ORGANIZADORA: Editora Moderna
Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela Editora Moderna.

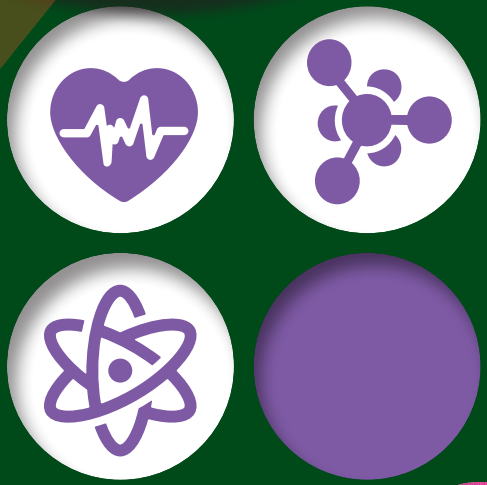
EDITORA RESPONSÁVEL:
Kelly Cristina dos Santos

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.
Código da coleção: 0196P21203
Código da obra: 0196P21203137

DIÁLOGO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

SER HUMANO: ORIGEM E FUNCIONAMENTO



Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MODERNA

MODERNA

DIÁLOGO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

SER HUMANO: ORIGEM E FUNCIONAMENTO

Organizadora: Editora Moderna
Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela Editora Moderna.

Editora responsável:
Kelly Cristina dos Santos
Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como editora de livros didáticos.

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

Elaboração dos originais:

Kelly Cristina dos Santos
Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como editora de livros didáticos.

Éverton Amigoni Chinellato
Licenciado em Física pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atuou como professor de Física em escolas da rede pública de ensino e atualmente é professor de Física em escolas da rede particular de ensino.

Rafael Aguiar da Silva
Licenciado e Bacharel em Química pela Universidade Norte do Paraná (Unopar).
Atua como professor de Química em escolas da rede particular de ensino.

Marissa Kimura
Bacharel em Química pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como editora de livros didáticos.

Ana Carolina N. dos Santos Ferraro
Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Patologia Experimental pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como editora de livros didáticos.

André Luis Delvas Fróes
Bacharel em Física pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Mestre em Física pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Doutor em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Atuou como professor de Física e Matemática em instituições particulares de Ensino Superior.

Marcela Yaemi Ogo
Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Especialista em Biologia Aplicada à Saúde pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Especialista em Análise e Educação Ambiental em Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como professora de Biologia em escolas da rede pública de ensino.

Vanessa S. Michelan
Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Especialista em Ensino de Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como professora de Biologia em escolas da rede pública de ensino.

Projeto e produção editorial: Scriba Soluções Editoriais
Edição: Leonel Delvai Favalli, Kelly Cristina dos Santos, Maira Dias Balestri
Assistência editorial: Felipe Revoredo Benatti, Kaio Fukahori, Priscila Boneventi Pacheco
Colaboração técnico-pedagógica: Francine Mendonça Nóbrega, Jeferson Felix da Silva, Maria Carolina Bittencourt Gonçalves, Rodrigo Uchida Ichikawa
Gerência de produção: Camila Rumiko Minaki Hoshi
Projeto gráfico: Daniel Messias, Dayane Aparecida Barbieri Ferreira
Capa: Daniela Cunha
Ilustrações: Otávio dos Santos, Daniela Cunha, A-spring/Shutterstock, IhorZigor/Shutterstock
Gerência de arte: André Leandro Silva
Edição de arte: Cynthia Sekiguchi, Keithy Mostachi
Diagramação: Ana Rosa Cordeiro de Oliveira, Daniela Cordeiro de Oliveira
Supervisão de editoração eletrônica: Luiz Roberto Lúcio Correa
Preparação de texto: Equipe Scriba
Revisão de texto: Equipe Scriba
Pesquisa iconográfica: Alessandra Roberta Arias, Alaíde Stein
Tratamento de imagens: Johannes de Paulo

Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

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

Diálogo : ciências da natureza e suas tecnologias : manual do professor / organizadora Editora Moderna ; obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela Editora Moderna ; editora responsável Kelly Cristina dos Santos. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Obra em 6 v.
Conteúdo: O universo da ciência e a ciência do Universo -- Vida na Terra : como é possível? -- Terra : um sistema dinâmico de matéria e energia -- Energia e sociedade : uma reflexão necessária -- Ser humano : origem e funcionamento -- Ser humano e meio ambiente : relações e consequências

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio) I. Santos, Kelly Cristina dos.

20-37390 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

1. Ensino integrado : Livros-texto : Ensino médio 373.19

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
Vendas e Atendimento: Tel. (0_ _11) 2602-5510
Fax (0_ _11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2020
Impresso no Brasil

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

MODERNA

SUPLEMENTO PARA O PROFESSOR

Atualmente, os estudantes têm acesso a muitas informações, provenientes de diversas fontes. Diante disso, é fundamental a presença do professor como um orientador capaz de incentivar os estudantes a utilizar essas informações na construção do conhecimento científico e relacionar esse conhecimento a situações do cotidiano.

Elaboramos esse suplemento para ajudá-lo nesse aspecto, explicitando como as habilidades e competências da BNCC estão sendo trabalhadas, além de sugerir dicas e ferramentas de avaliação para sua atuação em sala. Você também encontrará sugestões de leituras de textos e de atividades que visam complementar as aulas, contribuindo de forma eficaz para o processo de ensino-aprendizagem.

