e suicídio. Além disso, a falta de apoio e compreensão em ambientes sociais e educacionais pode resultar em isolamento social, baixa autoestima e até mesmo abuso físico ou verbal. Portanto, é crucial implementar políticas e programas que promovam a inclusão, o respeito e a aceitação da diversidade sexual e de gênero, visando proteger e apoiar a saúde e o bem-estar dos jovens LGBTQIAPN+ (**competências gerais 1**, **5**, **7**, **8**, **9** e **10**, habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT305**, **EM13CHS502** e **EM13CHS503**, além de se relacionar com os TCTs **Educação em direitos humanos** e **Vida familiar e social**).

Capítulo 19 Nutrição e saúde

Neste capítulo, são analisados o sistema digestório (habilidade **EM13CNT202**) e a importância de hábitos saudáveis na alimentação, contemplando a **competência geral 8**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- compreender a anatomia e o funcionamento do sistema digestório humano, as bases do que constitui uma dieta nutritiva e saudável para fazer escolhas conscientes e alguns dos distúrbios e transtornos alimentares;
- discutir o papel da mídia nas escolhas alimentares das crianças e adolescentes;
- relacionar uma alimentação saudável ao consumo predominante de alimentos *in natura* e minimamente processados;
- reconhecer os riscos da ingestão excessiva de alimentos ultraprocessados para a saúde;
- discutir situações de vulnerabilidade alimentícia e de qualidade de vida a que diferentes populações estão submetidas;
- refletir sobre estilos de vida e situações cotidianas que reforçam desigualdades, preconceitos e discriminação, identificando ações favoráveis à tolerância e ao respeito às diferenças;
- usar diferentes linguagens para dialogar e expressar pontos de vista sobre nutrição e saúde, pautando-se em princípios embasados nos Direitos Humanos.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT303, EM13CNT305 e EM13CNT306
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Saúde, Educação alimentar e nutricional, Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras e Educação em direitos humanos

Sugestões didáticas

Discuta com os estudantes a imagem e o texto de abertura, de modo a contextualizar tópicos que serão analisados no capítulo. Nesse momento, peça a eles que compartilhem impressões sobre a obra *O homem hambúrguer*, como os tipos de alimento representados e a proporção entre eles, indagando qual mensagem é transmitida, trabalhando a **competência geral 3**. Em seguida, estimule a turma a conhecer o *Guia Alimentar para a população brasileira*, que consta do boxe **Fique por dentro**, e destaque a relevância de se ter alimentação saudável, contemplando os TCTs **Educação alimentar e nutricional** e **Saúde**. Discuta também que a fome, a desnutrição e a obesidade decorrem de muitos fatores, sendo temas complexos, como analisaremos ao longo do capítulo.

Ao discutir a digestão, avalie a possibilidade de uma abordagem integrada com Química, na qual temas como a ação de enzimas, a importância do pH e a composição e características dos nutrientes também são analisados.

Sugerimos que, ao analisar o sistema digestório, seja apresentado e discutido o vídeo que explica a manobra de Heimlich (boxe **Fique por dentro** do tópico "A digestão na boca"), cujo conhecimento pode salvar vidas em situação de engasgo; se possível, simule a manobra com os estudantes. Já o simulador apresentado no boxe **Fique por dentro** do tópico "Características de uma dieta nutritiva" possibilita analisar o efeito da alimentação e da atividade física sobre o corpo e o esforço e a força do coração, de acordo com as mudanças na massa corpórea. Além de avaliar fatores limitantes à vida (provocados por alimentação e estilo de vida inadequados), é possível discutir os riscos envolvidos em manter uma alimentação inapropriada, mobilizando as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT306**.

Ao abordar obesidade, retome o que já foi analisado no capítulo 15 no tópico "Tecido adiposo". Se possível, recomende aos estudantes que assistam ao documentário *Muito além do peso* (Documentário. Direção de Estela Renner. Maria Farinha Filmes, 2012. Vídeo (84 min), cor, classificação livre. Disponível em: https://muitoalemdopeso.com.br/. Acesso em: 2 out. 2024) e peça que tragam para sala de aula elementos que tenham chamado a atenção deles, visando à troca de ideias em uma roda de conversa.

As abordagens propostas favorecem o desenvolvimento das **competências gerais 2**, **5**, **8** e **10**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Os fenômenos físicos compreendem a trituração do alimento em partículas menores e seu transporte ao longo do tubo digestório. Os fenômenos químicos permitem a transformação dos alimentos em seus constituintes químicos.
2. A ptialina ou amilase salivar é produzida na boca; a pepsina, no estômago; a tripsina, no pâncreas; e a lactase e a sacarase, no intestino delgado.
3. O pH ácido deve-se à secreção de ácido clorídrico por glândulas da parede do estômago. Ele não é afetado devido à camada mucosa secretada por células do próprio epitélio que reveste toda a sua superfície interna, isolando as células gástricas do material presente no interior do órgão.
4. A bile atua na emulsão de gorduras, facilitando a ação de enzimas que atuam sobre elas, é produzida no fígado e armazenada na vesícula biliar, sendo liberada no duodeno.
5. As fibras são importantes na alimentação porque auxiliam na redução da absorção de gordura e na taxa de digestão dos carboidratos, ajudando no controle dos níveis de glicose no sangue. Além disso, como elas não são digeridas pelas enzimas digestivas do sistema digestório humano, contribuem para o aumento do bolo fecal, estimulam o peristaltismo intestinal, que é fundamental para manter a regularidade da eliminação de fezes, reduzindo riscos de constipação.
6. Uma alimentação balanceada é essencial para o bom funcionamento do organismo, pois fornece todos os nutrientes necessários em quantidades adequadas para manter a saúde e prevenir doenças, além de fornecer fibras e água. Os alimentos são fontes de macronutrientes e micronutrientes com funções diversas (produção de energia, regulação e participação de processos metabólicos etc.).
7. Regiões que passam por períodos de seca ou enchentes periódicas podem ter a produção local de alimentos afetada, o que contribui para a insegurança alimentar e o aumento da quantidade de pessoas em situação de fome. Populações vulneráveis, como crianças, indígenas (sobretudo os Yanomamis) e quilombolas, podem enfrentar desnutrição crônica e condições precárias de saúde, que são agravadas por fatores como falta de políticas públicas adequadas e avanço do garimpo ilegal (habilidade **EM13CNT207**). Esses dados refletem a complexidade e a gravidade do problema, que é influenciado por fatores socioeconômicos, regionais e políticos.
8. Pessoas com obesidade podem enfrentar desafios que vão além do controle de massa corporal, incluindo discriminação, preconceito, *bullying* e depressão. A pressão para ter um corpo magro pode levar muitos a buscar soluções milagrosas propagadas em diferentes mídias. No entanto, essas soluções muitas vezes carecem de evidência científica, podendo representar sérios riscos à saúde. É importante que a abordagem da obesidade e dos transtornos alimentares seja feita de maneira cuidadosa e baseada em evidências científicas, com apoio de profissionais qualificados e considerando a saúde mental e o bem-estar geral dos indivíduos.

Em foco

O tema dessa seção relaciona-se ao TCT **Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras**, ao abordar culturas indígenas, e aos **ODS 2** e **15**. Ele propicia também o desenvolvimento das **competências gerais 1**, **6** e **9** e das habilidades **EM13CNT207** e **EM13CNT303**.

1. Desafios relacionados à pressão cultural, midiática e mercadológica que favorece alimentos ultraprocessados em detrimento dos hábitos alimentares ancestrais. O cardápio da merenda escolar, por exemplo, muitas vezes é composto por produtos industrializados, prejudicando a qualidade nutricional e a saúde dos estudantes.
2. Essa atividade favorece a reflexão, a argumentação e a leitura inferencial. Apesar de serem de baixa qualidade nutricional e altos teores de gordura e sódio, os alimentos ultraprocessados são facilmente transportados e armazenados, propiciando mais praticidade à vida das pessoas por já estarem prontos ou quase prontos para o consumo, além de serem formulados para ter sabores muito atrativos.
3. O PNAE, ao destinar parte do orçamento para a compra de alimentos produzidos por agricultura familiar, incluindo comunidades indígenas, estimula a demanda por produtos do sistema agrícola tradicional. Isso permite substituir alimentos ultraprocessados por frutas, legumes e outros produtos cultivados nas roças das famílias indígenas e pela pesca, fortalecendo a relação afetiva com a comida e garantindo a estabilidade econômica dos produtores. Além de favorecer a economia das comunidades locais e revitalizar a cultura alimentar tradicional, o programa beneficia a saúde dos estudantes ao fornecer alimentos frescos e nutritivos, reduzindo a ingestão de ultraprocessados e melhorando a qualidade da alimentação.

Trabalho e juventudes

Nesta seção, espera-se propiciar aos estudantes um espaço de reflexão sobre os limites saudáveis de preocupação com a aparência e sobre os impactos da imposição de um padrão inalcançável de beleza na saúde e na vida profissional dos adolescentes e jovens, contemplando as **competências gerais 1**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9** e **10**, as habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT305** e **EM13CNT306** e o TCT **Educação em direitos humanos**.

Por se tratar de um tema diretamente relacionado à saúde emocional dos adolescentes e ser um possível gatilho para situações de estresse vivido pelos estudantes, ele deve ser tratado com bastante cuidado. Converse com o orientador educacional e/ou outros professores para a avaliar casos de *bullying* na escola e a possibilidade de desenvolver um projeto mais amplo.

1. Os estudantes podem dialogar em pequenos grupos e elencar algumas atitudes e/ou propor intervenções ou atividade que possam ser realizadas na escola ou pela família. Espera-se que eles identifiquem que as pressões pesam mais sobre as meninas e mulheres e apontem atitudes como: Adolescente: diminuir o uso de redes sociais; Escola: promover campanhas de conscientização contra o *bullying* e de valorização à diversidade de corpos. Família e amigos:

conversar com adolescentes e oferecer apoio àqueles que estejam passando por situações de estresse por conta de distúrbios relacionados à imagem corporal.

Ao estimular a discussão sobre os impactos diferenciados entre os gêneros, a atividade abarca o **ODS 5**.

2. A atividade promove reflexão dos estudantes sobre a quantidade e os tipos de anúncio a que estão expostos nas redes sociais e como isso influencia seu comportamento de consumo. Reforce os riscos e as vulnerabilidades em relação às peças publicitárias a que os jovens estão expostos ao utilizarem redes sociais, tanto no aspecto psicoemocional, ao receberem grande quantidade de imagens e propagandas reforçando um estereótipo de beleza, quanto no financeiro, ao navegarem em redes sociais com quantidade elevada de propagandas e produtos associados a um ideal de beleza.

3. Os estudantes podem se pautar em suas experiências ou expectativas em relação à necessidade de modificar ou não a aparência, as roupas, a forma como penteiam o cabelo ou outras características para se adequarem a um padrão esperado para determinadas áreas de atuação. Além disso, podem ponderar se consideram essas restrições colocadas pelo mercado como uma forma de discriminação.

4. Os estudantes podem apontar situações de discriminação de pessoas com sobrepeso ou obesas. Muitas vezes pessoas são discriminadas pela própria ausência de equipamentos capazes de acomodar seu corpo, sendo um importante ponto de discussão a adequação dos espaços a essas pessoas. Ao estimular a reflexão sobre a necessidade da existência de leis contra discriminação, contempla-se o **ODS 16**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **b**. A quimificação ocorre no interior do estômago, onde o bolo alimentar sofre ação da pepsina, e a quilificação acontece no intestino delgado, pela ação de várias enzimas digestivas liberadas pelo pâncreas e produzidas pelo intestino.

2. Alternativa **c**. Os sais minerais são compostos inorgânicos que auxiliam em diversos processos metabólicos.

3. Alternativa **b**. O ferro é importante para a síntese de hemoglobina, e sua falta pode levar ao tipo mais comum de anemia, a ferropriva, pois há redução na produção dessa molécula e consequentemente de hemácias.

4. Alternativa **e**. As iniciativas II e III têm o potencial de abordar tanto os fatores subjacentes quanto os sintomas da desnutrição infantil de forma mais eficaz a médio e longo prazos.

5. Alternativa **d**. A análise do gráfico evidencia que o comportamento do aspartame e da estévia é semelhante ao do controle. Isso não ocorre com a sacarina e a sucralose, que aumentam a concentração de glicose no sangue, de modo que eles podem aumentar o risco de diabetes tipo 2. Isso deveria ser alertado para a população.

6. A doença enfrentada pelos marinheiros era o escorbuto, e a substância presente nas frutas cítricas frescas é a vitamina C.

7. A curva **A** indica a pepsina, que atua no estômago degradando proteínas, tendo pH ótimo em torno de 2; a curva **B** indica a amilase salivar, que atua na boca degradando o amido em maltose, tendo pH ótimo em torno de 7; a curva **C** indica a tripsina, que atua no duodeno degradando proteínas em pH ótimo em torno de 8.

8. **a.** Enzima ptialina atuando sobre o substrato amido, produzindo maltose.

b. Enzima pepsina atuando sobre o substrato proteína, produzindo peptídeos. Essa enzima é ativada com a redução do pH em função da secreção e liberação de ácido clorídrico pelo estômago.

c. O duodeno, em função de lipases produzidas pelo pâncreas e que são lançadas nessa região do sistema digestório.

9. **a.** As informações nutricionais do rótulo correspondem a porção de 5 pedaços do produto:

Massa de gorduras totais		Porção
5,0 g	———	5 pedaços
x	———	8 pedaços

$$z = \frac{5\ \text{g} \cdot 8\ \text{pedaços}}{5\ \text{pedaços}} = 8\ \text{g}$$

Valor energético		Porção
92 kcal	———	5 pedaços
y	———	8 pedaços

$$z = \frac{92\ \text{kcal} \cdot 8\ \text{pedaços}}{5\ \text{pedaços}} = 147{,}2\ \text{kcal}$$

Massa de sódio		Porção
446 mg	———	5 pedaços
z	———	8 pedaços

$$z = \frac{446\ \text{mg} \cdot 8\ \text{pedaços}}{5\ \text{pedaços}} = 713{,}6\ \text{mg}$$

A %VD para cada caso deve ser calculada também usando regra de três, o que pode ser feito pelo número de pedaços ou pelos valores obtidos nos cálculos. A quantidade ingerida de gorduras totais corresponde a 14,4% VD; a de quilocalorias, a 8% VD; e a de sódio, a 30,4% VD.

b. Novamente, basta aplicar regra de três. O que se pretende é mostrar aos estudantes que eles podem fazer esses cálculos no dia a dia e, com isso, avaliar a própria alimentação. Os resultados são: glicídio: 88 kcal; proteína: 8 kcal; gordura: 90 kcal; valor total: 186 kcal, que correspondem a 9,3% VD para uma dieta de 2.000 kcal.

c. Os componentes indesejáveis desse alimento são: as gorduras saturadas, as gorduras *trans* e o sódio (todos em excesso). As duas primeiras devem ser evitadas, pois aumentam consideravelmente o teor de colesterol no sangue, podendo levar à formação das chamadas placas de ateroma (aterosclerose) nas artérias. Já o sódio em excesso pode provocar hipertensão arterial.

10. Espera-se que os estudantes percebam que, apesar de o artista não ter se baseado nos dados do mapa, ele compôs uma imagem em que prevalece alimentos ultraprocessados, um dos motivos da obesidade, como evidenciado no mapa. Seria interessante, nesse momento, ampliar a questão, perguntando aos estudantes: a) O aumento de incidência de obesidade no mundo em 2016 foi maior entre meninos ou meninas? Pelo gráfico, fica evidente que o maior aumento foi entre os meninos; b) Em qual país houve o maior aumento da obesidade? Pela análise do gráfico, fica evidente que foi nos Estados Unidos, em especial entre os meninos; c) No caso do Brasil, o que se pode concluir com relação ao aumento da obesidade e quanto a esse fator em relação a meninos e meninas? Pelo gráfico, nota-se que o Brasil seguiu a tendência mundial, tanto no que se refere ao aumento da obesidade em termos gerais quanto ao maior aumento entre os meninos.

Capítulo 20 Sistema imunitário, vacinas e soros

O estudo do sistema imunitário permite compreender os mecanismos de defesa do corpo, assim como o funcionamento de soros e vacinas. Além disso, esse conhecimento, aliado à metodologia criteriosa de desenvolvimento de medicamentos, como as vacinas, fornece bases para combater o negacionismo, que tem levado a uma preocupante queda na cobertura vacinal (habilidade **EM13CNT310**). Esses temas serão analisados ao longo do capítulo, contemplando a **competência geral 8** (reflexão sobre decisões relacionadas ao autocuidado) e a habilidade **EM13CNT304** (análise de situações controversas sobre vacinação, com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis).

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- entender os mecanismos de defesa imunitária no corpo humano, diferenciando imunidade inata e adquirida;
- compreender o que são vacinas e soros e a importância desses imunizantes para a saúde humana;
- associar a vacinação à promoção da saúde individual e coletiva.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT304, EM13CNT306 e EM13CNT310
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Ciência e tecnologia e Saúde

Sugestões didáticas

Inicie o estudo do capítulo utilizando o método da sala de aula invertida. Esse estilo de aprendizagem ativa favorece a autonomia dos estudantes e possibilita o desenvolvimento da **competência geral 10**, como também incentiva a busca por informações e a organização do conhecimento, atributos da **competência geral 1**. Peça aos estudantes que, em período extraclasse, façam a leitura do capítulo, exceto das seções **Em foco** e **Atividades de fechamento**, que propomos que sejam trabalhadas em sala.