MODERNA

SUMÁRIO

A estrutura da coleção V

O Livro do estudante V

O suplemento para o professor VII

O Ensino Médio IX

O estudante do Ensino Médio IX

O professor X

O pensamento computacional XI

Promoção da saúde mental dos estudantes XIII

Como a escola pode contribuir na promoção da saúde mental dos estudantes? XIII

A Base Nacional Comum Curricular na etapa do Ensino Médio XIV

As áreas do conhecimento XIV

Competências gerais, competências específicas e habilidades XV

Temas contemporâneos transversais XVI

Fundamentos teórico-metodológicos XVII

Metodologias ativas XIX

Sala de aula invertida XIX

One minute paper (Papel de um minuto) XX

Rotação por estações XX

Debate XX

Seminário XXI

Jigsaw (Quebra-cabeça) XXI

Gallery walk (Caminhada na galeria) XXII

Sorting strips (Tiras de classificação) XXII

Think-pair-share (Pensar-conversar-compartilhar) XXII

Fishbowl (Aquário) XXIII

Quick writing (Escrita rápida) XXIII

Turn and talk (Vire e fale) XXIII

Four corners (Quatro cantos) XXIII

Polling (Sondagem) XXIII

Avaliação XXIV

A avaliação e o trabalho do professor XXIV

Avaliação e prática pedagógica XXIV

Uma prática constante XXIV

Instrumentos de avaliação diversificados XXV

A avaliação nesta coleção XXV

Competências, habilidades e conteúdos desenvolvidos neste volume XXVII

Sugestões de cronogramas XXX

Orientações, sugestões e respostas para cada unidade XXXII

UNIDADE 1 Evolução humana XXXII

CAPÍTULO 1 Princípios evolutivos XXXIII

CAPÍTULO 2 O surgimento do *Homo sapiens* XL

CAPÍTULO 3 Datação de fósseis XLVII

CAPÍTULO 4 Ferramentas e máquinas simples L

UNIDADE 2 Estudando o corpo humano LIX

CAPÍTULO 1 Nutrição do corpo humano LX

CAPÍTULO 2 Movimentação e coordenação do corpo humano LXVII

CAPÍTULO 3 Movimentos do corpo humano LXXV

CAPÍTULO 4 Prática de esportes LXXVIII

CAPÍTULO 5 Energia e impulso LXXXII

CAPÍTULO 6 Equilíbrio químico e a saúde bucal LXXXVII

CAPÍTULO 7 Equilíbrio iônico e pH XCII

CAPÍTULO 8 Hidrólise salina e produto de solubilidade XCVII

Referências bibliográficas complementares comentadas CIII

MODERNA

A ESTRUTURA DA COLEÇÃO

Esta coleção destina-se a estudantes e professores do Ensino Médio e está organizada em seis volumes temáticos independentes e não sequenciais. Cada volume é dividido em unidades, que por sua vez apresentam temas, proporcionando uma organização prática dos conteúdos, para que assim o professor possa desenvolver um trabalho dinâmico e variado ao longo do Ensino Médio.

A cada unidade, os estudantes mobilizam conhecimentos dos componentes curriculares **Biologia**, **Química** e **Física**, reconhecendo suas inter-relações e ligações com o cotidiano, a fim de desenvolver habilidades, competências específicas e competências gerais propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

A organização da coleção foi pensada de modo a possibilitar diferentes planejamentos, de acordo com o projeto pedagógico de cada escola e, principalmente, com as necessidades de aprendizagem específicas em cada contexto escolar.

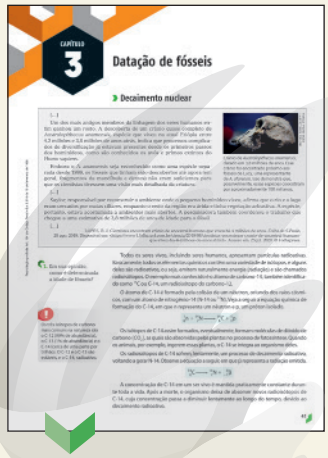
Veja a seguir como estão organizados o **Livro do estudante** e o **Suplemento para o professor**.

O Livro do estudante

Páginas de abertura de unidade

Cada unidade se inicia com duas páginas de abertura, que apresentam imagens e texto relacionados aos conteúdos abordados. Além de despertar o interesse, esses recursos contextualizam e aproximam os conteúdos do cotidiano dos estudantes.

As questões dessas páginas incentivam os estudantes a refletir sobre a imagem e o texto e a expressar os conhecimentos prévios que têm acerca dos conteúdos que serão estudados.



Conteúdo

Os temas de cada capítulo se iniciam, preferencialmente, com situações contextualizadas e reflexões que, além de incentivar os estudantes a ter uma postura ativa no processo de aprendizagem, buscam uma aproximação entre os conteúdos e o cotidiano.

Além disso, os recursos e atividades sugeridos ao longo dos capítulos permitem aos estudantes trocar ideias e estabelecer relações entre os conhecimentos científicos e seu cotidiano, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades e competências da BNCC.

Boxe complementar

Apresenta informações a respeito de alguns assuntos abordados nos capítulos, despertando o interesse dos estudantes e contribuindo para a complementação dos conteúdos. Além disso, as questões desse boxe incentivam os estudantes a refletir sobre os temas abordados e, muitas vezes, a estabelecer relações com seu cotidiano.

Atividades

Seção em que são propostas atividades com o objetivo de aprofundar os conteúdos abordados, incentivando os estudantes a recorrer aos conhecimentos científicos para analisar, investigar, formular e resolver problemas. As atividades dessa seção também procuram estabelecer conexões com outras áreas do conhecimento, favorecendo a integração de saberes.

MODELO

Investigue

Nessa seção, os estudantes são convidados a investigar fenômenos e propriedades por meio do desenvolvimento de atividades práticas investigativas. Assim, eles têm a oportunidade de levantar hipóteses, desenvolver procedimentos, manipular materiais, observar e analisar resultados e trocar ideias com os colegas, tornando-se agentes ativos no processo de aprendizagem.

Trocando ideias

A partir de uma breve contextualização referente ao tema abordado na página, esse boxe incentiva a troca de ideias entre os estudantes por meio de atividades em duplas ou grupos, envolvendo discussões, debates, troca de experiências pessoais, entre outras estratégias. Além disso, as atividades incentivam os estudantes a divulgar os resultados obtidos.

Dica

Boxe que apresenta informações importantes para os estudantes compreenderem os conteúdos, como conceitos de diferentes áreas, dicas que visam facilitar a execução das atividades, orientações relacionadas a cuidados em atividades práticas, entre outras.

Vocabulário

Boxe que apresenta o significado de alguns termos destacados nos textos, com objetivo de auxiliar os estudantes na compreensão dos conteúdos.

Retomando o que estudei

Essa seção tem o objetivo de incentivar os estudantes a fazer uma autoavaliação da aprendizagem e a retomar conceitos estudados. Dessa forma, eles realizam uma sistematização dos conceitos essenciais, auxiliando o professor a identificar as principais dúvidas e dificuldades da turma.

Ser consciente

Seção presente no final de cada unidade, aborda temas abrangentes, atuais e que permitem aos estudantes relacionar o conteúdo científico a questões sociais e aos temas contemporâneos transversais da BNCC, mobilizando conteúdos dos componentes curriculares **Física**, **Química** e **Biologia**.

Ampliando seus conhecimentos

Seção com sugestões de livros e filmes que abordam as temáticas principais tratadas no volume. As sugestões são apresentadas no final de cada volume e vêm acompanhadas de uma sinopse.

Siglas

Seção que apresenta os significados das siglas utilizadas no volume.

Respostas

Seção que apresenta aos estudantes as respostas e orientações de questões de provas oficiais e de atividades de múltipla escolha. Além disso, os estudantes podem consultar a resolução de atividades que envolvem cálculos.

Referências bibliográficas comentadas

Apresenta ao final de cada volume as principais obras utilizadas para consulta e como referência na produção das unidades do **Livro do estudante**.

CÓPIA

O suplemento para o professor

O livro do professor impresso é composto pelo **Livro do estudante**, com comentários e respostas das atividades, e pelo **Suplemento para o professor**, este dividido em duas partes: a primeira contém pressupostos teóricos e metodológicos que fundamentam a coleção, descrição e orientações sobre as seções e estrutura de conteúdos, bem como suas relações com a BNCC, além de quadros de distribuição dos conteúdos de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**; já a segunda parte apresenta orientações para o professor página a página. Além das versões impressas, cada volume conta com um videotutorial, cujo objetivo é auxiliar professores e estudantes a trabalhar algum tema de maior relevância.

Conheça a seguir as características das orientações página a página do **Suplemento para o professor** impresso.

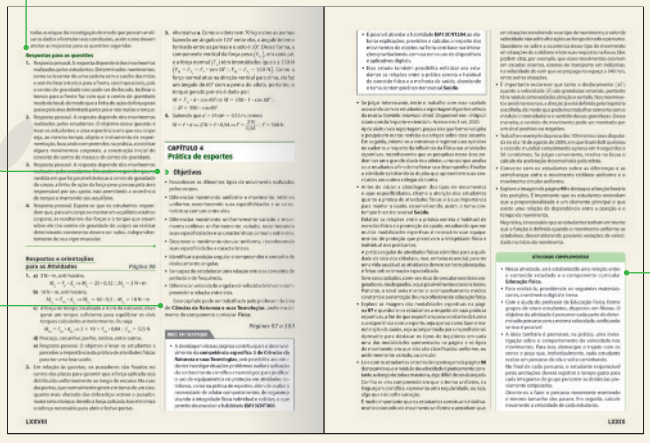
Objetivos da unidade
No início de cada unidade são destacados os principais **objetivos** que os estudantes devem alcançar ao trabalhar os conteúdos da unidade.

Justificativas
Além disso, são apresentadas as habilidades da BNCC que serão desenvolvidas e trabalhadas na unidade.

Respostas
As respostas das questões de páginas de abertura, boxes e seções encontram-se em boxes como esse.

Acompanhamento da aprendizagem
Apresenta sugestões de estratégias de avaliação para que o professor verifique a aprendizagem dos estudantes em momentos oportunos.

Respostas das atividades
Aqui você encontra respostas e resoluções das atividades que envolvem cálculos, assim como respostas e comentários das atividades de provas oficiais.

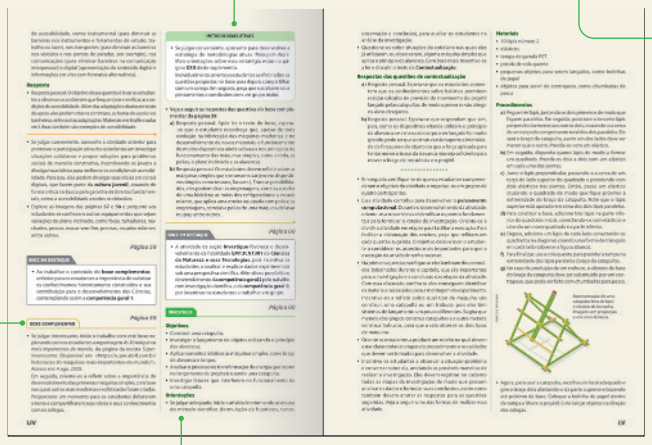


Objetivos do capítulo
No início de cada capítulo são apresentados seus objetivos.

Em parágrafos como esse, você encontra sugestões de trabalho preferencial com relação aos componentes curriculares (**Física**, **Química** e **Biologia**).

Atividades complementares
Apresenta sugestões de atividades que podem ser trabalhadas em sala para complementar os assuntos.

MODERNA



Metodologias ativas

Apresenta sugestões de abordagens por meio de estratégias de metodologia ativa, a fim de colocar os estudantes como protagonistas no processo de aprendizagem. Nas orientações gerais desse suplemento, o professor também encontra orientações sobre as principais estratégias de metodologia ativa sugeridas nesta coleção.

Boxe complementar

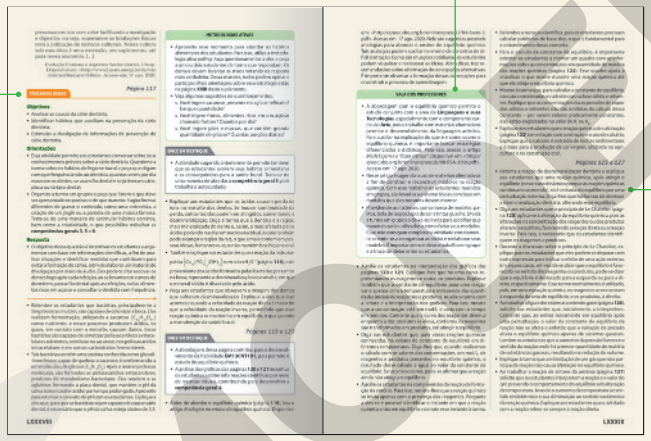
Apresenta orientações e as respostas para o **boxe complementar** presente no **Livro do estudante**.

Investigue

Contém sugestões para orientar os estudantes na elaboração e execução de atividades práticas investigativas, considerando-os protagonistas desse processo. Nas orientações, o professor encontra sugestões de atividades práticas roteirizadas.

Sala dos professores

Em abordagens e atividades que permitem relações do conteúdo com outras áreas do conhecimento, você encontrará essa seção, que traz sugestões e subsídios para a construção de aulas em conjunto com professores de outras áreas do conhecimento, como **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, **Linguagens** e **Matemática**.