Durante a leitura extraclasse, sugira aos estudantes que anotem as dúvidas e que elaborem as respostas das seções **Aplique e registre**, a serem discutidas em sala. Oriente-os a identificar os principais componentes do sistema imunitário, dando especial atenção aos tipos celulares, descrevendo suas funções e diferenciando os tipos de imunidade: inata e adquirida. Esses conteúdos permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, uma vez que abordam as células, os tecidos, os órgãos e os sistemas envolvidos na defesa do organismo.

Em sala de aula, estimule a discussão por meio de perguntas como "Por que ficamos doentes?" e, depois de discutir algumas respostas, questione: "Por que não ficamos doentes o tempo todo?". Anote as ideias principais e aborde as diferenças entre imunidade inata (resposta inespecífica) e imunidade adquirida (resposta específica) e entre imunização ativa (por meio de vacinas ou contato direto com o patógeno) e imunização passiva (por meio do recebimento de anticorpos via leite materno ou soros). Analise com os estudantes a figura "Resposta imunitária humoral e celular", que resume a ação do sistema imunitário adquirido, tomando como exemplo a infecção pelo vírus SARS-CoV-2, responsável pela pandemia de covid-19. Verifique então as dúvidas e as respostas das seções **Aplique e registre**.

Ao discutir as vacinas, estimule os estudantes a refletir e argumentar sobre a importância da vacinação para a saúde individual e coletiva, bem como os procedimentos científico-tecnológicos adotados para o desenvolvimento delas, contemplando a habilidade **EM13CNT304**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. I-a; II-d; III-c; IV-b. Em caso de dúvidas, os estudantes podem consultar o quadro das funções dos leucócitos.

As atividades 2 e 3 favorecem o trabalho com as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT207** e **EM13CNT301**, a **competência geral 2** e o **ODS 3**.

2. **a.** O hemograma indica um aumento dos leucócitos totais, com 16.000/mm^3, um aumento significativo de eosinófilos (12%) e um aumento moderado de basófilos (2%).

b. Esses resultados podem sugerir uma resposta alérgica. Eosinófilos são comumente elevados em condições alérgicas e infecções parasitárias. Além disso, o aumento dos basófilos também pode ocorrer em reações alérgicas, já que essas células estão envolvidas na liberação de histamina e em processos inflamatórios.

3. As mãos podem se contaminar ao tocar superfícies ou alimentos infectados, e os agentes infecciosos podem penetrar no corpo por feridas ou mucosas. A lavagem das mãos é essencial para prevenir infecções, pois remove patógenos e toxinas presentes na pele, reduzindo a quantidade de patógenos que entram em contato com essa barreira que é fundamental para a imunidade inata.

4. Essa atividade trabalha com a habilidade **EM13CNT202**.

- Linfócitos T: participam da imunidade celular adquirida.
- Linfócitos B: modificam-se em plasmócitos, que produzem anticorpos; estes são liberados no sangue, participando da imunidade humoral adquirida.
- Linfócitos NK: atacam diretamente células infectadas e cancerosas sem necessidade de reconhecimento específico de antígenos; atuam na resposta inata.

5. A curva deve ser semelhante à curva verde da resposta secundária ao antígeno X. Isso significa que, na segunda exposição, a produção de anticorpos é maior e ocorre em menor intervalo de tempo em função da memória imunológica. O fenômeno analisado é o efeito que também se observa na vacinação. A atividade contempla as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301** e a **competência geral 2**.

6. Devido à alta taxa de mutação do vírus da gripe, uma nova vacina é produzida anualmente para incluir as variantes comuns mais recentes. Por isso, os programas de vacinação contra a gripe são realizados todo ano. A atividade tem relação com as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT301** e **EM13CNT310** e a **competência geral 2**.

7. Os acidentes com animais peçonhentos como as serpentes são tratados com o auxílio do soro antiofídico, o qual fornece os anticorpos necessários para que as toxinas da peçonha sejam combatidas. As vacinas apresentam caráter preventivo, portanto não se aplicam a esse tipo de tratamento. Essa atividade favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT207** e **EM13CNT301** e a **competência geral 2**.

Em foco

Essa seção contempla as **competências gerais 4**, **7** e **10**, as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT207**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304**, **EM13CNT306** e **EM13CNT310**, do **ODS 3** e os TCTs **Ciência e tecnologia** e **Saúde**.

Organize os estudantes em pequenos grupos e oriente-os a ler o texto e a responder às questões 1 e 2. Coordene, a seguir, a discussão coletiva com todos os grupos. Na sequência, sugira a realização da atividade 3 extraclasse e marque uma data para a apresentação dos trabalhos. Ao final, considere avaliar os estudantes com base no envolvimento nas discussões e na clareza da apresentação e dos argumentos.

1. Os estudantes podem sintetizar os argumentos:
   - questionamento da segurança das vacinas, já que algumas pessoas têm dúvidas sobre isso;
   - temor dos efeitos colaterais, pois as pessoas podem ter receio de efeitos adversos que as vacinas possam causar;
   - falsa sensação de segurança, pois algumas pessoas acreditam que não estão suscetíveis às doenças, o que diminui a percepção da necessidade de vacinação;
   - disseminação de desinformação, caracterizada pela propagação de informações falsas, principalmente por meio das redes sociais, como boatos sem fundamentação científica ou fraudes. Um exemplo citado no texto é a falsa ligação entre vacinas e autismo, baseada em um estudo fraudulento de 1998.
2. O texto ressalta que o fluxo internacional de pessoas, seja por turismo, seja por negócios, é uma preocupação de saúde pública, pois indivíduos não vacinados podem reintroduzir doenças previamente erradicadas ou controladas em certos países. Isso pode gerar surtos ou epidemias, como no caso do sarampo e da poliomielite, reforçando a importância de manter altas taxas de cobertura vacinal nas populações.
3. A atividade busca desenvolver o pensamento crítico dos estudantes, incentivando a pesquisa em fontes confiáveis sobre as controvérsias em torno das vacinas. Os estudantes devem identificar diferentes pontos de vista, entender os argumentos antivacina e propor maneiras de combater a desinformação, colaborando entre si de forma empática e respeitosa. A pesquisa deve utilizar fontes confiáveis, como artigos científicos e órgãos de saúde, para identificar os argumentos antivacina e os contra-argumentos mais eficazes. Após as apresentações, promova uma discussão sobre os temas abordados, enfatizando a importância da vacinação e da educação em saúde baseada em evidências para combater a desinformação. Para aprofundar a discussão, sugerimos a leitura suplementar: ESCOBAR, H. Desinformação científica: uma pandemia de mentiras. **Jornal da USP**, 11 ago. 2023. Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/desinformacao-cientifica-uma-pandemia-de-mentiras/. Acesso em: 30 set. 2024. Ressalte a importância de verificar a credibilidade das fontes e evitar informações de *sites* ou *blogs* não verificados.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**. Os capilares linfáticos presentes nos tecidos drenam o excesso de líquido intercelular formando a linfa, que é filtrada nos linfonodos, onde partículas estranhas ao corpo são retidas, colaborando para a proteção do organismo.
2. Alternativa **b**. Essa afirmativa diferencia corretamente os tipos de imunidade em que esses linfócitos estão envolvidos.
3. Alternativa **e**. As vacinas são usadas na prevenção de doenças infecciosas, pois estimulam a produção de anticorpos específicos contra o agente patogênico para o qual foram desenvolvidas.
4. **a.** Fagocitose, que é realizada por neutrófilos e macrófagos.
   b. Linfócitos B e T.
5. **a.** Imunização passiva, pois os anticorpos prontos são transferidos para o corpo do bebê.
   b. Porque o corpo do bebê não produz os anticorpos nem células de memória. A duração dos anticorpos é variável, pois são gradualmente degradados.
6. **a.** Antes da pandemia, com exceção do ano de 2016, nos demais as taxas ficaram acima de 73% da população. Essas taxas caíram na pandemia, ficando menores em 2023, devendo-se fazer a ressalva de que, nesse ano, os dados abrangem até o mês de agosto apenas.
   b. Somente no ano de 2015 o patamar chegou a 95%. O risco de não se atingir esse patamar é a perda de controle das doenças para as quais há vacinas e o retorno de doenças já erradicadas ou controladas no Brasil.
   Essa atividade contempla as habilidades **EM13CNT202, EM13CNT207**, **EM13CNT301**, **EM13CNT306** e **EM13CNT310**, o **ODS 3** e o TCT **Saúde**.
7. **a.** Não, pois as vacinas não são utilizadas para cura, mas sim para prevenção.
   b. As vacinas têm uma função preventiva, protegendo tanto a pessoa vacinada quanto toda a comunidade. Elas evitam a disseminação de doenças, de modo que sua aplicação não deve se restringir a períodos de aumento do número de casos. Mesmo quando há redução no número de casos, a vacinação deve ser mantida para impedir o retorno da doença.
8. Essa atividade favorece o trabalho com as **competências gerais 1**, **3**, **4**, **7**, **8**, **9** e **10**, as habilidades **EM13CNT207, EM13CNT302**, **EM13CNT304**, **EM13CNT306** e **EM13CNT310**, o **ODS 3** e o TCT **Saúde**.

   Espera-se que os estudantes atuem de modo colaborativo ao longo de todo o processo proposto na atividade. Eles devem iniciar compreendendo a problemática da tirinha, relacionando-a aos principais eventos da pandemia de covid-19, como as estratégias de contenção, o distanciamento social e os desafios da vacinação. Espera-se que eles compreendam que o obscurantismo se refere ao estado de quem se encontra na escuridão, na ignorância, com ausência de progresso instrucional adequado; o negacionismo implica a rejeição do conhecimento científico em favor de crenças ou doutrinas não embasadas em evidências; já a pseudociência se disfarça de Ciência, apresentando-se como baseada no método científico, mas sem seguir os procedimentos científicos corretos, enganando as pessoas com uma falsa aparência de credibilidade.

   Na elaboração da história em quadrinhos, oriente-os a pensar em um contexto narrativo, elaborar um roteiro e conceber personagens, entre outros aspectos. Professores da área de Linguagens podem colaborar no processo. Sugira divisão das tarefas entre os integrantes de cada grupo, reforçando a importância da empatia, do diálogo e do respeito à diversidade de ideias. Essa atividade procura estimular nos estudantes o papel de agentes sociais que combatem a pseudociência, o negacionismo e o obscurantismo, utilizando ferramentas de checagem de informação e divulgação do conhecimento. Se julgar necessário, compartilhe com os estudantes as seguintes fontes:

   KNOBEL, M. Ciência e pseudociência. **Revista física na escola**, v. 9, n. 1, 2008. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/pseudociencia.pdf. Acesso em: 19 ago. 2024.

Artigo que apresenta algumas ideias gerais sobre as pseudociências e seu avanço na sociedade e como isso pode afetar as nossas vidas.

STEVANIM, L. F. Só a Ciência salva do obscurantismo. **RADIS Comunicação e Saúde**, 1º abr. 2021. Disponível em: https://radis.ensp.fiocruz.br/entrevista/ciencia-entrevista/so-a-ciencia-salva-do-obscurantismo/. Acesso em: 19 abr. 2024.

Texto que aborda a luta de pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas contra a pseudociência em tempos de pandemia.

Reflita sobre seu aprendizado

Solicite aos estudantes que também utilizem as perguntas dessa seção para autoavaliar suas compreensões sobre as principais ideias discutidas nesta unidade. Proponha a eles que retomem as respostas da seção **Pense nisso!** que elaboraram no início do estudo e as reescrevam com base nos conhecimentos atuais sobre os temas estudados. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando a mobilização das **competências gerais 1** e **6**. As diferentes atividades propostas ao longo dos capítulos podem ser usadas para avaliação formativa, possibilitando o acompanhamento das aprendizagens e servindo de subsídios para as intervenções necessárias de acordo com as diferentes realidades e possibilidades de sala de aula. A seção **Atividades de fechamento**, ao final de cada capítulo, visa avaliar a aprendizagem dos estudantes em relação aos principais conteúdos abordados, incluindo atividades de vestibular, a fim de prepará-los para exames de larga escala.

Educação midiática

A seção tem como objetivo que os estudantes desenvolvam as habilidades de:

- entender os elementos simbólicos de unidade e a relação deles com movimentos sociais;
- promover uma cultura de aprendizagem que estimule a curiosidade e o aprendizado contínuo;
- compreender práticas éticas, legais e seguras no uso de recursos de mídia, no ambiente digital e fora dele;
- entender o papel linguístico e social das *hashtags*, além da sua função nos mecanismos de busca, curadoria e produção de conhecimento;
- vivenciar experiências engajadoras e interativas visando à vida em sociedade de modo colaborativo, ético, responsável e livre de intolerância e violência.

A seção possibilita o trabalho com as **competências gerais 4**, **5**, **6**, **7**, **9**, **10** e as habilidades **EM13LP30**, **EM13LP32** e **EM13LP45** (Analisar, discutir, produzir e socializar, tendo em vista temas e acontecimentos de interesse local ou global, notícias, fotodenúncias, fotorreportagens, reportagens multimidiáticas, documentários, infográficos, *podcasts* noticiosos, artigos de opinião, críticas da mídia, *vlogs* de opinião, textos de apresentação e apreciação de produções culturais (resenhas, ensaios etc.) e outros gêneros próprios das formas de expressão das culturas juvenis (*vlogs* e *podcasts* culturais, *gameplay* etc.), em várias mídias, vivenciando de forma significativa o papel de repórter, analista, crítico, editorialista ou articulista, leitor, vlogueiro e *booktuber*, entre outros.).

A respeito das questões iniciais, podem ser levantados os seguintes aspectos:

1. Os estudantes devem ser estimulados a buscar informações que mostram como, nos dias atuais, ainda é muito presente a intolerância à diversidade social e à liberdade no que se refere aos direitos raciais, reprodutivos, sexuais e de gênero. Com base nas informações divulgadas pelos canais noticiosos e nas mídias sociais, os povos indígenas, as mulheres, a comunidade LGBTQIAPN+, negros, entre outros, são os grupos mais afetados por violência, descaso de políticas públicas e discriminação.

   Os grupos privilegiados muitas vezes se beneficiam da manutenção de estruturas sociais que perpetuam desigualdades, como acesso desigual a oportunidades econômicas, educação e direitos. Esses grupos geralmente são os que usufruem de maior representação e influência na sociedade, como homens, pessoas brancas e heterossexuais em muitos contextos. Essa dinâmica cria um ciclo de opressão no qual a marginalização de grupos minoritários sustenta o *status* e o poder dos privilegiados. Essa situação requer esforços coletivos para promover igualdade e inclusão.
2. Respostas pessoais. É provável que a #BlackLivesMatter e a bandeira com as cores do arco-íris apareçam nas respostas dos estudantes.
3. Uma *hashtag* é uma palavra ou frase precedida pelo símbolo # e é usada em redes sociais para categorizar e facilitar a busca por conteúdos relacionados a um tema específico. Ela permite que pessoas compartilhem suas experiências e se conectem em torno de causas comuns. A importância das *hashtags* nas mobilizações populares digitais reside na sua capacidade de amplificar vozes, criar comunidades e organizar protestos, tornando questões sociais mais visíveis e acessíveis a um público mais amplo.

Sugira aos estudantes que analisem o conteúdo de algumas campanhas de defesa aos direitos de minorias, com foco nas manifestações performáticas ou coreografias artísticas (a exemplo do *flash mob*), em exposições fotográficas e no uso dos elementos simbólicos de unidade (objetos, gestos, palavras e cores que identificam membros ou bandeiras de determinados grupos ou causas sociais).

Oriente os estudantes a realizar um levantamento de *hashtags* de ações de defesa aos direitos de públicos minoritários (mulheres, povos originários, comunidade LGBTQIAPN+). As *hashtags* merecem atenção especial, pois funcionam como um potente elemento simbólico de unidade no mundo digital e, ao mesmo tempo, são agregadores temáticos capazes de indexar todas as informações referentes a um determinado tema. Para aprofundar a discussão, sugerimos a referência suplementar: EDUCAMÍDIA. A força das *hashtags*. **Instituto Palavra Aberta**. Disponível em: https://educamidia.org.br/api/wp-content/uploads/2020/07/AULA_A-forc%CC%A7a-das-hashtags.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

Algumas *hashtags* têm relação com *flash mobs*. Dessa forma, pode-se incentivar uma pesquisa sobre os principais *flash mobs* que geraram importantes *hashtags* relacionadas com as pautas desses grupos. Para mais informações sobre *flash mob*, sugerimos a referência suplementar: TRINDADE, A. L. O. *et al*. Multiculturalismo urbano: o fenômeno *flash mob*. **Revista Texto Digital**, v. 8, n. 1, jan./jul. 2012. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/textodigital/article/view/1807-9288.2012v8n1p25/22400. Acesso em: 30 set. 2024.

Ao encerrar a atividade, os estudantes devem ser capazes de compreender como a comunicação mobiliza causas importantes na agenda de direitos humanos.

Ao final da seção são apresentados alguns critérios para autoavaliação dos estudantes. Caso considere pertinente, monte uma tabela de rubricas considerando os níveis de desempenho avançado, adequado, satisfatório e insuficiente para cada critério sugerido.