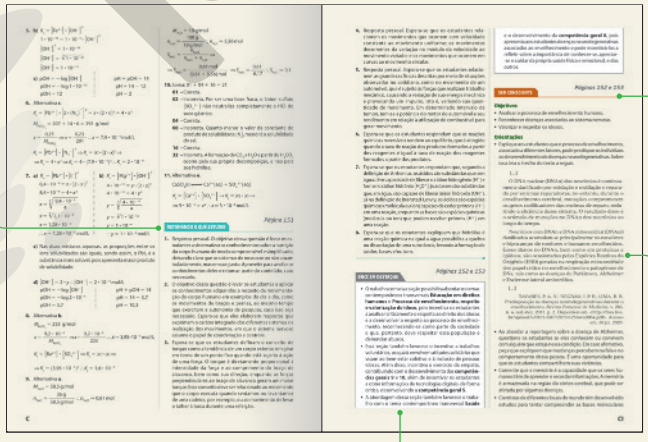


Trocando ideias

Dá sugestões para orientar os estudantes durante o trabalho em grupo e discute os temas sugeridos nessa seção, além da orientar a divulgação das discussões.

Orientações página a página

Orientações e informações complementares importantes durante o desenvolvimento dos conteúdos, bem como atividades e seções encontram-se em tópicos referentes às páginas do **Livro do estudante**.



Retomando o que estudei

Orienta os estudantes para que utilizem a seção **Retomando o que estudei** como ferramenta de avaliação, sugerindo diferentes estratégias, de acordo com o conteúdo trabalhado.

Ser consciente

Apresenta os objetivos da seção e orientações de como trabalhar com os estudantes, destacando as relações dos temas com o cotidiano e com os temas contemporâneos transversais da BNCC.

No decorrer do desenvolvimento dos conteúdos, sempre que oportuno, são apresentadas citações que enriquecem e fundamentam o trabalho com o conteúdo proposto.

Destaques da BNCC

No decorrer das unidades são destacadas e comentadas algumas relações entre o que é abordado no **Livro do estudante** e as propostas da BNCC.

Nos últimos anos, o Ensino Médio no Brasil passou por uma reforma que instituiu novos parâmetros e diretrizes para esse segmento da educação. O objetivo dessas mudanças foi combater índices de evasão escolar, promovendo um ensino que atendesse às expectativas dos jovens em relação a seus projetos de vida pessoal e profissional e estivesse alinhado com as necessidades e os anseios desse público. Além disso, buscava-se ampliar o engajamento desses estudantes com os conteúdos, para que pudessem desenvolver maneiras autônomas de lidar com os desafios do mundo contemporâneo.

Com base nessas novas perspectivas educacionais, é necessário compreender o Ensino Médio como uma etapa de grande importância política e social, algo muito além do que apenas uma fase passageira na vida dos jovens. Na verdade, constitui-se como um momento fundamental de protagonismo e desenvolvimento pessoal. É nessa fase que os estudantes ampliam suas perspectivas culturais, convivendo em um espaço de ampla diversidade de ideias e opiniões, e desenvolvem suas capacidades de tomada de decisão, sendo o maior desafio aprender a fazer escolhas coerentes e alinhadas com seu projeto de vida.

Assim, é fundamental que a escola de Ensino Médio desenvolva uma atitude acolhedora das juventudes, estando preparada para os desafios que essa fase requer, principalmente quanto à formação profissional e à construção da cidadania dos jovens. Isso requer condutas que priorizem a construção da autonomia dos estudantes, que em breve estarão atuando na vida pública sem o acompanhamento de adultos. Desse modo, como podemos prepará-los para participar da sociedade de forma responsável?

> A experiência participativa representa uma das formas de os jovens vivenciarem processos de construção de pautas, projetos e ações coletivas. Além disso, a experiência participativa também é importante por permitir a vivência de valores, como os da solidariedade e da democracia, e o aprendizado da alteridade. O que significa, em última instância, aprender a respeitar, perceber e reconhecer o outro e suas diferenças. O exercício da participação pode ser, então, uma experiência decisiva para a vida dos jovens um efetivo contraponto – em uma sociedade que, ao se individualizar, enfraquece ideias, valores e práticas relacionadas à dimensão coletiva da vida social.
>
> BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Formação de professores do ensino médio, etapa I - caderno II*: o jovem como sujeito do ensino médio. Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2013. p. 46.

É no Ensino Médio que também ocorre a preparação mais intensa e aprofundada dos estudantes para os exames de larga escala, como o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Esses exames contribuem para monitorar as redes de ensino, oferecendo soluções educacionais viáveis por meio de políticas públicas, pois fornecem inúmeros dados aos gestores.

Esta coleção dá diversos subsídios para auxiliar os estudantes na preparação para esses exames, entre eles o Enem. Na seção **Atividades**, por exemplo, apresentamos questões extraídas diretamente do Enem e de vestibulares atuais para que eles possam se familiarizar com o formato das provas fornecidas por essas instituições. As atividades da seção **Ser consciente**, por sua vez, buscam trabalhar aspectos como a interpretação de textos e imagens, análises críticas de diversos recursos e discussões que envolvem a atualidade. Além disso, há propostas de articulações interdisciplinares, com abordagens que podem contribuir para o desempenho dos estudantes em futuras avaliações.

O estudante do Ensino Médio

Existem diversas maneiras de conceituar a fase da juventude. Época de incertezas e definição identitária, por muito tempo a juventude foi compreendida como um período de passagem, uma etapa prévia da vida adulta, marcada por uma faixa etária delimitada. Porém, de acordo com o estudioso Juarez Dayrell (2016), as pesquisas mais atuais têm demonstrado que esse período deve ser compreendido como uma categoria socialmente construída, na qual os jovens se assumem como verdadeiros sujeitos, ou seja, possuem determinada origem familiar, estão inseridos em relações sociais, apresentam uma historicidade específica, movem-se por desejos e se constituem como seres ativos e produtores de conhecimento.

> A juventude constitui um momento determinado, mas que não se reduz a uma passagem. Ela assume uma importância em si mesma como um momento de exercício de inserção social, no qual o indivíduo vai se descobrindo e descortinando as possibilidades em todas as instâncias de sua vida, desde a dimensão afetiva até a profissional. Essa realidade ganha contornos próprios em contextos históricos, sociais e culturais distintos. As distintas condições sociais (origem de classe, por exemplo), a diversidade cultural (a cor da pele, as identidades culturais e religiosas, os diferentes valores familiares etc.), a diversidade de gênero e de orientação afetiva e até mesmo as diferenças territoriais se articulam para a constituição das diferentes modalidades de se vivenciar a juventude.
>
> DAYRELL, J. (Org.). *Por uma pedagogia das juventudes*: experiências educativas do Observatório da Juventude da UFMG. Belo Horizonte: Mazza Edições, 2016. p. 27.

MODERNA

Para que as relações possam ser fecundas e mutuamente respeitosas no ambiente escolar, uma opção interessante é investir no trabalho com as diversas manifestações culturais juvenis, ou seja, fazer da escola território de produção cultural da juventude, e não apenas um local de aprendizado de uma cultura externa ou "adulta". Nesse contexto, o jovem deve se identificar com as produções culturais com as quais convive, sentindo-se incluído e, principalmente, valorizado.

> Os jovens sujeitos do Ensino Médio nos trazem cotidianamente desafios para o aprimoramento de nosso ofício de educar. Entre esses desafios, encontra-se a difícil tarefa de compreensão dos sentidos os quais os jovens elaboram no agir coletivo, em seus grupos de estilo e identidades culturais e territoriais que, em grande medida, nos são apenas "estranhos" (no sentido de estrangeiros) e diferem de muitas de nossas concepções (adultas) de educação (escolar ou não), de autoridade, de respeito de sociabilidade "adequada" e produção de valores e conhecimentos.
>
> BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Formação de professores do ensino médio, etapa I - caderno II*: o jovem como sujeito do ensino médio. Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2013. p. 20.

Realizar esse trabalho de aproximação e valorização das culturas juvenis exige ainda mais do professor. A primeira etapa é passar a compreender o jovem como um sujeito de interlocução, com o qual podemos aprender e expandir nossos horizontes culturais. Essa aproximação requer uma flexibilidade por parte de professores, que muitas vezes terão de superar visões estereotipadas e superficiais sobre a juventude atual. Assim, deve-se partir do princípio de que os jovens não estão inseridos em uma cultura única. A juventude se constitui como categoria socialmente construída, que deve ser analisada com base no contexto de cada comunidade. Existem jovens, por exemplo, que já estão inseridos no mercado de trabalho e vivenciam a juventude de um modo bem diferente daqueles que têm mais tempo de lazer ou de estudo.

Compreender essas múltiplas culturas juvenis que permeiam o contexto escolar faz parte do processo de inovação que tem marcado o curso educativo nos últimos anos. Em vez de "transmitirmos os saberes" aos jovens, por que não trocarmos e compartilharmos, abrindo espaços e criando condições para que as culturas juvenis se expressem no ambiente escolar? Essas novas práticas compõem um caminho de construção coletiva do conhecimento. Sob esse ponto de vista, a aprendizagem passa a ser encarada como uma via de mão dupla, uma troca, e assim tende a criar um clima mais saudável e menos impositivo, sendo menos propício ao desenvolvimento de problemas indisciplinares e relações conflituosas.

O professor

Diante desses novos desafios educacionais, que envolvem inclusive o trabalho com metodologias ativas e tecnologias, o professor assume cada vez mais o papel de mediador das relações entre os estudantes e o conhecimento, orientando o caminho a ser adotado no processo de ensino-aprendizagem. Essa mediação ocorre de acordo com um planejamento bem definido das aulas, no qual são explicitadas as estratégias de engajamento e protagonismo dos estudantes. Supera-se a postura de um profissional meramente transmissor de informações e almeja-se uma conduta mais interativa e baseada na colaboração.

> O papel do professor é mais o de curador e de orientador. Curador, que escolhe o que é relevante entre tanta informação disponível e ajuda a que os alunos encontrem sentido no mosaico de materiais e atividades disponíveis. Curador, no sentido também de cuidador: ele cuida de cada um, dá apoio, acolhe, estimula, valoriza, orienta e inspira. Orienta a classe, os grupos e a cada aluno.
>
> MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *In*: SOUZA, C. A. de; MORALES, O. E. T. (Org.). *Convergências midiáticas, educação e cidadania*: aproximações jovens. Ponta Grossa: Foca Foto-PROEX/UEPG, 2015. v. 2. p. 24. (Coleção Mídias Contemporâneas).

Sabe-se que no Brasil as turmas de Ensino Médio são diversificadas, formadas por grupos de estudantes com diferenças nas formas de aprender. O processo de ensino-aprendizagem é complexo e envolve diversas dimensões da vida dos sujeitos. Knud Illeris (2013), por exemplo, descreve a aprendizagem em três dimensões: a de conteúdo, a de incentivo e a da interação. A dimensão de **conteúdo** envolve a aprendizagem cognitiva, relacionada aos conhecimentos que são internalizados. Já a dimensão de **incentivo** se relaciona às sensibilidades, ao equilíbrio mental e às motivações que instigam as pessoas no aprendizado. Por fim, a dimensão de **interação** está ligada à sociabilidade e à comunicação do indivíduo.

Desse modo, uma forma de o professor lidar com a diversidade em sala de aula é identificar em qual dimensão de aprendizagem estão as defasagens dos estudantes. Com esse diagnóstico, pode-se então desenvolver estratégias adequadas ao tipo de dificuldade específica apresentada por eles. Por exemplo, em casos de defasagem na dimensão de interação, o professor poderá desenvolver estratégias de trabalho em grupo e dinâmicas que exijam a troca de ideias. Quando o problema for em relação à dimensão de incentivo, ele poderá repensar as formas como aquele conteúdo instiga os estudantes e se relaciona com o cotidiano deles.

MODELO

Nesse sentido, sabe-se que não é fácil se adequar aos novos parâmetros que vêm sendo delimitados na educação no século XXI. Muitos professores vão precisar de um período de adaptação para renovar e implementar suas práticas. Para contribuir com esse processo, sugerimos a seguir algumas condutas que podem ser utilizadas durante o planejamento e as aulas com turmas do Ensino Médio.