UNIDADE 6

MUNDO TECNOLÓGICO

A unidade explora a importância da tecnologia no mundo atual, destacando sua constante evolução impulsionada pelo desenvolvimento científico. Para entender essa dinâmica, são apresentados conceitos das Ciências da Natureza que sustentam o avanço tecnológico.

1. Os testes genéticos são fundamentais no diagnóstico e prevenção de câncer, pois identificam mutações que podem predispor ao desenvolvimento da doença. Ao detectar essas alterações no DNA, é possível adotar medidas preventivas, como exames regulares e mudanças no estilo de vida. Além disso, em casos de câncer já presente, os testes ajudam a orientar tratamentos personalizados, aumentando as chances de sucesso terapêutico.
2. O aumento da massa celular deve-se à divisão celular por mitose. Células cancerígenas, originadas por mutações, podem acelerar essa divisão, resultando em maior proliferação em uma região, facilitando sua identificação em exames de imagem.
3. As características hereditárias são transmitidas de geração em geração por meio da reprodução. Os gametas são produzidos por meiose e carregam metade do material genético dos pais. Na fecundação, o embrião recebe, assim, metade do DNA de cada um. Se um dos pais tem uma mutação associada ao câncer, ela pode ser passada aos descendentes.
4. Mesmo que os estudantes ainda não tenham se aprofundado no estudo dos genes, é possível que eles reconheçam que a terapia gênica tem como objetivo inserir partes do DNA para que a expressão desses trechos ajude a tratar doenças.

Capítulo 21 Dos ácidos nucleicos às proteínas

Os temas tratados neste capítulo foram organizados de forma que os estudantes possam reconhecer as estruturas moleculares do DNA e do RNA, compreendendo as relações dessas moléculas na síntese de proteínas. Esses tópicos podem ser trabalhados conjuntamente com o componente curricular Química. As atividades em grupo e as discussões coletivas são estimuladas a cada etapa do material, trabalhando, principalmente, as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202** e as **competências gerais 1** e **6**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- descrever a estrutura e a função do material genético;
- associar parte das características dos seres vivos à relação entre DNA, RNA e proteínas e aos processos de replicação, transcrição e tradução;
- reconhecer que o código genético universal é uma das evidências da origem comum da vida na Terra;
- compreender as mutações como fonte primária de variabilidade.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 3, 4, 5 e 6
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT103, EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT301 e EM13CNT302
- **Tema contemporâneo transversal (TCT):** Educação em direitos humanos

Sugestões didáticas

A contextualização histórica apresentada no tópico "A natureza química do material genético" é importante para que os estudantes entendam como acontece o processo de construção do conhecimento científico, reconhecendo o seu caráter dinâmico e coletivo, o que favorece o desenvolvimento da **competência geral 1**.

Ao analisar e discutir modelos e teorias que levaram à compreensão das moléculas da vida e à transmissão/expressão das características, o tópico "A molécula de DNA: um pouco de história" favorece o trabalho com a habilidade **EM13CNT201** e ao apresentar o tema sobre as radiações, é possível avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação na Ciência, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT103**. Além disso, a reflexão sobre as relações de gênero nos contextos científicos pelos casos de Rosalind Franklin e Matilda Joslyn Gage, abordados ao longo do texto e na seção **Em foco**, permite desenvolver a **competência geral 6** e trabalhar com o **ODS 5**.

Discutir o RNA e a propriedade emergente da vida no tópico "Síntese de RNA: transcrição" permite aos estudantes compreender que o conhecimento científico envolve a elaboração de teorias que são discutidas e analisadas e que o estudo da vida pode ser feito em diferentes níveis de organização, aspectos relacionados às habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202**.

Atividade complementar

Para aproximar algumas técnicas e conceitos abstratos dos estudantes, sugerimos a realização de uma prática de extração de DNA de vegetais. Um procedimento com diferentes opções vegetais é apresentado na referência a seguir:

GONÇALVES, T. M. Extraindo o DNA de vegetais: uma proposta de aula prática para facilitar a aprendizagem de Genética no Ensino Médio. **Revista Educação Pública**, v. 21, n. 15, 27 abr. 2021. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/15/extraindo-o-dna-de-vegetais-uma-proposta-de-aula-pratica-para-facilitar-a-aprendizagem-de-genetica-no-ensino-medio. Acesso em: 2 out. 2024.

Depois de realizar a atividade, explique aos estudantes que a estrutura esbranquiçada corresponde à aglomerados de DNA de muitas células rompidas no processo e que não é possível observar a olho nu a estrutura do DNA apresentada no livro.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. a. Incorreta. Apenas a molécula de RNA apresenta uracila.

b. Incorreta. Elas diferem entre si pela pentose que cada uma apresenta.

c. Correta. Moléculas de DNA apresentam adenina.

d. Incorreta. Todas as espécies possuem os mesmos nucleotídeos (adenina, timina, citosina e guanina), mas em quantidades diferentes.

e. Incorreta. O glicídio presente na molécula de DNA é a desoxirribose.

2. Alternativa **c**. A RNA polimerase é a enzima responsável por catalisar o processo de transcrição.

3. Como na formação do RNA a adenina emparelha com a uracila e a citosina com a guanina, a sequência é UAACGCAUA.

4. A região promotora de um gene é a sequência de DNA que sinaliza o início da transcrição e regula a expressão do gene, controlando sua ativação pela RNA polimerase.

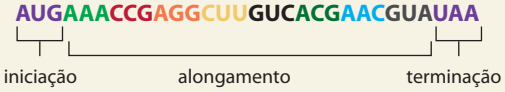
5. a. A sequência complementar é TTTCCTAACGGTAGGCGTTGT.

b. A transcrição da sequência de bases fornecida resulta na sequência UUUCCUAACGGUAGGCGUUGU.

6. A cópia no caderno e a identificação das sequências de início (AUG) e de término (que pode ser UAA, UAG ou UGA) deve ficar assim:

ACUC**AUG**AAACCGAGGCUUGUCACGAACGUA**UAA**GC

a. Assim, desde onde começa até onde termina a transcrição, temos:



b. Sequência de aminoácidos: Met-Lys-Pro-Arg-Leu-Val-Thr-Asn-Val.

7. a. 1 – inserção; 2 – deleção; 3 – substituição

b. Quando a mutação pontual se dá por substituição, apenas um códon é alterado, e pode codificar o mesmo aminoácido, pois o código genético é degenerado, não modificando as proteínas, mas quando a mutação pontual é por perda ou adição, todos os códons se alteram a partir do ponto da mutação.

Em foco

As atividades da seção poderão ser realizadas em duplas ou em pequenos grupos (4 a 5 estudantes). Ao analisarem a perspectiva de gênero na sociedade e buscarem pela valorização e empoderamento das mulheres, as atividades dessa seção mobilizam a **competência geral 6** e favorecem o trabalho com o **ODS 5** e o TCT **Educação para direitos humanos**.

1. Essa situação reflete diretamente o Efeito Matilda, onde o trabalho e as contribuições das mulheres são ignorados ou atribuídos a homens, resultando em menor reconhecimento para elas. No ambiente de trabalho, isso pode levar à desmotivação, à falta de progressão na carreira e até à saída das mulheres da empresa, uma vez que elas não estão sendo devidamente reconhecidas por suas ideias e esforços. Quanto à opinião solicitada, espera-se que a pergunta amplie a reflexão sobre o Efeito Matilda, convidando os estudantes a considerar o papel dos homens na prevenção e combate ao Efeito Matilda, e não apenas como uma preocupação das mulheres.

2. O Efeito Matilda se manifesta na situação escolar quando as contribuições das estudantes do sexo feminino são subestimadas ou ignoradas em projetos de ciência e tecnologia, similar ao apagamento das mulheres na ciência. A professora poderia tomar medidas para incentivar a participação das estudantes, garantir que suas ideias sejam ouvidas e valorizadas e conscientizar a turma sobre a importância de reconhecer o mérito de todos os colegas, independentemente do gênero. Isso pode incluir promover debates sobre igualdade de gênero e criar um ambiente em que todos se sintam encorajados a contribuir.

Na prática

A produção e a compreensão dos modelos das moléculas de DNA e de RNAm, objetivos centrais dessa seção, favorecem o desenvolvimento das **competências gerais 1**, **2**, **4** e **5** e das habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT302**.

As respostas dependerão dos modelos construídos pela turma. Para a realização dessa atividade prática, reserve uma parte da aula para os grupos decidirem quais materiais irão utilizar. Tire as dúvidas e disponibilize uma semana ou um pouco mais, de acordo com seu cronograma, para que eles finalizem o trabalho em casa. Se for possível, colegas do componente Arte e da área Linguagens podem colaborar. Os modelos de DNA provavelmente vão diferir entre si na escolha das sequências de bases e serão semelhantes na união entre bases complementares, ou seja, A se une a T e C se une a G. É importante que o modelo de RNAm tenha a sequência correta de bases de acordo com o padrão de emparelhamento com as bases do DNA. No caso dos modelos de tradução, analise se houve relação correta entre códons e aminoácidos. Reforçe que o código genético é degenerado.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **a**. Uma proteína composta de 1.800 aminoácidos é codificada por 1.800 códons no RNAm, uma vez que cada códon corresponde a um aminoácido.

2. Alternativa **e**.

Afirmação I: Correta. A aciclogUanosina, quando convertida em aciclo-GTP, inibe a DNA polimerase viral, impedindo a replicação do DNA viral.

Afirmação II: Incorreta. A aciclogUanosina atua especificamente na replicação do DNA viral, não na transcrição.

Afirmação III: Incorreta. A aciclogUanosina é bem tolerada e usada em várias condições, não apenas em casos graves. Seu principal efeito é sobre o DNA viral, e não sobre o DNA do hospedeiro.

3. Alternativa **e**. O *splicing* alternativo é o mecanismo pelo qual diferentes moléculas de RNAm são produzidas a partir de um único transcrito primário, resultando na produção de diferentes proteínas, como a calcitonina e o CGRP a partir do mesmo gene.

4. Alternativa **d**. A partir de um mesmo gene, pode haver o processamento alternativo do RNAm imaturo (ou primário), produzindo diferentes moléculas que codificam diferentes proteínas que, por sua vez, também passam por modificações pós-traducionais, originando proteínas distintas.

5. A resposta correta é **I**, uma vez que:

Amostra A: 30% de bases A e 30% de bases G

Se fosse DNA, pela regra de Chargaff, a quantidade de adenina deveria ser igual à de timina (A = T) e a quantidade de guanina deveria ser igual à de citocina (G = C). Assim, a soma percentual das quatro bases deveria ser 100%, em que

as porcentagens de A e T e de G e C devem ser equivalentes. Portanto, se temos 30% de A e 30% de G, deveríamos ter 30% de T e 30% de C, o que totalizaria 120%.

Isso não é compatível com o DNA, porque a soma das porcentagens de A, T, G e C deveria totalizar 100%. Portanto, provavelmente trata-se de RNA, pois nele não há emparelhamento entre as bases como no DNA, e pode haver uma distribuição desigual.

Amostra B: 28% de bases A e 22% de bases G

Se fosse uma molécula de DNA, havendo 28% de adenina, deveria haver 28% de timina, 22% de guanina e 22% de citocina. Somando, temos 100% de bases, emparelhadas de acordo com a regra de Chargaff, o que indica que pode ser uma molécula de DNA (habilidade **EM13CNT301**).

6. Pela regra de Chargaff, A + T + C + G = 100%. Se A = 20%, então T = 20%, totalizando 40%. Os 60% restantes são: C = 30% e G = 30% (habilidade **EM13CNT301**).

7. **a.** O objetivo foi quantificar o processo de formação das moléculas de RNA. O processo investigado é a transcrição.
   b. Os resultados podem sugerir que uma das espécies de bactéria é resistente ao antibiótico, mantendo a transcrição de RNA, enquanto a outra é sensível e é afetada por ele. Isso se alinha à ideia de que diferentes espécies bacterianas possuem mecanismos de defesa variados contra antibióticos, resultando em efeitos distintos.

8. Para responder à questão, os estudantes devem retomar o que já foi discutido anteriormente neste livro sobre IST e sistema imunitário e utilizar conceitos analisados no presente capítulo sobre a estrutura de genes eucarióticos, tipos de mutação gênica e suas consequências na estrutura da proteína.
   a. Os estudantes podem citar, por exemplo: sífilis, gonorreia, herpes genital, HPV, candidíase, tricomoníase.
   b. Para se confirmar a presença da mutação no gene, deve-se analisar as amostras colhidas após um ano do transplante. Ao receber células-tronco adultas com a mutação, elas produzirão na medula glóbulos brancos com a mutação. Esses glóbulos passam para o sangue e não são infectadas pelo HIV, pois não têm receptores para eles.
   c. Como os genes eucarióticos possuem íntrons (não codificante) e exons (codificante), a mutação que removeu 32 nucleotídeos aconteceu na região codificante do gene, ou seja, no éxon, acarretando alteração na sequência de aminoácidos e a formação de um códon de parada, de modo que não se forma a proteína receptora do vírus.

Capítulo 22 Divisões celulares e seus significados

Neste capítulo, passamos ao estudo das divisões celulares por mitose e meiose, relacionando a importância delas para a mantenção e perpetuação da vida. Abrange em especial o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT202**, ao abordar os níveis molecular e celular de organização biológica, **EM13CNT103**, ao abordar as radiações e suas causas, e **EM13CNT104**, ao avaliar riscos à saúde e responsabilidades de uso e descarte de material radioativo.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- identificar e diferenciar as etapas de divisão celular nos processos de meiose e mitose;
- reconhecer as principais doenças causadas por falhas no processo de divisão celular;
- compreender a importância da mitose e da meiose para a manunteção e perpetuação da vida;
- diferenciar mitose em células animais e vegetais;
- compreender as vantagens e desvantagens das radiações para a saúde humana.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 2, 4, 7, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT103, EM13CNT104, EM13CNT106, EM13CNT202, EM13CNT205, EM13CNT207, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT304, EM13CNT306, EM13CNT307, EM13CNT309 e EM13CNT310
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Saúde, Ciência e tecnologia e Educação ambiental

Sugestões didáticas

A abordagem sugerida para este capítulo deve focar em atividades práticas e colaborativas, estimulando o desenvolvimento de pensamento crítico, trabalho em equipe e comunicação, essenciais para o aprendizado científico. Para isso, os estudantes podem ser organizados em pequenos grupos, que devem realizar a leitura do texto e elaborar esquemas de modo a resumir os tópicos abordados. Ao mesmo tempo, podem utilizar materiais como massa de modelar, barbantes e cartolina para representar visualmente as fases da mitose e meiose, conforme ilustrado no livro. O uso de modelos tridimensionais facilita a compreensão desses processos, que são abstratos. O capítulo já inclui uma atividade que propõe a representação da não disjunção cromossômica na meiose, mas essa modelagem pode ser ampliada para auxiliar no entendimento tanto da mitose quanto da meiose, bem como da permutação. Essa abordagem relaciona-se à **competência geral 4**, além das habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**. Se possível, a representação pode ser complementada com o uso de ferramentas digitais, promovendo também a **competência geral 5**.

Ao abordar o tópico câncer e descontrole celular, retome a imagem e o texto da abertura da unidade para ilustrar como se pode detectar o tumor em mamografias, exame que utiliza raios X. No caso das aneuploidias, além de sugerir uma pesquisa sobre síndromes cromossômicas humanas, seria interessante trabalhar com os estudantes o movimento *Down*, com base na indicação da seção **Fique por dentro** e em outras fontes confiáveis de consulta, o que propicia o trabalho com a **competência geral 9**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. Como as radiações ionizantes podem causar quebras na dupla hélice do DNA, os pontos de checagem mais importantes ocorrem no final da fase G_1, antes de a célula entrar na fase S, e no final da fase G_2, antes de a célula entrar na fase M. Essa atividade permite o trabalho com as habilidades **EM13CNT103**, **EM13CNT202** e **EM13CNT207**.

2. O processo descrito na metamorfose dos girinos para sapos adultos é um exemplo de apoptose. A morte das células da cauda e das brânquias é um evento programado e regulado. As células morrem de forma ordenada e são rapidamente fagocitadas pelos macrófagos, o que evita danos aos tecidos circundantes.

3. Os telômeros encurtam-se a cada divisão celular; dessa forma, após certo número de divisões, o cromossomo se torna instável e é degradado, o que causa a apoptose da célula. Nas células cancerosas, esse controle deixa de existir, de modo que os telômeros não reduzem de tamanho e as células continuam a se dividir. Comente com os estudantes que esse é apenas um dos inúmeros processos relacionados à proliferação das células cancerosas. Essa atividade permite o trabalho com as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT207**.

As atividades 4, 5, 6, 7 e 8 favorecem a análise da manifestação da vida em diferentes níveis de organização (**EM13CNT202**).

4. A ordem correta é: b, d, a, c.

5. **a.** Anáfase, pois os cromossomos estão migrando para polos opostos da célula.
   b. Metáfase, pois os cromossomos estão dispostos na linha mediana da célula, formando a placa equatorial ou metafásica.

6. Durante a fase S da interfase, tanto na mitose quanto na meiose, ocorre a duplicação semiconservativa do DNA, em que cada molécula de DNA é copiada, resultando em duas moléculas idênticas. Estas formam as cromátides-irmãs dos cromossomos duplicados. Na mitose, a duplicação garante que cada célula-filha receba um conjunto completo e idêntico de cromossomos. Na meiose, propicia que as divisões subsequentes ocorram corretamente.