- Observar os estudantes de modo personalizado, adequando desafios e propostas às características de cada um.
- Organizar planejamentos coletivos e individuais/personalizados para lidar com as turmas.
- Relacionar os temas à realidade próxima dos estudantes, problematizando as experiências vivenciadas e alinhando os conteúdos aos interesses da turma.
- Dar importância à significação dos conteúdos que serão trabalhados na turma.
- Propor constantemente atividades de autoavaliação, para que os estudantes possam refletir sobre suas atividades e seu aprendizado.
- Desenvolver flexibilidade para improvisar quando necessário e adequar as propostas metodológicas à realidade de cada turma.
- Acompanhar a evolução de cada grupo ou estudante, avaliando sob uma perspectiva processual.
- Evitar propostas que abordem capacidades meramente interpretativas e que não desafiem os estudantes a desenvolver sua criatividade e seu pensamento crítico.
- Inserir opiniões e sugestões dos estudantes no planejamento das atividades, considerando suas dificuldades e preferências.
- Capacitar os estudantes em determinadas atividades com as quais eles possam não estar acostumados, como a realização de uma pesquisa bem fundamentada ou a produção de um texto-síntese.
- Gerir o tempo de modo mais personalizado, observando os ritmos de aprendizagem específicos das turmas.
- Aderir a dinâmicas que alterem o posicionamento tradicional das carteiras em sala de aula, promovendo atividades em grupo ou em roda e explorando os diversos ambientes da escola.
- Propor trabalhos em grupos, para que os estudantes desenvolvam suas capacidades de expressão e socialização, permeando habilidades não apenas cognitivas e atitudinais, mas também socioemocionais.

O pensamento computacional

Vivemos em uma sociedade em que tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) são agentes de importantes transformações em diversos setores, como na economia, na cultura e na educação. Diante disso, pesquisadores de campos relacionados às políticas educacionais enfatizam a importância da implantação da programação e de conceitos oriundos da Ciência da computação no currículo escolar, uma vez que o trabalho realizado no âmbito dessa Ciência desenvolve capacidades relacionadas ao pensamento computacional, que, junto à leitura, à escrita e à aritmética, deveria ser uma das habilidades analíticas inerentes a cada indivíduo (RAABE, 2017).

Mas o que é pensamento computacional?

> [...]
>
> Pensamento computacional é uma forma para seres humanos resolverem problemas; não é tentar fazer com que seres humanos pensem como computadores. Computadores são tediosos e enfadonhos; humanos são espertos e imaginativos. Nós humanos tornamos a computação empolgante. Equipados com aparelhos computacionais, usamos nossa inteligência para resolver problemas que não ousaríamos sequer tentar antes da era da computação e construir sistemas com funcionalidades limitadas apenas pela nossa imaginação.
>
> [...]
>
> WING, J. Pensamento computacional: um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. Tradução de Cleverson Sebastião dos Anjos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, maio/ago. 2006. p. 4. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/4711>. Acesso em: 2 abr. 2020.

Um dos eixos do currículo de referência em tecnologia e computação, do Centro de Inovação para a Educação Brasileira, é o pensamento computacional, o qual disserta sobre a resolução de problemas que envolvem tecnologias digitais considerando quatro pilares: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo (CIEB, 2018; BRACKMANN, 2017).

Decomposição: decompor o problema em problemas menores, conhecidos como subproblemas, mais fáceis de serem resolvidos.

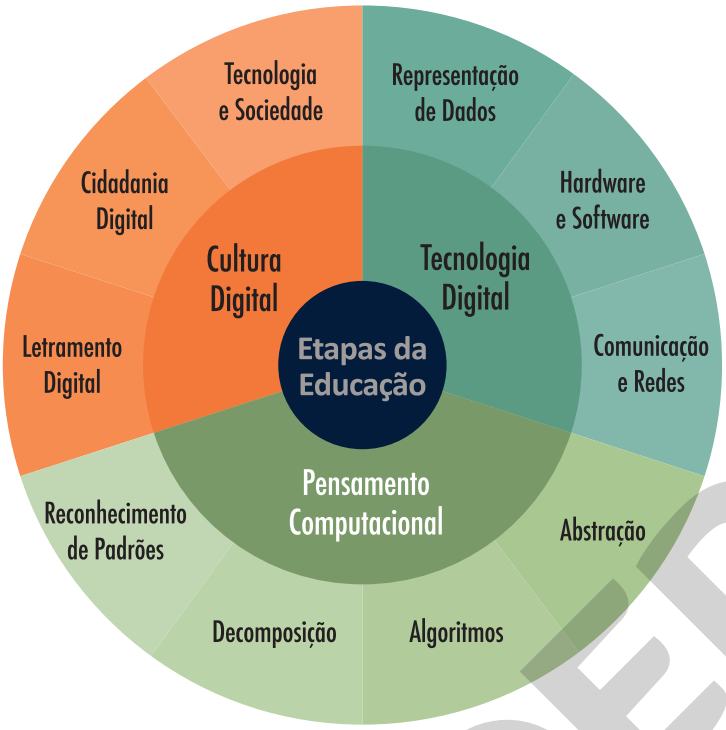
Reconhecimento de padrões: analisar os subproblemas individualmente, com o objetivo de reconhecer padrões e identificar características comuns que ajudem em sua resolução.

Abstração: filtrar, classificar e organizar as informações relevantes, ao considerar apenas os dados essenciais para a resolução do problema, e ignorar as informações irrelevantes, atingindo uma generalização dos padrões identificados.

Algoritmo: construção de estratégias ou instruções claras e ordenadas que auxiliem na resolução dos subproblemas e, consequentemente, na obtenção da solução do problema principal.

MODERNA

Para mais informações a respeito do currículo de referência em tecnologia e computação, acesse o *site* do Centro de Inovação para a Educação Brasileira (Cieb). Disponível em: <https://curriculo.cieb.net.br/assets/docs/Curriculo_de_Referencia_em_Tecnologia_e_Computacao.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2020.



Centro de Inovação para a Educação Brasileira. Disponível em: <https://curriculo.cieb.net.br/>. Acesso em: 30 mar. 2020.

Além disso, de acordo com a BNCC,

> [...]
>
> pensamento computacional envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos.
>
> [...]

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Versão final. Brasília: MEC, 2018. p. 469. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 31 mar. 2020.

Como estratégia didática para o desenvolvimento do pensamento computacional, os conceitos relacionados à linguagem de programação podem ser utilizados de modo contextualizado, a fim de que os estudantes exercitem a aprendizagem e a autonomia para estabelecer relações com situações de seu cotidiano. O uso de simulações, *softwares* ou equipamentos específicos, por exemplo, podem levá-los a estudar determinados fenômenos reais que dificilmente seriam possíveis sem esses recursos.