7.

Fase	Mitose	Meiose I
Prófase	Cromossomos homólogos não se emparelham.	Cromossomos homólogos emparelham-se e ocorre permutação.
Metáfase	Placa equatorial formada pelos cromossomos duplicados e não emparelhados. Fibras cromossômicas de cada cromátide-irmã irradiam-se para polos opostos da célula.	Placa equatorial formada pelas tétrades. Os cromossomos homólogos ficam emparelhados e unidos pelos quiasmas. Fibras cromossômicas de cada díade irradiam-se para polos opostos da célula.
Anáfase	Ocorre separação do centrômero.	Não ocorre separação do centrômero.
Telófase	Em cada polo da célula encontram-se 2*n* cromossomos não duplicados, formados por uma cromátide.	Em cada polo da célula encontram-se *n* cromossomos duplicados, formados por duas cromátides-irmãs, unidas pelo centrômero.

8. I. Verdadeira. A tartaruga verde possui 56 cromossomos nas células do corpo e cada cromossomo é formado por uma molécula de DNA; há, portanto, 56 moléculas (ou 28 pares) de DNA em cada célula da pele (que é somática).

   II. Falsa. Nas plantas, a meiose é espórica ou intermediária, de modo que os gametas são formados por mitose.

   III. Falsa. Ao final da meiose I, as células terão 23 cromossomos, cada um com duas cromátides, totalizando 46 moléculas de DNA. A separação das cromátides-irmãs ocorrerá na meiose II, resultando em gametas com 23 cromossomos e 23 moléculas de DNA.

Em foco

A seção aborda os benefícios e riscos da radiação, as aplicações na Medicina e as consequências do descarte inadequado de resíduos radioativos, estando relacionados aos TCTs **Saúde**, **Ciência e tecnologia** e **Educação ambiental**; **competências gerais 2**, **7** e **10**, favorecendo o trabalho com as habilidades **EM13CNT103**, **EM13CNT104**, **EM13CNT106**, **EM13CNT202**, **EM13CNT207**, **EM13CNT304**, **EM13CNT306**, **EM13CNT307**, **EM13CNT309** e **EM13CNT310**. Essa temática também se relaciona a metas dos **ODS 3**, **7** e **13**. O tema envolve interdisciplinaridade com Química e Física.

1. Essa questão pretende estimular os estudantes a argumentar acerca do uso da radiação, considerando tanto os benefícios quanto os riscos, incentivando o pensamento crítico e a aplicação do conhecimento em contextos reais. Espera-se que isso promova a análise crítica e o debate a respeito do tema e da importância da segurança e da regulamentação para proteger a saúde pública e o ambiente.

   Na argumentação, espera-se que os estudantes falem a favor do uso da radiação na Medicina, como o uso de raio X em mamografias e para identificar fraturas ósseas, mas reconheçam os riscos e a importância das questões de segurança. Treinamentos especializados para os profissionais que trabalham com radiação também são essenciais. A importância da radiação na geração de energia por meio das usinas nucleares é grande, por gerar grande quantidade de eletricidade com emissão muito baixa de gases de efeito estufa. Apesar disso, há muitas controvérsias em função dos riscos ambientais e de saúde, como ocorreu em Chernobyl.

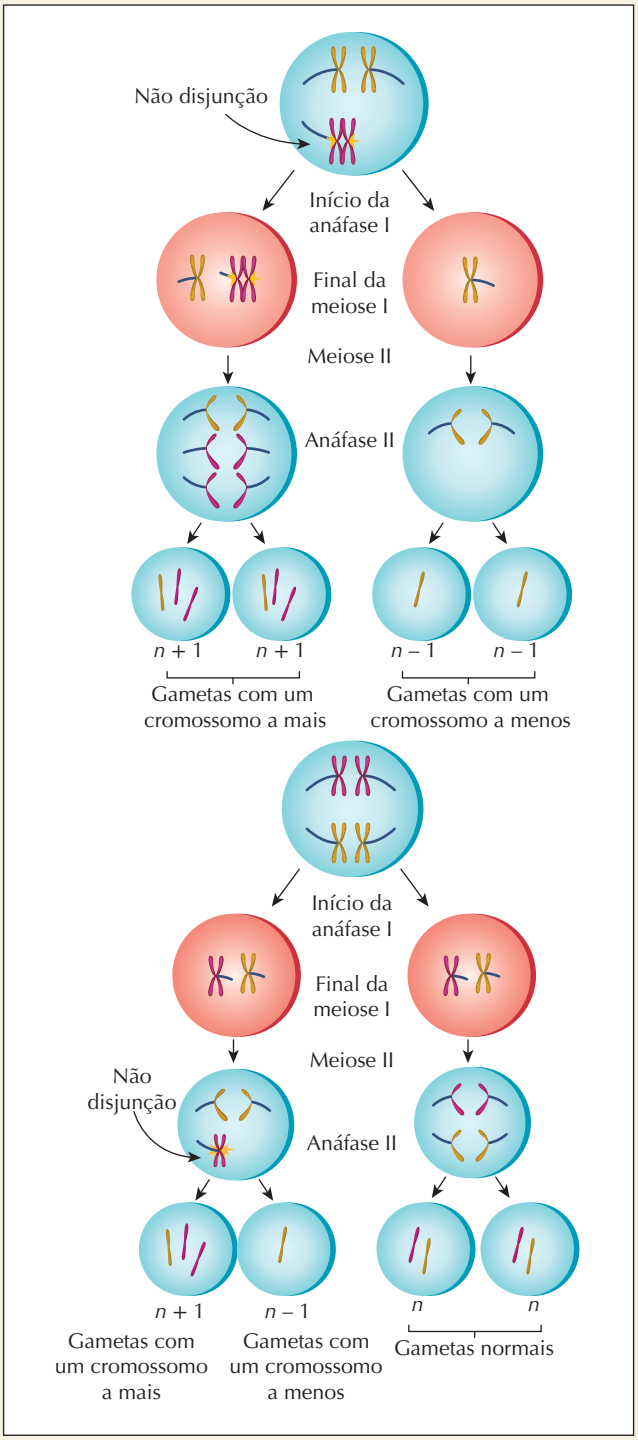
2. O incidente demonstra que a falta de cuidado e informação sobre material radioativo pode resultar em sérias consequências para a saúde e o ambiente. Isso reforça a necessidade de regulamentações rigorosas e conscientização sobre o manuseio seguro desse tipo de material, bem como o descarte adequado de equipamentos médicos que o contenham. Além disso, o episódio evoca a importância da educação pública sobre os riscos associados à radioatividade, de forma a evitar acidentes semelhantes no futuro.

Na prática

A atividade proposta relaciona-se ao TCT **Saúde** e ao **ODS 3** e favorece o desenvolvimento das **competências gerais 2**, **4** e **9**. Também possibilita aos estudantes analisar a manifestação da vida a nível cromossômico (**EM13CNT202**), realizar previsões sobre fenômenos naturais (**EM13CNT205)**, interpretar modelo (**EM13CNT301**), usar os modelos para comunicar resultado de exame (**EM13CNT302**) e refletir sobre o serviço de aconselhamento genético (**EM13CNT310**).

Apresentamos a seguir um exemplo de como podem ser as representações dos estudantes:

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

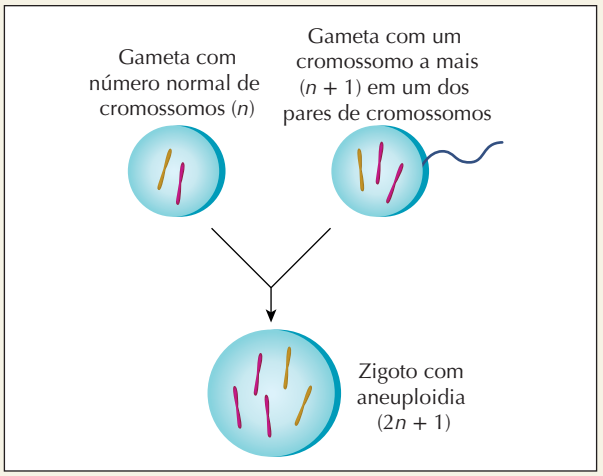


1. Quando a não disjunção ocorre na meiose I, todos os gametas terão número alterado de cromossomos, sendo dois deles com um cromossomo a mais ($n + 1$) e dois com um cromossomo a menos ($n - 1$); quando ocorre na meiose II, apenas dois dos quatro gametas terão o número normal de cromossomos (n), e os outros dois terão números alterados, sendo um deles com um cromossomo a mais ($n + 1$) e outro com um cromossomo a menos ($n - 1$).

   Para as questões 2, 3 e 4, é importante comentar o aspecto emocional por trás do aconselhamento genético, envolvendo empatia, acolhimento, responsabilidade e cuidado psicológico com o casal. Na presente proposta, o objetivo é focar exclusivamente na explicação biológica de como as aneuploidias podem ocorrer, sem avançar em aspectos mais amplos do aconselhamento genético. Deixe isso claro para os estudantes.

2. Os estudantes podem escolher qualquer um dos gametas das sequências de meiose que elaboraram que tenha um cromossomo a mais e então mostrar o resultado da fecundação com um gameta com o número adequado de cromossomos. Eles devem representar a célula resultante da fecundação com 3 cromossomos de um dos pares de homólogos, ou seja, com um cromossomo a mais. Comente que, na síndrome de Down, esse cromossomo extra é do par 21.

ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA



3. Ao discutir essa questão, analise com os estudantes que, embora a não disjunção seja mais comum na gametogênese de mulheres acima de 35 anos de idade, esse processo pode ocorrer em qualquer um dos progenitores. Reforce que a não disjunção é um evento biológico fora do controle humano, o que é fundamental para evitar a atribuição de culpa. Quanto à não disjunção ter ocorrido na meiose I ou na meiose II, as duas possibilidades existem.

4. O cariótipo 45, X0 indica que o bebê possui apenas um cromossomo X e não tem o segundo cromossomo sexual. O sexo biológico do bebê é feminino, pois não há um cromossomo Y presente. Esse cariótipo ocorre devido a uma não disjunção durante a meiose, resultando na formação de um gameta com a ausência de um cromossomo sexual.

Atividades de fechamento

As atividades 1, 2, 3 e 5 favorecem o trabalho com a **competência geral 2** e com as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**.

1. Alternativa **b**. O câncer resulta de divisões celulares descontroladas. Genes como o TP53 regulam esse processo, promovendo a apoptose e preservando a integridade genômica. Mutações no TP53 suprimem a apoptose, permitindo o crescimento descontrolado das células e favorecendo o câncer.

2. Alternativa **e**. Os micronúcleos derivam de fragmentos cromossômicos ou cromossomos inteiros que não foram devidamente segregados na divisão celular e que não são incorporados no núcleo principal durante a divisão celular.

3. **a.** Aneuploidia do tipo trissomia do cromossomo 13.
   b. As aneuploidias podem ocorrer pela não disjunção cromossômica na meiose durante a formação de gametas de um dos pais.

4. **a.** *Ischnocnema juipoca* tem 11 pares de cromossomos homólogos, ou seja, tem 22 cromossomos ($2n = 22$; $n = 11$). *Alstroemeria aurea* tem 8 pares de cromossomos homólogos, ou seja, tem 16 cromossomos ($2n = 16$; $n = 8$).

b. I. Sendo uma célula somática, o número de cromossomos é 22.
II. 11 cromossomos.
III. Sendo uma célula somática, tem 16 cromossomos.

c. I. Metacêntrico.
II. Submetacêntrico.
III. Telocêntrico.
IV. Telocêntrico.
V. Metacêntrico.
VI. Submetacêntrico.
VII. Metacêntrico.
VIII. Acrocêntrico.

5. a. Seis, sendo uma em cada cromossomo.

b. Os estudantes devem identificar que os cromossomos de mesma cor e de tamanhos semelhantes, representam os homólogos. Na fase S, eles devem esquematizar que cada fio é duplicado, representando a duplicação semiconservativa do DNA de cada cromossomo.

6. a. A eficácia da vimblastina varia entre os tipos de câncer devido às diferenças nas taxas de divisão celular. Tumores com alta taxa de proliferação, como leucemias e linfomas, tendem a ser mais sensíveis à ação da vimblastina, enquanto tumores com divisão celular mais lenta, como alguns cânceres de mama e próstata, respondem de forma menos eficaz. Isso ressalta a importância de considerar a biologia específica do tumor ao planejar o tratamento.

b. Para responder a essa questão, os estudantes devem ser orientados a retomar os conceitos analisados no capítulo 20. A vimblastina afeta células de rápida divisão, incluindo as da medula óssea, responsáveis pela produção de leucócitos, hemácias e plaquetas. Isso pode resultar em imunossupressão e queda dos elementos figurados do sangue. O monitoramento contínuo das funções imunológicas e hematológicas é fundamental para ajustar o tratamento e minimizar os efeitos colaterais, garantindo mais segurança ao paciente.

7. a. A diferença observada indica que a maioria das células apresenta uma quantidade menor de DNA por célula, pois o pico A é maior que o B.

b. Como as células que contêm menos DNA estão representadas no pico A (mais que o dobro do que têm as células representadas no pico B), isso indica que, em B, as células estão com o DNA replicado, ao contrário do que se observa em A. Assim, o pico A corresponde às células que estão na fase G_1 do ciclo celular, e as do pico B, na fase G_2 ou em mitose (**competência geral 2** e habilidades **EM13CNT202, EM13CNT205, EM13CNT301**).

8. Essa atividade permite aos estudantes interpretar resultados sobre experimentos (**EM13CNT205**), analisar o comportamento do DNA ao longo do ciclo celular (**EM13CNT202**) e elaborar hipóteses (**EM13CNT301**), além de incentivar os estudantes a exercitar a curiosidade intelectual, recorrer à abordagem da Ciência e argumentar com base em dados e fatos (**competências gerais 2** e **7**).

a. No painel B, as células HeLa estão expostas ao nocodazol, que interfere na polimerização dos microtúbulos, impedindo a formação adequada do fuso mitótico. Como resultado, as células ficam estacionadas na fase G_2/M, incapazes de concluir a mitose e dividir-se. Isso leva a uma acumulação de células nessa fase, como evidenciado no gráfico do painel B. Isso demonstra o impacto do nocodazol na divisão celular e evidencia seu potencial efeito antitumoral ao impedir a proliferação de células cancerosas.

b. Células germinativas passam pelo processo de meiose, que resulta na formação de quatro células-filhas, cada uma com metade do número de cromossomos da célula-mãe. Como há em cada cromossomo uma molécula de DNA, a quantidade de DNA nas células-filhas é a metade da quantidade de DNA da célula inicial; portanto, se a quantidade inicial era 40, ao final será 20.

Capítulo 23 Hereditariedade e Biologia Forense

Este capítulo pretende aprofundar os conteúdos já vistos no Ensino Fundamental, avançando nas questões históricas da hereditariedade, no uso da teoria das probabilidades e em outros mecanismos de herança, como herança ligada aos cromossomos sexuais e interação gênica. Além desses aspectos, são discutidas questões relacionadas à biologia forense. No geral, a abordagem envolve as **competências gerais 1** e **2** e as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT205** e **EM13CNT304**.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- compreender o desenvolvimento histórico das ideias relativas aos fenômenos fundamentais da hereditariedade pelos experimentos de cruzamentos realizados por Gregor Mendel;
- analisar a relação entre genótipo e fenótipo na manifestação das características genéticas;
- analisar a relação entre a constituição genética e os demais fatores na manifestação das características genéticas dos organismos;
- compreender e aplicar os conceitos de cromossomos homólogos, *locus* gênicos e alelos;
- compreender a herança de grupos sanguíneos humanos e sua importância na saúde humana no que se refere às transfusões e à eritroblastose fetal, bem como na Biologia Forense;
- utilizar fundamentos de probabilidade para calcular proporções genotípicas e fenotípicas esperadas em cruzamentos;
- conhecer as aplicações práticas de técnicas da Biotecnologia, como tipagem sanguínea, eletroforese e DNA *fingerprint* na Biologia Forense;
- estabelecer a integração entre áreas científicas, valorizando a história da Ciência e a relação entre Ciência e sociedade.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 6 e 7
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT202, EM13CNT205, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303 e EM13CNT304
- **Habilidades de outras áreas do conhecimento:** EM13MAT311 (Identificar e descrever o espaço amostral de eventos aleatórios, realizando contagem das possibilidades, para resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo da probabilidade.) e EM13MAT312 (Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de probabilidade de eventos em experimentos aleatórios sucessivos.)
- **Temas contemporâneos transversais (TCTs):** Saúde e Ciência e Tecnologia

Sugestões didáticas

É impossível estudar a hereditariedade sem falar das contribuições de Gregor Mendel (1822-1884). Por isso, valorizamos na abertura do capítulo a imagem das ervilhas, material

empregado nos estudos desse monge cientista. Propomos que sejam apresentados aos estudantes os questionamentos a seguir. Peça a eles que respondam individualmente e, depois, compartilhem as respostas com um colega para complementá-las ou reelaborá-las.

1. Por que os filhos têm características semelhantes às dos pais?
2. Quais são os mecanismos que explicam a transmissão das informações genéticas de uma geração a outra?
3. Como um exame de DNA pode confirmar ou descartar a identidade de um pai desconhecido?

O objetivo principal nesse momento é fazer os estudantes refletirem e se interessarem por assuntos abordados neste capítulo, discutindo as diferentes ideias e percepções com base nas questões. Por isso, depois de as duplas conversarem, o que favorece o trabalho com as **competências gerais 4** e **9**, peça a elas que compartilhem com a turma suas conclusões. Procure identificar os pontos-chave que precisarão receber atenção ao longo do estudo do capítulo.

A seguir, a metodologia da sala de aula invertida poderá ser aplicada nos tópicos que abordam as leis de Mendel, bem como no **Fique por dentro** "Simulador Mendeliano", que oferece a oportunidade de observar os fenótipos (cores) das ervilhas, relacioná-los com seus respectivos genótipos e marcar suas taxas de ocorrência, o que propicia o trabalho com a **competência geral 4** e a habilidade **EM13CNT205**.

Oriente os estudantes a anotar as dúvidas, o que chamou a atenção na leitura e no recurso virtual, bem como as ideias novas que surgirem. A metodologia da sala de aula invertida os torna protagonistas do próprio processo de aprendizagem.

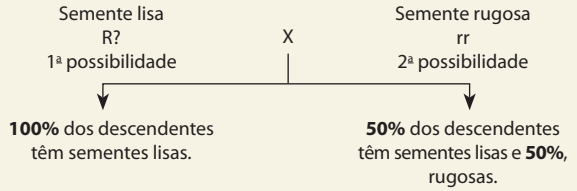
Ao discutir as Leis de Mendel, os estudantes poderão compreender a relação entre a herança genética e a teoria da probabilidade – e compreender como a Matemática é uma ferramenta fundamental na Ciência e na Biologia. O apoio do professor do componente curricular Matemática pode ser interessante para aprofundar a discussão e promover o desenvolvimento das habilidades **EM13MAT311** e **EM13MAT312**, associadas ao contexto de genética. Utilizar fundamentos de probabilidade, calculando proporções fenotípicas esperadas em cruzamentos, contribui ainda para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT205**. Ao longo da discussão do capítulo, é importante reforçar que o efeito dos genes depende da interação com o ambiente, incluindo a interação entre outros genes, desfazendo, assim, a ideia de determinismo genético.

A Ciência Forense é um conjunto de conhecimentos interdisciplinares e de técnicas científicas utilizado para desvendar diversos assuntos, inclusive relacionados a História, dentro das áreas de Arqueologia, Paleontologia e Geologia, ajudando a desvendar acontecimentos do passado.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. A questão proposta é um caso clássico de cruzamento-teste e espera-se que os estudantes cheguem ao resultado com base no que aprenderam até o momento. A montagem experimental deve ser feita propondo cruzamentos entre os indivíduos dominantes da geração em estudo e os recessivos para o caráter, a fim de analisar a prole. Se o resultado for sementes lisas e rugosas, então a geração em estudo é heterozigótica; se todas as sementes forem lisas, então a geração é homozigótica. Eles podem montar, por exemplo, um esquema assim:



Se a primeira possibilidade for correta, espera-se que eles montem o seguinte quadro de Punnett:

Gametas	r	r
R	Rr	Rr
R	Rr	Rr

Se a segunda possibilidade for correta, espera-se que eles montem o seguinte quadro de Punnett:

Gametas	r	r
R	Rr	Rr
r	rr	rr

A questão atinge o objetivo de desenvolver habilidades de planejamento experimental, análise de resultados e justificativa científica, o que envolve a **competência geral 2** e a habilidade **EM13CNT301**.

2. O agricultor deve tornar o solo mais alcalino para alterar a cor das flores, conforme a explicação do geneticista sobre a influência do pH no fenótipo. Embora as plantas tenham o mesmo genótipo, o fenótipo (cor das flores) varia devido à acidez do solo. Essa discussão ajuda os estudantes a entenderem como o ambiente influencia a expressão genética e impacta em seus diferentes níveis (**EM13CNT202**).
3. <u>Eventos iguais e independentes</u>

   Multiplica-se a probabilidade de cada evento isolado, ou seja, a probabilidade de um gameta masculino **R** encontrar um feminino **R** ou de um gameta masculino **r** encontrar um feminino **r**:

   $P(\mathbf{R} \text{ e } \mathbf{R}) = P(\mathbf{R}) \times P(\mathbf{R}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

   $P(\mathbf{r} \text{ e } \mathbf{r}) = P(\mathbf{r}) \times P(\mathbf{r}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

   <u>Eventos diferentes em que a ordem não importa</u>

   Calcula-se a probabilidade isolada de cada evento e em seguida elas são somadas; é o caso da formação dos heterozigotos, em que há duas possibilidades: o gameta masculino **R** pode encontrar o gameta feminino **r** ou o gameta masculino **r** pode encontrar o gameta feminino **R**.

   $P(\mathbf{R} \text{ e } \mathbf{r}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

   $P(\mathbf{r} \text{ e } \mathbf{R}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

   $P(\mathbf{R} \text{ e } \mathbf{r}) \text{ ou } P(\mathbf{r} \text{ e } \mathbf{R}) = P(\mathbf{R} \text{ e } \mathbf{r}) + P(\mathbf{r} \text{ e } \mathbf{R})$

   $P(\mathbf{Rr}) = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$

   As proporções genotípicas esperadas na geração F_2 de Mendel são, portanto:

   $\frac{1}{4}\ \mathbf{RR} : \frac{2}{4}\ \mathbf{Rr} : \frac{1}{4}\ \mathbf{rr}$

   Ou, simplesmente, 1 : 2 : 1. Esse resultado coincide com o que Mendel obteve.
4. A probabilidade de que a semente lisa ocorra é dada pela soma das probabilidades dos genótipos **RR** e **Rr**.

   $P(\text{lisa}) = P(\mathbf{RR}) + P(\mathbf{Rr})$

   $P(\text{lisa}) = \frac{1}{4} + \frac{2}{4} = \frac{3}{4}$

A probabilidade de ocorrer semente rugosa em F_2 é obtida apenas pelo genótipo **rr**, que representa $\frac{1}{4}$.

As proporções fenotípicas esperadas na geração F_2 de Mendel são, portanto:

$\frac{3}{4}$ lisa $\frac{1}{4}$ rugosa

Ou, simplesmente, 3 : 1, proporções aproximadas obtidas por Mendel.

5. Como o filho expressa o fenótipo dominante, ele pode ser **AA** ou **Aa**. Portanto, a probabilidade de ele ser homozigoto dominante (**AA**) é de $\frac{1}{3}$. Trata-se de um caso de probabilidade condicional.

6. **a.** A filha com tipo sanguíneo O tem genótipo **ii**, o que significa que tanto Maria quanto João são heterozigóticos, pois um alelo vem da mãe e outro do pai. Como Maria pode doar sangue para pessoas do tipo B ou AB, isso significa que ela é do tipo B. João, que só pode doar sangue para pessoas do tipo A ou AB, ele é do tipo A. Assim, conclui-se que Maria é $\mathbf{I^Bi}$ e João é $\mathbf{I^Ai}$.

   b. Fazendo o cruzamento dos dois híbridos $\mathbf{I^Bi}$ x $\mathbf{I^Ai}$, os genótipos possíveis são $\mathbf{I^AI^B}$ (sangue AB; 25%), $\mathbf{I^Ai}$ (sangue A; 25%), $\mathbf{I^Bi}$ (sangue B; 25%) e **ii** (sangue O; 25%).

7. V; F; F; e V.

   As frases falsas, para se tornarem corretas, podem ser assim escritas:

   b. Não é possível identificar se um indivíduo é um 'falso O' por meio da tipagem sanguínea que usa apenas os soros Anti-A e Anti-B, pois tanto os indivíduos O verdadeiros quanto os 'falsos O' não apresentam aglutinação com esses soros.

   c. O loco dos alelos H e h estão em cromossomos homólogos distintos dos alelos do sistema ABO e segregam-se, assim, de modo independente.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **c**.

   Analisando a situação com base nas informações fornecidas, temos que:

   Fenilcetonúria: Doença autossômica recessiva, o alelo localiza-se em cromossomos autossômicos e não em cromossomos sexuais. Para que uma pessoa apresente a doença, ela deve possuir duas cópias do alelo mutante (genótipo **aa**).

   Mulher portadora: Significa que ela possui o alelo mutante **a**, mas não manifesta a doença, sendo assim, heterozigótica (genótipo **Aa**).

   Homem normal, mas com pai afetado pela fenilcetonúria: o termo "normal" pode ser encontrado em questões de vestibulares para se referir às pessoas sem a característica analisada; como o pai do homem tinha a doença, ele deve ter recebido um alelo mutante (**a**) de seu pai. Como ele não é afetado, ele deve ser heterozigótico, ou seja, seu genótipo também é **Aa**.

   Cruzamento:

   A mulher é **Aa** (portadora) e o homem também é **Aa** (portador). O quadro de Punnett para este cruzamento é:

Gametas	**A** (do homem)	**a** (do homem)
A (da mulher)	**AA**	**Aa** (portador)
a (da mulher)	**Aa** (portador)	**Aa** (com fenilcetonúria)

   Portanto, a probabilidade de que a quarta criança gerada por esses pais apresente fenilcetonúria é de 25%.

   Essa atividade favorece o desenvolvimento da **competência geral 2** e das habilidades **EM13CNT205**, **EM13MAT311** e **EM13MAT312**.

2. Respostas pessoais. Caso os estudantes precisem de mais orientações, mencione algumas regras para a elaboração desse problema. Por exemplo: Os problemas devem incluir todas as informações necessárias para que outros colegas possam resolvê-los (como tipo de cruzamento, características dos pais, número de descendentes analisados); os enunciados devem ser claros e bem estruturados; cada problema deve estar acompanhado da resolução completa, explicando passo a passo o raciocínio e os cálculos realizados para o momento da discussão com o colega. Esta atividade relaciona-se com a habilidade **EM13MAT312**.

3. Analisando a questão, podemos dizer que os pais possuem o genótipo $\mathbf{I^AiRr}$, pois são diíbridos. Eles produzem os seguintes tipos de gameta com as respectivas possibilidades de genótipos e fenótipos nos descendentes:

Gametas	$\mathbf{I^AR}$	$\mathbf{I^Ar}$	**iR**	**ir**
$\mathbf{I^AR}$	$\mathbf{I^AI^ARR}$ (ARh^+)	$\mathbf{I^AI^ARr}$ (ARh^+)	$\mathbf{I^AiRR}$ (ARh^+)	$\mathbf{I^AiRr}$ (ARh^+)
$\mathbf{I^Ar}$	$\mathbf{I^AI^ARr}$ (ARh^+)	$\mathbf{I^AI^Arr}$ (ARh^-)	$\mathbf{I^AiRr}$ (ARh^+)	$\mathbf{I^Airr}$ (ARh^-)
iR	$\mathbf{I^AiRR}$ (ARh^+)	$\mathbf{I^AiRr}$ (ARh^+)	**iiRR** (ORh^+)	**iiRr** (ORh^+)
ir	$\mathbf{I^AiRr}$ (ARh^+)	$\mathbf{I^Airr}$ (ARh^-)	**iiRr** (ORh^+)	**iirr** (ORh^-)

Esses resultados nos permitem organizar as proporções fenotípicas dadas do seguinte modo: 9 pertencem ao grupo A e são Rh^+; 3 pertencem ao grupo A e são Rh^-; 3 pertencem ao grupo O e são Rh^+; 1 pertence ao grupo O e é Rh^-.

Como surgiram 160 descendentes, a proporção entre eles pode estar de acordo com a proporção que destacamos acima. Sendo o número 160 dez vezes o número 16, que é o total de possibilidades genotípicas possíveis, as quais se relacionam à proporção fenotípica de 9 + 3 + 3 + 1, então, é só multiplicar tudo por dez: 90 + 30 + 30 + 10.

Os grupos sanguíneos dos filhos e o número aproximado é: 90 pertencem ao grupo A e são Rh^+; 30 pertencem ao grupo A e são Rh^-; 30 pertencem ao grupo O e são Rh^+ e 10 pertencem ao grupo O e são Rh^-.

A atividade favorece o desenvolvimento da **competência geral 2** e da habilidade **EM13CNT205**.

4. No caso de o pai da criança ser Rh^-, não haverá risco, pois ele terá genótipo rr.

   Se o pai for Rh positivo homozigótico, há 100% de chance de o filho ser Rh positivo (heterozigótico). Como a mãe foi sensibilizada pela transfusão que recebeu, a chance de o bebê apresentar a doença será 100%. Caso o pai seja heterozigótico, então a probabilidade cai para 50%, pois o filho ainda tem 50% de chance de ser Rh negativo.

5. **a.** É provável que sim, pois as bandas da eletroforese do DNA da criança que não existem no DNA da mãe estão presentes no DNA do suposto pai.
   b. A amostra de sangue é de uma terceira pessoa, pois não corresponde aos padrões nem da vítima nem do suspeito.

6. Estamos considerando um caso de monoibridismo para essa condição.
   a. No grupo 1, os casais são sensíveis ao PTC, mas tiveram filhos que são insensíveis, assim, os pais são heterozigóticos **Tt**. Nesses casos, o cruzamento pode produzir os seguintes genótipos e fenótipos nos descendentes: **TT** (sensível): 25% dos filhos; **Tt** (sensível): 50% dos filhos; e **tt** (insensível): 25% dos filhos, sendo 75% dos descendentes sensíveis e 25% insensíveis, o que a tabela evidencia em números aproximados.
   b. No grupo 2, os casais são compostos por um parceiro sensível ao PTC e outro insensível ao PTC. Isso indica que um dos pais tem o genótipo **Tt** (sensível), pois há na prole descendentes insensíveis (portanto **tt**), e o outro tem o genótipo **tt** (insensível). O cruzamento entre esses pais pode gerar os seguintes genótipos: **Tt** (sensível): 50% dos filhos, e **tt** (insensível): 50% dos filhos, sendo que a probabilidade de um casal desse grupo ter um filho que não sente o brócolis nem o agrião como tendo gosto amargo (fenótipo insensível ao PTC) é de 50%.

7. Cruzamento homem daltônico (X^dY) e mulher heterozigótica (X^DX^d) resulta nos seguintes possíveis genótipos e fenótipos para os descendentes:

Gametas	X^D (da mãe)	X^d (da mãe)
X^d (do pai)	X^DX^d (filha, sem daltonismo)	X^dX^d (filha, daltônica)
Y (do pai)	X^DY (filho, sem daltonismo)	X^dY (filho, daltônico)

   a. A probabilidade de esse casal ter um descendente do sexo masculino e daltônico é de 1 chance em 4, ou seja, 25% de probabilidade.
   b. A probabilidade de terem uma filha daltônica é de 1 chance em 4, o que representa 25% de probabilidade.

8. Espera-se que, ao final do debate, os alunos consigam compreender as complexidades envolvidas na aplicação do DNA em investigações criminais, refletindo sobre os desafios e as responsabilidades associadas ao uso dessa tecnologia.

   O fechamento proposto para o debate proporciona uma oportunidade valiosa para que os estudantes reflitam de maneira profunda sobre os pontos analisados, promovendo um diálogo contínuo e estimulando a produção de um documento significativo (o manifesto) que sintetiza as conclusões da turma.

   Os estudantes podem ser avaliados quanto a: clareza e consistência dos argumentos apresentados; capacidade de considerar e rebater os pontos de vista opostos; participação ativa e respeito às opiniões divergentes; articulação de questões éticas e legais com base nos conhecimentos científicos discutidos. Essa atividade favorece o desenvolvimento das **competências gerais 2**, **6** e **7** e das habilidades **EM13CNT302**, **EM13CNT303** e **EM13CNT304**.

Capítulo 24 Biotecnologia

A biotecnologia é uma área do conhecimento que desenvolve técnicas de manipulação de organismos com o objetivo de obter processos e produtos de interesse da sociedade. Ela vem, assim, sendo empregada pela humanidade há séculos, como nos processos de reprodução seletiva e da fermentação. Atualmente, no entanto, ela inclui um conjunto de técnicas de Biologia Molecular e Celular, que envolvem a tecnologia do DNA recombinante, clonagem, células-tronco e sequenciamento de DNA. Todas essas tecnologias têm imposto à sociedade o debate e a reflexão por seus potenciais efeitos adversos à saúde humana e ao ambiente, assim como por suas implicações éticas. Ao analisar esses temas, o capítulo relaciona-se com a **competência geral 2**, pois exercita a curiosidade intelectual e apresenta a abordagem própria das ciências para criar soluções tecnológicas, a **competência geral 7**, ao propiciar argumentação com base em fatos, dados e informações confiáveis, bem como as habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT304**, ao incentivar os estudantes a avaliar e debater situações controversas sobre a aplicação de técnicas de DNA.

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste capítulo, o estudante seja capaz de:

- entender os conceitos de biotecnologia, bem como assuntos relacionados a ela;
- explicar alguns dos avanços da biotecnologia e alguns exemplos de como eles têm sido e ainda podem ser úteis em diferentes áreas das atividades humanas, como na medicina e na produção de alimentos;
- reconhecer os benefícios da manipulação dos sistemas biológicos e também os riscos ambientais e de saúde que eles podem apresentar, entendendo a necessidade de agir sempre de forma ética e responsável ao tratar desse assunto;
- compreender que situações que envolvem manipulação do material genético, principalmente humano, geram controvérsias que precisam ser analisadas e debatidas, levando em consideração preceitos legais e éticos.