Ademais, o trabalho com o pensamento computacional sem o auxílio de recursos tecnológicos, conhecido como pensamento computacional desplugado, ou *unplugged*, também pode ser abordado em sala de aula. Segundo Brackmann (2017), essa alternativa, por ser de fácil aplicação em diferentes realidades, foi pensada justamente com o intuito de atender às escolas públicas que não têm condições socioeconômicas para acessar computadores ou outras tecnologias. Nesse caso, o professor pode recorrer a abordagens lúdicas, como truques de mágica e competições entre os estudantes, bem como a objetos manipuláveis, como jogos (de tabuleiro, de cartas, de peças), livros, fichas, figuras e, até mesmo, ao próprio material escolar dos estudantes.

No Ensino Médio, ao trabalhar com abordagens que auxiliam no desenvolvimento do pensamento computacional, deve-se planejar o desenvolvimento das atividades propostas,

MODERNA

considerando diferentes perfis de estudantes, as características de cada turma, além de atentar aos recursos disponíveis no ambiente escolar e aos objetivos que se quer alcançar.

Nesta coleção, o pensamento computacional é incentivado nas atividades práticas investigativas, no registro e na análise de resultados e em atividades que envolvem a identificação e a solução de problemas.

Promoção da saúde mental dos estudantes

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a adolescência é o período que vai dos 10 aos 19 anos. Nessa etapa da vida, vários fatores podem interferir nos comportamentos e na saúde mental dos indivíduos. Trata-se de um período de mudanças e descobertas, no qual o jovem constrói e reconstrói sua identidade. Fatores emocionais, associados às realidades social, econômica, histórica e cultural, tornam essa parcela da população mais vulnerável emocional e mentalmente.

Entre os problemas relacionados à saúde mental que mais afetam os jovens, de acordo com entidades internacionais, como a OMS, estão a violência familiar, o *bullying*, a depressão, a ansiedade e a dependência química.

Os casos de *bullying*, por exemplo, envolvem relações de poder e dominação que provocam violência psicológica e, muitas vezes, física, sem motivos aparentes. Em alguns casos, os indivíduos agressores recebem punição, mas é necessário promover um trabalho de conscientização para que esses jovens possam refletir sobre suas ações e analisar os impactos emocionais que elas acarretam para as vítimas. Os jovens que praticam *bullying* geralmente são atraídos por um imaginário preestabelecido de padrões de beleza, comportamento, consumo e configurações sociais. Por isso, as ações de combate a essa prática devem contribuir para a desconstrução de tais padrões e o respeito à diversidade.

Além disso, é preciso analisar o contexto familiar desses estudantes, que em muitos casos vivem em ambientes onde há violência e/ou negligência. Assim, torna-se imprescindível o papel da escola no cuidado com a saúde mental dos estudantes, combatendo ativamente todas as formas de discriminação e violência.

Para isso, são necessários programas para prevenir o *bullying* e qualquer outra forma de violência, além do abuso de substâncias nocivas. Esses programas devem ter a participação da escola, dos familiares, da comunidade e de profissionais, como psicólogos e psicopedagogos, resultando em uma equipe capaz de contribuir para detectar os sinais de problemas envolvendo a saúde mental dos estudantes e promover ações antes que haja consequências.

Como a escola pode contribuir na promoção da saúde mental dos estudantes?

A escola deve ser um espaço de disseminação do respeito e da proteção social dos jovens, em conjunto com a participação ativa das famílias. Nela, os estudantes podem ser organizados em grupos, a fim de possibilitar a troca de experiências em rodas de conversa mediadas por um psicólogo. Assim, os jovens tendem a se sentir mais à vontade para discutir e relatar sua realidade, compartilhando emoções e descobrindo os gatilhos que os fazem reagir com violência, ansiedade ou tristeza, por exemplo. Trata-se de uma oportunidade para trabalhar o autoconceito, a autoimagem e a autoestima dos estudantes.

Considere a possibilidade de a escola oferecer espaços em horários alternativos para que os estudantes realizem atividades fora da grade curricular comum, como esportes, artes, atividades de cuidado com o espaço escolar e com os colegas, oficinas de teatro, gincanas, competições e simulados. Nesses momentos, é importante incluir os estudantes de diferentes perfis, pois a convivência é essencial para desenvolver o respeito mútuo e a empatia, colaborando com a boa saúde mental de todos.

Atividades envolvendo atitudes solidárias contribuem para que os estudantes se coloquem no lugar de outras pessoas, desenvolvendo a empatia. Como exemplo, podem ser realizadas campanhas de coletas de produtos necessários em instituições sociais do município; ou, em sala de aula, eles podem elaborar objetos ou produtos que auxiliem pessoas em situação de vulnerabilidade social, entre outras ações.

Outras atividades podem, ainda, envolver o futuro dos estudantes, identificando os potenciais de cada um, com um olhar para a construção de um projeto de vida. Mostrar que suas atitudes hoje influenciam o futuro é uma forma de incentivá-los a refletir sobre suas escolhas e opções. A escola, então, tem o papel de ajudá-los a ultrapassar as dificuldades, com atividades que envolvam a autoestima, o autoconhecimento e o autocuidado.

O professor deve ficar atento a sinais que denotem mudança de comportamento dos estudantes e que demandem encaminhamento para avaliação da equipe composta por profissionais que cuidam da saúde mental. Essas ações contribuem para prevenir transtornos. Para isso, é importante conversar com a administração da escola sobre a possibilidade de promover eventos de formação continuada relacionados à saúde mental.

MODERNA

A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR NA ETAPA DO ENSINO MÉDIO

A BNCC é o documento que estabelece os principais conhecimentos, competências e habilidades que os estudantes devem desenvolver em cada etapa da Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio).

Como forma de substituir o currículo do Ensino Médio isolado em componentes curriculares, para essa etapa, a BNCC apresenta as aprendizagens essenciais distribuídas por áreas do conhecimento. Assim, para cada área são definidas competências específicas que se relacionam diretamente com habilidades da área. Essa estrutura constitui a formação geral básica que, segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM),

> [...] é composta por competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e articuladas como um todo indissociável, enriquecidas pelo contexto histórico, econômico, social, ambiental, cultural local, do mundo do trabalho e da prática social [...]

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 nov. 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-3-de-21-de-novembro-de-2018-51281310>. Acesso em: 30 abr. 2020.

Além de estabelecer que os conteúdos sejam apresentados por área (formação geral básica), a BNCC prevê, tendo como documento orientador as DCNEM, os itinerários formativos, em que os estudantes poderão escolher, por exemplo, formação técnica como maneira de complementar sua formação escolar. Veja o esquema a seguir.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Versão final. Brasília: MEC, 2018. p. 469. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 31 mar. 2020.