Por dentro da BNCC

- **Competências gerais:** 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 e 10
- **Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** EM13CNT104, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT304 e EM13CNT305
- **Habilidades de outras áreas do conhecimento:** EM13LGG301 (Participar de processos de produção individual e colaborativa em diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais), levando em conta suas formas e seus funcionamentos, para produzir sentidos em diferentes contextos.), EM13LGG303 (Debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, para formular, negociar e sustentar posições, frente à análise de perspectivas distintas.), EM13LP12 (Selecionar informações, dados e argumentos em fontes confiáveis, impressas e digitais, e utilizá-los de forma referenciada, para que o texto a ser produzido tenha um nível de aprofundamento adequado (para além do senso comum) e contemple a sustentação das posições defendidas.), EM13LP30, EM13CHS104 e EM13CHS106.
- **Temas contemporâneos transversais (TCT):** Ciência e tecnologia, Saúde e Trabalho

Sugestões didáticas

A foto e o texto da abertura do capítulo procuram mostrar um aspecto da biotecnologia ligado a um produto exclusivamente brasileiro. Seria interessante, nesse momento, aprofundar a questão da produção do algodão colorido e o impacto positivo da tecnologia na vida de populações vulneráveis. Para isso, analise com os estudantes o exemplo do Assentamento Margarida Maria Alves, a 100 km da capital João Pessoa (PB), em que quinze famílias de assentados cultivam o algodão colorido que vira peças de luxo para o mercado externo: ALGODÃO colorido conquista mercado internacional de moda. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** (Embrapa), 17 mar. 2015. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2565547/algodao-colorido-conquista-mercado-internacional-de-moda. Acesso em: 21 out. 2024.

Peça aos estudantes que se organizem em grupos de até cinco integrantes e busquem por duas notícias relacionadas a biotecnologia, nas quais fique evidente o uso de pelo menos uma das técnicas abordadas no Livro do estudante. Esclareça que eles deverão apresentar as notícias aos outros grupos, explicando a técnica utilizada em detalhes, o que favorece o TCT **Ciência e Tecnologia**. Esta atividade contempla as habilidades **EM13CNT302** e **EM13CNT303**.

Resoluções e comentários

Aplique e registre

1. O mecanismo natural das enzimas de restrição em procariontes, que corta o DNA viral em sequências específicas, foi adaptado para a manipulação do DNA de todos os seres vivos em laboratórios de Biologia Molecular. Isso foi possível porque as bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina e guanina) do DNA são as mesmas em todos os organismos e se emparelham da mesma forma, independentemente da espécie.
2. A simetria palindrômica garante que o corte pelas enzimas de restrição ocorra da mesma maneira em ambas as fitas de DNA, resultando em fragmentos com extremidades que podem se emparelhar facilmente com fragmentos cortados pela mesma enzima, independentemente da origem do DNA.
3. Comparado aos métodos tradicionais, como a extração de insulina de pâncreas de animais ou somatotropina de hipófises de cadáveres, as vantagens são: a produção é mais segura, redução de reações alérgicas (pois o hormônio é idêntico ao humano), é mais ética (dispensando o uso de animais ou cadáveres) e pode ser realizada em escala industrial, garantindo um fornecimento mais estável e econômico dos medicamentos.
4. O CRISPR/Cas9 é uma técnica revolucionária de edição genética que permite aos cientistas modificar o DNA de organismos com alta precisão. O termo "CRISPR" significa "Repetições Palindrômicas Curtas agrupadas e Regularmente Espaçadas", que são sequências de DNA que servem como um sistema de defesa em bactérias contra invasões de vírus. O "Cas9" é uma proteína que atua como uma tesoura molecular. Funciona da seguinte maneira: a sequência genética que se deseja alterar é identificada, e o Cas9, em seguida, corta o DNA nesse local específico, permitindo aos cientistas realizar as modificações desejadas.
5. **a.** Correta; justificativa: A terapia gênica realmente envolve a substituição ou inserção de um gene funcional nas células-alvo para corrigir ou compensar o efeito de um gene inativo ou disfuncional.
   b. Incorreta: correção: O objetivo principal da terapia gênica é corrigir ou substituir genes disfuncionais em células-alvo, enquanto a produção de antígenos para estimular o sistema imunológico é mais relacionada a imunoterapia ou vacinas de RNA ou de DNA.
   c. Correta; justificativa: A terapia gênica frequentemente utiliza vetores virais ou plasmidiais (não virais) para entregar o gene terapêutico às células-alvo;
   d. Correta; justificativa: Este é um dos principais objetivos da terapia gênica: compensar ou corrigir o alelo mutado que causa a doença genética, introduzindo um alelo funcional nas células-alvo, podendo restaurar a função normal da célula.
6. Essas moléculas não se incorporam ao DNA das células humanas e após um curto tempo dentro das células, elas são degradadas. São vacinas seguras que não alteram o material genético humano.
7. Sim, elas são transgênicas, pois contêm genes de outros organismos.
8. O estudo do proteoma é fundamental porque fornece informações sobre as proteínas que estão realmente expressas em uma célula em um determinado momento. Ao contrário do genoma, que é constante em todos os tipos de célula de um organismo, o proteoma varia de acordo com a atividade dos genes e as modificações pós-traducionais das proteínas em resposta a condições ambientais específicas. Isso permite uma compreensão mais abrangente da função celular e das respostas a estímulos externos, como a ação de drogas, condições patológicas e diferenciação celular.
9. Os *BioBricks* facilitam a construção de novos sistemas biológicos porque são blocos de construção de DNA padronizados, projetados para serem facilmente combinados entre si.
10. A metagenômica é uma abordagem que permite o estudo do material genético de comunidades biológicas diretamente no ambiente em que elas ocorrem, sem a necessidade de cultivar os organismos em laboratório.

    A genômica tradicional examina o material genético de uma única espécie sob condições controladas; a metagenômica captura uma amostra do material genético de uma comunidade inteira, fornecendo informações sobre a diversidade e as interações de múltiplas espécies em um ambiente específico.
11. A biofortificação é importante para a saúde pública porque aumenta o teor de nutrientes e vitaminas em alimentos cultivados, o que ajuda a combater deficiências nutricionais, melhorando a saúde da população (TCTs **Ciência e tecnologia** e **Saúde**).

Trabalho e juventudes

Após a leitura do título desta seção e de sua introdução, aproveite o momento para verificar se os estudantes têm uma ideia estereotipada dos cientistas. Pergunte aos estudantes se eles perceberam, ao lerem os capítulos deste livro, a presença de mulheres cientistas sendo valorizada. Espera-se que eles tenham percebido que muitos foram os casos em que isso ocorreu. Retome com eles exemplos de mulheres na ciência que foram apresentados na obra, como fotos de pesquisadoras e/ou citações de seus trabalhos, bem como o **Em foco** do capítulo 21, sobre o Efeito Matilda. Reforce que a presença de jovens, negros e mulheres no meio científico vem sendo alvo de iniciativas diversas, visando reduzir a discriminação, como os projetos Astrominas, Minas programadoras, Meninas na Ciência e Projeto Afro Cientista. Incentive os estudantes a conhecer esses projetos, bem como outros que possam pesquisar em fontes diversas de consulta.

1. Ao interpretar o gráfico, os estudantes devem compreender que cada barra dividida com uma parte vermelha e outra parte verde representa a quantidade de títulos de doutorado, sendo informados os números relativos (em porcentagem) de mulheres e homens e os respectivos números absolutos de títulos entre parênteses. Eles deverão, então, somar os números absolutos de título de mulheres e homens de cada área para saber em qual delas houve maior número de títulos de doutorado no ano de 2019. Na área de Ciências Exatas e da terra, o total de títulos de doutorado obtidos por homens e mulheres no ano de 2019 corresponde a 2.140 (769 + 1.371). Em Engenharias, foram obtidos um total de 2.245 títulos; em Ciências Sociais Aplicadas, foram 2.462; na área de Ciências Humanas, foram 4.091 títulos; em Ciências Agrárias, foram 2.833; em doutorados multidisciplinares, foram 2.406; em Ciências Biológicas, foram 2.138; em Linguística, Letras e Artes, foram 1.631; e em Ciências da Saúde, foram 4.334 títulos. Dessa forma, a área que teve a maior quantidade de cientistas com o título de doutorado foi Ciências da Saúde, com 4.334 doutores no ano de 2019, seguida pela área de Ciências Humanas, com 4.091 doutores.
2. Para saber como é a formação acadêmica de um estudante que ingressou na universidade, os estudantes podem conversar com familiares, pesquisar em fontes confiáveis (*sites* de universidades e do Ministério da Educação – MEC –, por exemplo) ou realizar entrevista com cientistas, com sua coordenação. Com essas estratégias, espera-se que compreendam que um graduado pode optar por fazer cursos de pós-graduação *lato sensu* (especializações e/ou *Master Business Administration* – MBA, com obtenção de certificados) ou de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado, com obtenção de títulos de mestre e doutor, respectivamente), sempre com a orientação de um pesquisador com título de doutor. No doutorado, a pesquisa tem que ser original, e o doutorando tem mais autonomia, ampliando seu preparo para a carreira profissional como pesquisador. Por essa razão, o título de doutorado é utilizado como balizador referencial da formação de cientistas no país.
3. Considerando todos os títulos de doutorado obtidos em 2019 (24.280), a maioria foi obtida por mulheres (55%). Separando por área, é possível notar que, na área de Ciências Exatas e da terra e na área de Engenharias, a participação das mulheres é bastante desigual em relação à média de todas as áreas. Esses dados indicam que, em algumas áreas, ainda não foi atingida a equidade; nessas áreas pode-se supor que exista o Efeito Matilda.
4. Essa atividade permite o trabalho em consonância com o **ODS 5** e tem como objetivo que os estudantes reflitam sobre a necessidade e eficácia da criação de um dia internacional para estimular a atuação das mulheres na Ciência e abrir o debate sobre medidas que poderiam favorecer a equidade de gêneros, inclusive no espaço escolar. Essa atividade possibilita o desenvolvimento do TCT **Trabalho** e das **competências gerais 2**, **6**, **7** e **9**. Se possível, avalie e proponha a implementação de algumas medidas sugeridas pelos estudantes para promover a equidade de gênero no ambiente escolar.
5. Respostas pessoais. Espera-se que os estudantes tenham compreendido a importância desse assunto e do estabelecimento do Dia Internacional das Mulheres e Meninas na Ciência para que possam pensar e elaborar o *slogan* e transmitir essa compreensão a todos, levando o debate para a sociedade. Com essa atividade, são trabalhadas as **competências gerais 4**, **5**, **7**, **9** e **10** e a habilidade **EM13CNT302**.

Atividades de fechamento

1. Alternativa **d**. Os camundongos são transgênicos, pois foram geneticamente modificados para expressar um gene de um organismo diferente (a água-viva).
2. Alternativa **c**. A vacina de RNAm funciona introduzindo sequências de RNAm que codificam proteínas virais específicas no citoplasma das células humanas: a proteína *spike* do SARS-CoV-2, ativando a resposta imunitária e a resposta antigênica. Essa atividade reforça o trabalho com a meta 3.b do **ODS 3**: "Apoiar a pesquisa e o desenvolvimento de vacinas e medicamentos para as doenças transmissíveis e não transmissíveis [...]".
3. Alternativa **e**. O SARS-CoV-2 é um vírus de RNA, e a PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) tradicionalmente amplifica DNA, não RNA. Para que o material genético do vírus possa ser amplificado pela PCR, o RNA viral precisa ser convertido em DNA complementar (cDNA) por meio de uma etapa de transcrição reversa.
4. Alternativa **e**. O sucesso da terapia se baseia na expressão do gene inserido, que resulta na produção da proteína funcional (ou enzima) necessária para o correto funcionamento das células da retina. Essa atividade reforça o trabalho com metas do **ODS 3**.
5. Resposta: as afirmativas **a** e **b** estão corretas, mas a **c** está incorreta. A correção pode ser feita do seguinte modo: Os *BioBricks* são segmentos de DNA padronizados que funcionam como blocos de construção para a criação de circuitos genéticos, não proteínas.
6. O clone produzido no experimento terá essencialmente as características genéticas do jumento, já que o núcleo transplantado da célula somática do jumento contém seu DNA nuclear completo, que define as principais características genéticas do organismo. Seria interessante lembrar que, embora o ovócito da zebra contenha o DNA mitocondrial, que será herdado pelo clone, a maior parte das características será determinada pelo DNA nuclear do jumento, que é o responsável pela maioria das informações genéticas.
7. **a.** A puromicina tem ação antibiótica porque se assemelha ao tRNA e interfere na síntese de proteínas bacterianas. Ela se liga à cadeia proteica em formação, impedindo a adição de novos aminoácidos, resultando em proteínas truncadas e não funcionais. Assim, a massa molecular média das proteínas bacterianas será menor na presença de puromicina, pois elas serão interrompidas prematuramente.
   b. A taxa de sobrevivência de células modificadas geneticamente será maior, pois elas produzirão uma enzima que degrada a puromicina, neutralizando seu efeito antibiótico.

Isso permite que as células continuem a se reproduzir normalmente. Já as células não modificadas, sem a capacidade de destruir a puromicina, terão sua taxa de sobrevivência reduzida devido aos efeitos tóxicos do composto.

8. Os estudantes podem propor a utilização de técnicas de melhoramento genético tradicional por reprodução seletiva, para desenvolver variedades de plantas locais que sejam mais ricas em nutrientes e vitaminas. Com isso, estariam fazendo a biofortificação por técnicas tradicionais. Isso aumenta a disponibilidade de alimentos com maior teor de nutrientes, ajudando a combater deficiências nutricionais e melhorar a saúde geral dos residentes. Essa atividade propicia o trabalho com o **ODS 2**.
9. Resposta pessoal. Oriente os estudantes a explorar diversas fontes confiáveis de pesquisa sobre as plantas transgênicas, incentivando o uso de artigos científicos, reportagens e materiais didáticos. Durante a atividade, é importante estimular o pensamento crítico, pedindo aos estudantes que considerem tanto aspectos científicos quanto sociais, econômicos e ambientais para os prós e os contras. Essa questão propicia o trabalho com as **competências gerais 1**, **4**, **5**, **7** e **10** e as habilidades **EM13CNT302**, **EM13CNT303** e **EM13CNT304**.
10. Esperamos que essa atividade contribua para expandir o tema tratado, auxiliando os estudantes a reconhecer o vasto repertório de aplicações atuais que envolvem técnicas metagenômicas. É interessante ressaltar a importância de consulta em fontes seguras e oficiais.
11. Os estudantes podem ser incentivados a seguir algumas etapas: pesquisar e fazer a curadoria de informações; apresentar as informações para os grupos e montar um painel de discussão; elaborar coletivamente o relatório; divulgar o relatório em página da internet. Se possível, uma discussão de fechamento pode ser conduzida como forma de evidenciar quais aplicações foram mais pesquisadas e identificar elementos em comum entre os exemplos discutidos.

    Espera-se que os principais assuntos tratados estejam relacionados aos avanços e aplicações da genômica moderna e aos dilemas éticos, principalmente sobre o uso de células germinativas humanas. Sugerimos a mediação da apresentação dos grupos e da discussão final a fim de esclarecer questões e fomentar decisões democráticas. Também sugerimos incentivar o caráter propositivo do material final, sempre de acordo com aspectos de biossegurança. Essa atividade favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT301**, **EMCNT304**, **EM13LGG301**, **EM13LGG303** e **EM13LP12**.

Reflita sobre seu aprendizado

Solicite aos estudantes que também utilizem as perguntas dessa seção para autoavaliar suas compreensões sobre as principais ideias discutidas nesta unidade. Proponha a eles que retomem as respostas da seção **Pense nisso!** que elaboraram no início do estudo dessa unidade e as reescrevam com base nos conhecimentos atuais sobre os temas estudados. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando, portanto, a mobilização das **competências gerais 1** e **6**. As diferentes atividades propostas ao longo dos capítulos podem ser usadas para avaliação formativa, possibilitando o acompanhamento das aprendizagens e servindo de subsídios para as intervenções necessárias de acordo com as diferentes realidades e possibilidades de salas de aula. A seção **Atividades de fechamento**, ao final de cada capítulo, visa avaliar a aprendizagem dos estudantes em relação aos principais conteúdos abordados, incluindo também atividades de vestibular, a fim de preparar os estudantes para exames de larga escala.

Educação midiática

A seção tem como objetivos que os estudantes desenvolvam as habilidades de:

- entender os elementos básicos de uma campanha de utilidade pública, conectados com as possibilidades de formatos e canais de comunicação digitais e impressos para informar, de forma inclusiva e educativa, a comunidade escolar;
- analisar campanhas de divulgação com temas de interesse público da sociedade civil;
- explorar diferentes abordagens pedagógicas proporcionadas pelas tecnologias de informação e comunicação;
- estimular uma cultura de aprendizagem que promova a curiosidade e o interesse contínuo no tema;
- mediar e orientar práticas éticas, legais e seguras no ambiente digital e fora dele;
- realizar ações engajadoras, encorajando os estudantes a participarem da sociedade e contribuírem de forma crítica, ética e responsável.

A seção possibilita o trabalho com as **competências gerais 4**, **5**, **6**, **7**, **9** e **10** e as habilidades **EM13LP29** (Resumir e resenhar textos, por meio do uso de paráfrases, de marcas do discurso reportado e de citações, para uso em textos de divulgação de estudos e pesquisas.), **EM13LP32** e **EM13LP34**.

Nesta seção, o tema é segurança digital: produção de dados e compartilhamento de informações pessoais de forma ética e responsável. Nosso objetivo é investigar o papel da mídia na defesa da proteção de dados pessoais e na orientação de como buscar a garantia de direitos no caso de algum tipo de invasão ou vazamento de informação no ambiente virtual.

A respeito das questões iniciais, podem ser levantados os seguintes aspectos:

1. Os testes genéticos são realizados a partir da coleta de amostras biológicas, como sangue ou saliva. A análise envolve o estudo das sequências das bases nitrogenadas do DNA, dos padrões de repetição de bases e de possíveis mutações em genes específicos.
2. Investigar a própria ancestralidade, detectar a predisposição a determinados problemas de saúde, identificar perfis biológicos que permitam ajustar hábitos do indivíduo, como a alimentação, participar de pesquisas científicas.
3. Dados genéticos roubados podem ser usados para fins discriminatórios ou criminosos. Por exemplo, seguradoras de saúde ou vida poderiam recusar cobertura ou aumentar os prêmios com base em predisposições a doenças identificadas nos testes. Empresas podem discriminar na contratação com base em informações genéticas. Além disso, dados de ancestralidade podem ser explorados por grupos que promovem ideologias racistas, criando riscos à segurança e ao bem-estar das vítimas.
4. Se os estudantes não conhecerem exemplos, seria interessante que você apresentasse alguns casos reais.
5. É possível que os estudantes mencionem elementos da legislação, como o Marco Civil da Internet (que tem como um de seus principais pilares estruturantes a privacidade e a proteção dos dados pessoais no meio digital) e a Lei Geral de Proteção aos Dados Pessoais (LGPD, que regulamenta o uso, a proteção e o compartilhamento de dados pessoais; determina direitos dos cidadãos sobre seus dados; define critérios e requisitos a serem seguidos por instituições privadas e públicas no tratamento de dados pessoais). Pesquisas científicas que envolvem seres humanos devem seguir as resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que já regulamentavam essas práticas antes da LGPD.

6. Ler cláusulas contratuais da política de privacidade e tratamento dos serviços oferecidos e dos dados armazenados antes de autorizar os testes genéticos (consentimento do titular para coleta e tratamento de seus dados pessoais). Conhecer canais de comunicação que forneçam orientação e espaço para denúncia de cibercrimes. Realizar campanhas de utilidade pública que orientem a sociedade. Exigir medidas das empresas de testes genéticos, como verificação de *login* em duas etapas, e cobrar responsabilidade em caso de os dados genéticos serem vendidos com outros ativos em caso de venda da empresa. Cobrar fiscalização dos órgãos públicos.

   Para ampliar o repertório dos estudantes, oriente-os a pesquisar casos de vazamento de informações pessoais relacionados a testes genéticos comerciais e pesquisas científicas, analisando seus impactos e consequências para os usuários, além dos interesses de organizações privadas. Após a pesquisa, coordene um debate sobre os dados obtidos, guiando a discussão com tópicos como consumidores desses produtos, canais de comunicação utilizados e narrativas das mídias sociais.

   Ressalte a importância da leitura das políticas de privacidade, incentivando os estudantes a analisar a linguagem dos *sites* e materiais. Estimule-os a refletir sobre a compreensão das cláusulas contratuais e a investigar casos de invasão de privacidade. Durante a discussão, os estudantes podem abordar denúncias comuns e medidas preventivas para evitar vazamentos de dados pessoais.

   Incentive uma conversa sobre cidadania e segurança digital, discutindo os mecanismos de denúncia e a proteção da privacidade. Explore as principais legislações que garantem a segurança e privacidade de dados, especialmente em relação a grupos vulneráveis, e os recursos disponíveis para a sociedade civil.

   Por fim, oriente os estudantes na criação de um fôlder informativo com conteúdo esclarecedor, contendo um passo a passo sobre checagem de compartilhamento de dados pessoais, quando necessário, dicas de locais seguros para orientações de criação de senhas, por exemplo, e, no caso de vazamento de dados, quais canais buscar, como a Autoridade Nacional de Proteção de Dados, do Ministério da Justiça e Segurança Pública (disponível em: https://www.gov.br/anpd/pt-br. Acesso em: 4 out. 2024).

Ao final da seção são apresentados alguns critérios para a autoavaliação dos estudantes. Caso considere pertinente, monte uma tabela de rubricas considerando os níveis de desempenho: avançado, adequado, satisfatório e insuficiente para cada critério sugerido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, K. R. A. **Taxonomy for learning, teaching and assessing**: a revision of Bloom's taxonomy or educational objectives. New York: Longman, 2001.

O livro traz uma revisão da taxonomia de Bloom, que explora os currículos de três perspectivas únicas: psicólogos cognitivos, especialistas em currículo e formadores de professores.

ANDRÉ, C. F. O pensamento computacional como estratégia de aprendizagem, autoria digital e construção da cidadania. **Teccogs** – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 18, p. 94-109, jul./dez. 2018.

O artigo tem como proposta instigar como o pensamento computacional, na escola, favorece a revisão das próprias produções em um processo de ideias.

ARREDONDO, S. C.; DIAGO, J. C. **Avaliação educacional e promoção escolar**. Curitiba: Editora Intersaberes, 2013.

O livro discorre sobre a evolução do conceito, abordagens, estrutura, funções, objetivos, âmbitos e circunstâncias.

ARROIO, A. Is media literacy an urgent issue in education for all? **Problems of education in the 21st century**, v. 75, n. 5, p. 416-418, 2017.

O artigo traz uma reflexão sobre como as novas tecnologias poderiam ser usadas para fornecer acesso e engajamento nos programas de aprendizagem para todos os grupos sociais.

AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, 2007.

Artigo sobre o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) dentro do contexto do ensino de Ciências no Brasil.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Penso, 2018.

O livro apresenta práticas pedagógicas, em Educação Básica e Superior, que valorizam o protagonismo dos estudantes.

BARBOSA, R. R. B. ***Exoplanetologia*** *– Em busca de um planeta habitável*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Curricular pela Astronomia). Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP). Porto. 2015. Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/78508/2/34592.pdf. Acesso em: 2 set. 2024.

Dissertação de mestrado que contém explicações concisas sobre a tecnologia envolvida na busca por planetas em zonas habitáveis e os critérios que os tornam candidatos à exploração espacial.

BAZZO, W. A.; LISINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. (ed.). Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). *Cadernos de Ibero América. OEI* – Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, Madrid, 2003.

Livro que analisa os conceitos de Ciência, tecnologia e sociedade, assim como as relações entre eles.

BERLAND, L. K.; HAMMER, D. Framing for scientific argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 1, p. 68-94, 2012.

O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa cujo objetivo era entender como estudantes argumentam quando experimentam a necessidade de persuadir indivíduos com visões contrárias às deles.

BIODIVERSIDADE e serviços ecossistêmicos. **Plataforma brasileira de biodiversidade e serviços ecossistêmicos**, nov. 2018. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=uREl2CzWDPk. Acesso em: 23 out. 2024.

Vídeo que aborda como vários de nossos hábitos dependem da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

BORBA, G. S.; LESNOVSKI, M. M. **Transformando a sala de aula**: ferramentas do *design* para engajamento e equidade. Porto Alegre: Penso, 2023.

Livro que aborda a inovação educacional focada em diversidade, equidade e inclusão, utilizando o pensamento e ferramentas do *design*.

BORELLI, S. H. S.; FREIRE FILHO, J. (org.). Culturas juvenis no século XXI. **Revista de Antropologia**, v. 52, n. 1, São Paulo: USP, 2009. Disponível em: https://revistas.usp.br/ra/article/view/27340/29112. Acesso em: 2 nov. 2024.

O artigo apresenta uma série de pesquisas sobre práticas juvenis no Brasil e busca oferecer um panorama das transformações dos modos de ser jovem no início deste século.

BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de Implementação do Novo Ensino Médio**. Disponível em: https://anec.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Guia-de-implantacao-do-Novo-Ensino-Medio.pdf. Acesso em: 2 nov. 2024.

O documento traz os fundamentos para a implementação da nova proposta para a etapa do Ensino Médio enfatizando a importância do uso de instrumentos diversificados para avaliação do ensino-aprendizagem.

BRASIL. Ministério da Educação. **Novo Ensino Médio – perguntas e respostas**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensinomedio-duvidas. Acesso em: 15 set. 2024.

O documento reúne as perguntas mais frequentes sobre o novo Ensino Médio e as respectivas respostas.

BRASIL. Ministério da Educação. Proposta de diretrizes para a formação inicial de professores da Educação Básica, em cursos de nível superior, 2000. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ed_basdire.pdf. Acesso em: 15 set. 2024.

O documento propõe uma formação, nos cursos de Ensino Superior, mais condizente com os desafios do mundo atual.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília: MEC/SEB, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 2 nov. 2024.

Trata-se de um documento normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica.

BRASIL. Ministério da Educação. **Temas Contemporâneos Transversais na BNCC**: propostas de práticas de implementação, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 2 nov. 2024.

O documento explica a necessidade de abordar esses temas nas escolas mostrando que pode-se aumentar o interesse dos estudantes no seu desenvolvimento como cidadão.

CARVALHO, A. M. P. Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. *In*: GATICA, M. Q.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (eds.). **Enseñar ciencias en el nuevo milenio**: retos e propuestas. Santiago: Universidade Católica de Chile, 2006.

O artigo mostra que não é apenas o produto das Ciências que deve ser transmitido às novas gerações, mas também o processo de construção das Ciências e a cultura científica.

CARVALHO, A. M. P. *et al*. **Termodinâmica**: um ensino por investigação. São Paulo: Feusp/Capes, 1999.

O artigo discorre sobre a averiguação das vantagens de usar o ensino por investigação.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

Livro que discute diferentes tipos de raciocínio científico, como a indução e a dedução, além de questões relacionadas à Filosofia da Ciência.

CENSO do IBGE mostra que pretos, pardos e indígenas têm menos acesso a saneamento básico. **SINTRAJUFE RS**, 23 fev. 2024. Disponível em: https://sintrajufe.org.br/censo-do-ibge-mostra-que-pretos-pardos-e-indigenas-tem-menos-acesso-a-saneamento-basico/. Acesso em: 25 set. 2024.

Matéria mostra que, embora o acesso a saneamento tenha aumentado no Brasil, populações negras e indígenas ainda são as menos contempladas.

COMO a Ciência busca alternativas para reduzir os agrotóxicos? Minas Gerais: **Outra Estação**, 19 set. 2019. Disponível em: https://ufmg.br/comunicacao/noticias/como-a-ciencia-esta-buscando-alternativas-para-agrotoxicos. Acesso em: 28 set. 2024.

Episódio do *podcast Outra Estação* que trata de impactos da liberação e reclassificação de agrotóxicos e de alternativas ao uso deles.

CORTESÃO, L. Formas de ensinar, formas de avaliar. Breve análise de práticas correntes de avaliação. *In*: ABRANTES, P.; ARAÚJO, F. (coord.). **Reorganização Curricular do Ensino Básico**. Avaliação das Aprendizagens – Das concepções às práticas. Lisboa: Ministério da Educação. Departamento da Educação Básica, 2002.

A autora desenvolve a noção de que diferentes concepções de escola exigem diferentes modelos avaliativos e oferece subsídios para a aplicação de avaliações diagnósticas, formativas e somativas.

COSTA, A. C. G. da. **Pedagogia da presença**: da solidão ao encontro. Belo Horizonte: Modus Faciendi, 2001.

O livro é uma ferramenta de qualificação das relações humanas, como ética de acolhimento, respeito e empatia para com as pessoas.

COSTA, A. C. G. da; VIEIRA, M. A. **Protagonismo juvenil**: adolescência, educação e participação democrática. Salvador: Fundação Odebrecht, 2000.

O livro tem como objetivo instrumentalizar os profissionais que lidam com o desenvolvimento pessoal e social do jovem.

DAMINELI, A.; DAMINELI, D. S. C. Origens da vida. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 263-284, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/7YByCSpwXRnY4tWxVK39bQB/?lang=pt. Acesso em: 2 set. 2024.

Artigo em que é feita uma revisão sobre os principais aspectos relacionados à vida e à sua origem.

DEWEY, J. **Lógica**: teoría de la investigación. México: Fondo de Cultura Económica, 1950.

O livro demonstra que a aprendizagem deve partir da lógica, caracterizada como teoria da investigação.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

O artigo traz práticas pedagógicas que valorizam o protagonismo dos estudantes e que estão relacionadas com as teorias que lhes servem de suporte, além de apresentar as alterações necessárias na prática docente por ocasião do uso de metodologias ativas.

ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (eds.). **Argumentation in Science Education**: Perspectives from Classroom-based Research. United Kingdom: Springer.

Combinando perspectivas teóricas e práticas relevantes, o livro agrupa artigos de renomados pesquisadores na área de argumentação no ensino de Ciências.

FAZENDA, I. C. A. *Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro*: efetividade ou ideologias. 6. ed. São Paulo: Loyola, 2011.

Por meio de pesquisas sobre a legislação brasileira e aspectos teóricos da interdisciplinaridade (como sua utilidade, sua aplicabilidade e seus obstáculos), esse livro traz uma visão geral sobre "integração" e "interdisciplinaridade" na educação.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 14, n. 3, jul./set. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cebape/a/hvbYDBH5vQFD6zfjC9zHc5g/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 23 out. 2024.

Artigo que analisa os conceitos de "sustentável", "sustentabilidade" e "desenvolvimento sustentável".

FEISTEL, R. A. B.; MAESTRELLI, S. R. P. Interdisciplinaridade na formação de professores de Ciências Naturais e Matemática: algumas reflexões. **VII Enpec**, Florianópolis, nov. 2009.

Artigo que discute a interdisciplinaridade embasado em referenciais teóricos e documentos oficiais normativos e com foco na formação de professores na UFMT.

FERNANDES, D. Avaliação formativa. *In*: GONTIJO, S. B. F.; LINHARES, V. L. C. N. (org.) **Dicionário de avaliação educacional**. Brasília: Editora IFB, 2023. Disponível em: https://arquivorevistaeixo.ifb.edu.br/index.php/editoraifb/issue/view/178. Acesso em: 15 set. 2024.

Dicionário que reúne termos relacionados à avaliação educacional, elaborado a partir de discussões sobre o tema realizadas pelo Grupo de Estudos e Pesquisas em Organização do Trabalho Pedagógico e Formação Docente, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília.

FERNANDES, D. Para uma teoria da avaliação no domínio das aprendizagens. **Estudos em avaliação educacional**, v. 19, n. 41, set./dez. 2008, p. 347-372. Disponível em: https://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/eae/arquivos/1454/1454.pdf. Acesso em: 15 set. 2024.

O artigo discute o processo de construção teórica da avaliação escolar, conceituando a avaliação formativa alternativa e estabelecendo conexões entre ela e o modelo somativo.

FERRARI, A. C.; MACHADO, D.; OCHS, M. **Guia da Educação Midiática**. 1. ed. São Paulo: Instituto Palavra Aberta, 2020. Disponível em: https://educamidia.org.br/guia. Acesso em: 23 out. 2024.

Guia destinado a educadores sobre o preparo de crianças e jovens na relação com as mídias.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017. Disponível em: https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/312/pdf. Acesso em: 15 set. 2024.

Artigo científico que traça um panorama das ações tomadas por um professor que permitiram instaurar e mediar a produção de argumentos pelos estudantes em sala de aula.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança**: um reencontro com a Pedagogia do oprimido. 16. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2009.

O autor faz uma reflexão sobre o livro *Pedagogia do oprimido*, publicado em 1968 durante o seu exílio no Chile, e analisa suas experiências pedagógicas em quase três décadas nos mais diferentes países.

FUNDO DE POPULAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (UNFPA). **Um trabalho inacabado**: a busca por direitos e escolhas para todos e todas. Situação da População Mundial 2019. Disponível em: https://brazil.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/situacao_da_populacao_mundial_final.pdf. Acesso em: 24 out. 2024.

Relatório que trata do esforço multilateral pelos direitos reprodutivos das mulheres.

HADJI, C. **Avaliação desmistificada**. Tradução de Patrícia C. Ramos. Porto Alegre: Artmed, 2001.

O autor discute aspectos ideológicos e filosóficos, propondo-se a trazer para a realidade aquilo que frequentemente é idealizado a respeito das avaliações formativas.

HUGHES, G. Introducing ipsative assessment and personal learning gain: voices from practitioners and the themes of the collection. *In*: HUGHES, G. (ed.). **Ipsative assessment and personal learning gain**: exploring international case studies. London: Palgrave Macmillan, 2017.

O capítulo apresenta a avaliação ipsativa como uma abordagem diametralmente oposta a visões meritocráticas e propostas homogeneizadoras de avaliação escolar.

IDEC. MENTIRA Verde: um guia para o consumidor não se deixar enganar pelas práticas de *greenwashing* das empresas. São Paulo, Idec. Disponível em: https://idec.org.br/greenwashing. Acesso em: 23 out. 2024.

Guia que orienta o consumidor a identificar estratégias de *greenwashing* e que concede acesso a uma pesquisa inédita do Idec sobre essa prática.

KLOSTERMAN, M. L.; SADLER, T. D.; BROWN, J. Science teachers' use of mass media to address socio-scientific and sustainability issues. **Research in Science Education**, v. 42, n. 1, p. 51-74, 2012.

Esse estudo investiga os usos, relatados e reais em sala de aula, dos meios de comunicação de massa pelos professores secundários de Ciências para explorar questões sociocientíficas e de sustentabilidade.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. São Paulo: Edusp, 2004.

O livro procura acompanhar o crescimento das pesquisas na área e a expansão e o aprofundamento dos estudos sobre o aprendizado dos estudantes, mantendo, no entanto, suas características de instrumento de consulta e estudo.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

O livro faz uma análise das tendências presentes no ensino básico de Ciências, levando em consideração o que realmente é essencial para que o objetivo do seu ensino seja realmente alcançado.

LABORATÓRIO de Estudos Evolutivos Humanos. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva da USP. Disponível em: https://evolucaohumana.ib.usp.br/. Acesso em: 23 out. 2024.

Página que disponibiliza material sobre a história da evolução humana.

LIMA, L. F.; SANTOS, A. G. F.; D'ESCOFFIER, L. N.; SANTOS, T. C.; CHRISPINO, A. A interdisciplinaridade em CTS: um estudo da produção científica voltada para o ensino de ciências com análise bibliométrica e de redes. **Revista Eletrônica DECT**, v. 8, n. 1, p. 20-54, abr. 2018. Disponível em: https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/1050. Acesso em: 16 out. 2024.

Artigo que analisa a produção científica nacional (de 1996 a 2016) sobre interdisciplinaridade e contextualização sob a perspectiva CTS voltada para o ensino de Ciências.

LINDEMANN, R. H. *et al*. Biocombustíveis e o ensino de Ciências: compreensões de professores que fazem pesquisa na escola. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 1, 2009. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen08/ART18_Vol8_N1.pdf. Acesso em: 23 out. 2024.

Artigo que analisa a compreensão de professores de Ciências sobre a temática dos biocombustíveis, propondo reflexões para formação inicial e continuada dos docentes.

LINSINGEN, L. V. **Metodologia de ensino de Ciências e Biologia**. Florianópolis: Biologia/EaD/UFSC, 2010. Disponível em: https://antigo.uab.ufsc.br/biologia//files/2020/08/Metodologia-do-Ensino-de-Ci%C3%AAncias-e-Biologia.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

O livro aborda algumas metodologias e práticas pedagógicas, bem como materiais e recursos didáticos para o ensino de Ciências e Biologia no contexto brasileiro. O objetivo principal do livro é orientar professores da área sobre estratégias para ensinar e aprender Ciências e Biologia na Educação Básica.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem**: componente do ato pedagógico. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

O livro oferece condições para melhor compreender o ato de avaliar a aprendizagem dos estudantes e, dessa forma, orientar uma prática mais adequada às suas finalidades.

MACHADO, E. F. **Fundamentação pedagógica e instrumentação para o ensino de Ciências e Biologia**. Curitiba: InterSaberes, 2020.

Livro que explora maneiras de ensinar, aprender e praticar Ciência, com base em estudos teóricos e práticos.

MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, 2012. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/c3a5/6d3136511e2012fde0b975c503ecf40ae332.pdf. Acesso em: 2 nov. 2024.

O artigo propõe uma construção teórica de categorias para as perguntas feitas pelo professor de Ciências em aulas investigativas, levando em conta o conceito de ciclo argumentativo.

MALBERGIER, A.; AMARAL, R. A. **Conceitos básicos sobre o uso abusivo e dependência de drogas**. São Luís: UNASUS/UFMA, 2013. Disponível em: https://ares.unasus.gov.br/acervo/html/ARES/2046/3/Mod%2003%20UNIDADE%2001.pdf. Acesso em: 24 out. 2024.

Material que apresenta conceitos sobre o uso de drogas lícitas e ilícitas.

MARTINO, L. M. S. **Teorias das mídias digitais**: linguagens, ambientes e redes. Petrópolis: Vozes, 2014.

O livro faz um mapeamento dos conceitos e das teorias relacionadas a cibercultura, cultura digital, internet ou mídias digitais e apresenta os eixos temáticos dessas mídias dentro da comunicação.

MEYER, D. Quais fatores determinam a diversidade genética em animais. **Darwinianas**, set. 2006. Disponível em: https://darwinianas.com/2016/09/27/quais-fatores-determinam-a-diversidade-genetica-em-animais/. Acesso em: 23 out. 2024.

Artigo que explora a variabilidade genética no contexto da Biologia Evolutiva.

MORAES, J. U. P. *et al*. Avaliação baseada na aprendizagem significativa por meio de mapas conceituais. **VIII Enpec**, Campinas, 2011.

O artigo busca fazer uso de mapas conceituais para avaliar o aprendizado dos estudantes, identificando se esse aprendizado ocorreu de forma significativa.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. 2012. Instituto de Física, UFRGS, –2012. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf. Acesso em: 15 set. 2024.

O artigo mostra uma fundamentação teórica e alguns exemplos de mapas conceituais, particularmente na área de Ciências. Eles são propostos como uma estratégia potencialmente facilitadora de aprendizagem significativa.

MOSS, B.; LOH, V. S. **35 estratégias para desenvolver a leitura com textos informativos**. Porto Alegre: Penso, 2012.

O livro é um guia prático que apresenta atividades baseadas em pesquisas que auxiliam os professores a ensinar os estudantes a ler textos informativos e pensar com senso crítico sobre eles.

NOVA ESCOLA. O que pensam os jovens de baixa renda sobre a escola. Disponível em: https://novaescola.org.br/conteudo/7307/expediente-edicao-especial-o-que-pensam-os-jovens-de-baixa-renda-sobre-a-escola?_gl=1*1sc4ipg*_gcl_au*MTY5MzQ2NTk3NC4xNzI2NDIyNjg3. Acesso em: 15 set. 2024.

Artigo que relata os resultados de uma pesquisa, que revela, entre outros aspectos, que os jovens de baixa renda não encontravam sentido no conteúdo ensinado nas escolas, e evidenciando a distância entre a vida real e a rotina escolar no âmbito do uso de tecnologias.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 2. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.

O livro traz ferramentas cujo objetivo é facilitar o processo de aprender de forma significativa.

PAPAVERO, N.; SANTOS, C. F. M. Evolucionismo darwinista? Contribuições de Alfred Russel Wallace à teoria da Evolução. **Revista Brasileira de História**, v. 34, n. 67, p. 159-180, jun. 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbh/a/G6z3gmqHCJPXzxrnTNj8mQP. Acesso em: 23 out. 2024.

Artigo que discute como Wallace contribuiu para as teorias evolutivas.

PERRENOUD, P. Pour une approche pragmatique de l'évaluation formative. **Mesure et évaluation en éducation**, 13(4), 1991, p. 49-81. Disponível em: https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1991/1991_12.html. Acesso em: 15 set. 2024.

No artigo o sociólogo defende uma concepção mais ampla da avaliação formativa sob os pontos de vista da observação, da intervenção e da regulação das aprendizagens.

PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. A argumentação no ensino de Ciências: um delineamento das produções acadêmicas brasileiras no período de 2010 a 2018. **Revista Triângulo**, v. 11, n. 3 p. 212-232, 2018. Disponível em: https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/revistatriangulo/article/view/3078. Acesso em: 15 set. 2024.

O artigo apresenta um mapeamento da produção acadêmica brasileira sobre argumentação no ensino de Ciências.

POMBO, O. *Epistemologia da Interdisciplinaridade*. Ideação, [*s. l.*], v. 10, n. 1, p. 9-40, 2010. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/ideacao/article/view/4141. Acesso em: 16 out. 2024.

Artigo que se propõe a explorar o conceito de interdisciplinaridade, assim como seus fundamentos teóricos e as perspectivas atuais do trabalho interdisciplinar.

RANIERI, G. R.; BORGES, F.; NASCIMENTO, V.; GONÇALVES, J. R. **Guia prático sobre PANC**: plantas alimentícias não convencionais. 1. ed. São Paulo: Instituto Kairós, 2017. Disponível em: https://institutokairos.net/wp-content/uploads/2017/08/Cartilha-Guia-Pr%C3%A1tico-de-PANC-Plantas-Alimenticias-Nao-Convencionais.pdf. Acesso em: 24 out. 2024.

Cartilha com informações variadas sobre PANC, além de um catálogo de plantas desse tipo.

RITCHHART, R.; CHURCH, M.; MORRISON, K. **Making Thinking Visible**: How to promote engagement, understanding, and independence for all learners.1. ed. California: Jossey-Bass, 2011.

O livro traz uma abordagem baseada em pesquisa para o ensino do pensamento. É uma coleção variada de práticas, incluindo rotinas de pensamento – pequenos conjuntos de perguntas ou uma breve sequência de etapas –, além da documentação do pensamento do estudante.

ROGERS, C. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Interlivros, 1973.

O livro parte de questionamentos a respeito do sistema educacional; foi escrito para os profissionais da educação numa tentativa de motivar o desejo de mudança e a realização de algo concreto.

SANTOS, L. A articulação entre a avaliação somativa e a formativa, na prática pedagógica: uma impossibilidade ou um desafio? **Ensaio**: avaliação e políticas públicas em educação. 24 (92), jul./set. 2016, p. 637-669. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ensaio/a/ZyzxQhwSHR8FQTSxy8JNczk. Acesso em: 15 set. 2024.

A autora propõe princípios que podem guiar a articulação entre avaliação somativa e formativa, recorrendo à educação matemática com o propósito de ilustrar algumas situações práticas.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, 2007. Disponível em: https://recursosdefisica.com.br/files/149-530-1-PB.pdf. Acesso em: 15 set. 2024.

Com base no enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), o artigo propõe uma abordagem de contextualização no ensino de Ciências em uma perspectiva crítica e apresenta um modelo curricular como exemplo.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química**: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Editora da Unijuí, 2010.

Obra dedicada ao ensino de Química, apresenta uma nova leitura sobre o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no ensino de Ciências.

SASSERON, L. H. S. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf. Acesso em: 15 set. 2024.

O livro tem por objetivo discutir aspectos importantes do ensino e da aprendizagem do conteúdo científico no nível fundamental.

SASSERON, L. H. S.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445. Acesso em: 15 set. 2024.

O artigo apresenta um estudo qualitativo realizado após a aplicação de uma sequência didática de Ciências no Ensino Fundamental.

SILVA, A. M. K. **Questões sociocientíficas e o pensamento complexo**: tecituras para o ensino de Ciências. Tese (Doutorado) – Faculdade da Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

A pesquisa, de cunho teórico, teve por objetivo delinear, a partir do pensamento complexo, princípios epistêmicos teórico-estratégicos orientadores nas discussões sobre Questões Sociocientíficas (QSC) em aulas de Ciências.

SILVA, E. L. da. **Contextualização no ensino de Química**: ideias, proposições de um grupo de professores. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2012/quimica_artigos/contex_ens_quim_dissert.pdf. Acesso em: 15 set. 2024.

A pesquisa teve como objetivo investigar as ideias e as proposições de um grupo de professores a respeito da contextualização no ensino de Química.

SILVEIRA, A. P. C.; SANTOS, T. C.; CHRISPINO, A. Uma análise do conceito de interdisciplinaridade no ensino CTS brasileiro. *Educação e Fronteiras*, Dourador, v. 9, n. 25, p. 166-182, 2019. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/11020. Acesso em: 2 nov. 2024.

Artigo que analisa o conceito de interdisciplinaridade presente na produção científica brasileira (de 1996 a 2018) sobre ensino CTS.

SOLÉ, I. **Estratégias de leitura**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

O objetivo desse livro é instrumentalizar educadores e profissionais para promover a utilização de estratégias de leitura que permitam interpretar e compreender melhor textos escritos.

SOUZA, N. A.; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, v. 26, n. 3, p. 195-218, dez. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/edur/a/LyJBCdDvGvdzmn6tRQv5JJL/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 30 set. 2024.

Artigo que explora as potencialidades do mapa conceitual nos processos de ensino-aprendizagem e avaliativos.

TRIVELATO, S. L. F.; SILVA, R. L. F. **Ensino de Ciências**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

O livro aprofunda a discussão conceitual sobre temas atuais e de limites menos disciplinares e indica, ao final de cada capítulo, diversas referências bibliográficas sobre o ensino de Ciências.

UNESCO. **Educação para os objetivos de desenvolvimento sustentável**: objetivos de aprendizagem. Brasília: Unesco, 2017.

O guia oferece orientações e sugestões que os educadores podem selecionar e adaptar para encaixar em contextos de aprendizagem concretos.

VARGAS, D. S. O plano inferencial em atividades escolares de leitura: o livro didático em questão. **Revista Intercâmbio**, v. XXV, p. 126-152, 2012. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/intercambio/article/view/10137/7617. Acesso em: 15 set. 2024.

O artigo analisa materiais didáticos de Língua Portuguesa, no que diz respeito ao trabalho desenvolvido com os estudantes em relação aos seus processos de inferenciação em leitura.

VILELA, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. (org.). **Biomas e agricultura**: oportunidades e desafios. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. Disponível em: https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Livro-Biomas-e-Agricultura-Site.pdf. Acesso em: 24 out. 2024.

Livro que aborda as restrições e potencialidades relativas ao aproveitamento sustentável dos recursos naturais dos biomas brasileiros.

WILSON, C.; GRIZZLE, A.; TUAZON, R.; AKYEMPONG, K.; CHEUNG, C. **Alfabetização midiática e informacional**: currículo para a formação de professores. Brasília: Unesco, 2013. 194p. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000220418. Acesso em: 15 set. 2024.

A publicação faz uma abordagem sistemática e abrangente na preparação do currículo de Alfabetização midiática informacional para formação de professores.

WING, J. Pensamento computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 1-10, maio/ago. 2016. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/4711. Acesso em: 15 set. 2024.

O artigo traz exemplos de como elementos do pensamento computacional estão presentes no cotidiano e evidencia a importância do favorecimento do pensamento computacional na compreensão de conceitos e no enfrentamento de desafios cotidianos.

ZAIA, D. A. M. Da geração espontânea à Química Prebiótica. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 260-264, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/qn/v26n2/14999.pdf. Acesso em: 2 set. 2024.

Artigo que discute a origem da vida desde a ideia da geração espontânea até a hipótese de Oparin-Haldane, discutindo aspectos da Química Prebiótica.

ZAIA, D. A. M.; ZAIA, C. T. B. V. Algumas controvérsias sobre a origem da vida. **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1599-1602, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n6/a54v31n6.pdf. Acesso em: 2 set. 2024.

Artigo que discute controvérsias sobre a origem da vida, principalmente quanto à origem do primeiro ser vivo e seu metabolismo, ao código genético e ao papel dos minerais.

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES COMENTADAS

CAMARGO, F.; DAROS, T. **A sala de aula inovadora:** estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018.

Livro que apresenta algumas estratégias pedagógicas com abordagens baseadas em metodologias ativas.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inov-ativas na educação presencial, a distância e corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

Livro que traz um conjunto de conceitos e estratégias pedagógicas e didáticas que pode ser aplicado em diferentes contextos educacionais.

LORENZIN, M.; ASSUMPÇÃO, C. M.; BIZERRA, A. Desenvolvimento do currículo STEAM no Ensino Médio: a formação de professores em movimento. *In*: BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

Capítulo que discute a formação de professores e integração do currículo STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) em uma escola.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia**: histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: Cortez, 2009.

Livro que discorre sobre objetivos, seleção de conteúdos e abordagens para o ensino de Biologia em espaços educativos diversos, da escola a museus.

MENDONÇA, A.; WEIRICH, I. S. C. Rubricas e suas contribuições para a avaliação de desempenho dos estudantes. *In*: SOUZA, A. C. R. *et al*. (org.). **Formação de professores e estratégias de ensino**: perspectivas teórico-práticas. Curitiba: Appris, 2021.

Capítulo que trata das rubricas e sua adoção no processo de avaliação dos estudantes. Exemplos práticos são compartilhados.

MURCHO, D. Argumento, persuasão e explicação. **Crítica**, 26 ago. 2003. Disponível em: https://criticanarede.com/argforcaexpl.html. Acesso em: 24 out. 2024.

Artigo que apresenta distinções entre argumentos e explicações, tendo como base a perspectiva filosófica, e discute a qualidade dos argumentos.

NICOLINI, L. B.; FALCÃO, E. B. M; FARIA, F. S. Origem da vida: como licenciandos em Ciências Biológicas lidam com este tema? **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 355-367, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n2/v16n2a06.pdf. Acesso em: 2 set. 2024.

Artigo que discute a representação social do tema "origem da vida" entre estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas.

SASSERON, L. H. Ensino por investigação: pressupostos e práticas. *In*: **Fundamentos teórico-metodológicos para o Ensino de Ciências**: a sala de aula. USP/Univesp, p. 117-124, 2012. Disponível em: https://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impressos/plc0704_12.pdf. Acesso em: 24 out. 2024.

Material que apresenta pressupostos teóricos e metodológicos sobre a abordagem didática de ensino por investigação.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. A construção de argumentos em aulas de Ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. **Ciência e Educação**, v. 20, n. 2, p. 393-410, abr./jun. 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/RRBvqby7SKCcN6TQdjbPkfw/?lang=pt. Acesso em: 24 out. 2024.

Artigo que traz reflexões sobre a ideia de "evidência" e a relevância dela para a construção de argumentos.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Métodos para ensinar competências**. Porto Alegre: Penso, 2020.

Livro que apresenta o conceito de competência e propõe estratégias de ensino para desenvolver competências no ambiente escolar.

ISBN 978-85-16-14048-9