Com essa estruturação, a BNCC do Ensino Médio articula-se às habilidades e competências do Ensino Fundamental, com o objetivo de consolidar, aprofundar e ampliar a formação integral dos estudantes, possibilitando assim a construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

As áreas do conhecimento

O currículo do Ensino Médio deve ser elaborado por área e propõe um trabalho interdisciplinar e transdisciplinar. Isso implica em um currículo que integre não só os conteúdos

MODERNA

dos componentes de determinada área (interdisciplinaridade), mas também os de outras áreas, estabelecendo relações transdisciplinares. As áreas do conhecimento e seus respectivos componentes curriculares são assim divididos na BNCC:

Áreas do conhecimento	Componentes curriculares
Linguagens e suas Tecnologias	> Arte > Educação Física > Língua Inglesa > Língua Portuguesa
Matemática e suas Tecnologias	> Matemática
Ciências da Natureza e suas Tecnologias	> Biologia > Física > Química
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	> Filosofia > Geografia > História > Sociologia

Competências gerais, competências específicas e habilidades

As dez competências gerais da Educação Básica, previstas na BNCC, têm como principal objetivo formar cidadãos conscientes de seu papel na sociedade e que saibam agir de forma justa. Essas competências se desdobram em construção de conhecimentos, desenvolvimento de habilidades, valores e atitudes. São elas:

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, resolver 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.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Versão final. Brasília: MEC, 2018. p. 9. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 31 mar. 2020.

MODERNA

Para que os estudantes desenvolvam as competências gerais, é preciso que primeiro adquiram as aprendizagens essenciais de cada área por meio das habilidades, desenvolvendo também os princípios das competências específicas.

Esta coleção foi organizada de maneira a contemplar habilidades e competências específicas relacionadas à área do conhecimento, bem como as competências gerais propostas na BNCC. Tais relações estão presentes nas abordagens dos conteúdos, em textos, seções e atividades. No **Livro do estudante**, as relações entre as habilidades e/ou competências e os conteúdos da área estão destacadas em um quadro, de forma que tanto os estudantes quanto o professor possam verificar como esses elementos são desenvolvidos.

Temas contemporâneos transversais

Os **temas contemporâneos transversais** não são novidade nos documentos oficiais para a Educação Básica. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de 1997, eram chamados de **temas transversais** e pressupunha-se que fossem incluídos nos currículos das escolas. Contudo, como os PCN não tinham caráter obrigatório e os seis temas listados não eram pautados em uma legislação ou norma específica, nem sempre essa inclusão acontecia no contexto escolar.

Com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) de 2013, os Temas transversais receberam o nome de **eixos temáticos** ou **norteadores** e pressupunham que professores e estudantes escolhessem temas/assuntos afeitos ao componente curricular que desejassem estudar, contextualizando-os com outros. O trabalho interdisciplinar e transdisciplinar por meio de eixos temáticos tornou-se obrigatório, a fim de conduzir os estudantes na reflexão sobre a vida em sociedade.

Por conta da homologação da BNCC, em 2018, passaram a ser chamados de **temas contemporâneos** e tornaram-se uma referência obrigatória para a elaboração dos currículos. Em 2019, com a publicação do documento *Temas contemporâneos transversais na BNCC*, passaram a ser chamados de **temas contemporâneos transversais**. Essa mudança de nomenclatura é pautada na BNCC, que afirma:

> [...] cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas, em suas respectivas esferas de autonomia e competência, incorporar aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora.
>
> BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Versão final. Brasília: MEC, 2018. p. 19. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 30 abr. 2020.

Na BNCC, os **temas contemporâneos transversais** foram distribuídos em seis áreas temáticas, conforme apresentado no quadro a seguir.

TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS		
Ciência e tecnologia > Ciência e tecnologia	**Meio ambiente** > Educação ambiental > Educação para o consumo	**Economia** > Trabalho > Educação financeira > Educação fiscal
Multiculturalismo > Diversidade cultural > Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras	**Cidadania e civismo** > 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	**Saúde** > Saúde > Educação alimentar e nutricional

Os **temas contemporâneos transversais** não pertencem a uma área do conhecimento específica e devem ser abordados por todas de forma integrada e complementar, possibilitando aos estudantes entender melhor a sociedade em que vivem. Seguindo essa premissa e para orientar o professor no trabalho, esta coleção aborda os **temas contemporâneos transversais** por meio de recursos e atividades, tanto no **Livro do estudante** quanto no **Suplemento para o professor**. Essas abordagens percorrem as áreas do conhecimento e proporcionam aos estudantes refletir sobre o papel que exercem na sociedade, contribuindo para sua formação cidadã.

MODERNA

As Ciências Naturais (como a Biologia, a Física, a Química, a Astronomia e a Geologia) nos ajudam a compreender e a responder às questões sobre os fenômenos naturais que nos cercam. Dessa maneira, o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve se pautar na realidade próxima dos estudantes.

Os estudantes trazem consigo conhecimentos que construíram em sua vivência e geralmente se baseiam neles para tentar compreender e explicar os fenômenos naturais. No entanto, na maioria das vezes, eles precisam buscar outras informações para resolver os problemas do cotidiano. O ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve contribuir para que os estudantes obtenham essas informações e estabeleçam as relações necessárias para conhecer o mundo que os cerca, resolver os problemas e opinar e intervir na realidade de maneira consciente.

Diante disso, o ensino de Ciências da Natureza e suas tecnologias deve pautar-se nas necessidades dos estudantes e em sua formação cidadã. Os estudantes devem ter uma postura ativa e crítica na construção de seu conhecimento. Para isso, deve-se romper com a ideia de um professor detentor do conhecimento, que passará a agir como mediador da aprendizagem, oportunizando questionamentos e a expressão de ideias e opiniões e incentivando a análise de situações.

A abordagem teórica e metodológica desta coleção tem como objetivo principal o desenvolvimento de competências e habilidades, por meio de diferentes modelos didático-pedagógicos.

Leia a seguir um trecho da BNCC, o qual trata da área das Ciências da Natureza.

> [...] No Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe que os estudantes possam construir e utilizar conhecimentos específicos da área para argumentar, propor soluções e enfrentar desafios locais e/ou globais, relativos às condições de vida e ao ambiente. [...]
>
> BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação. 2018. p. 470.

A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio busca a integração de diferentes áreas do conhecimento, entre elas os componentes curriculares **Biologia**, **Química** e **Física**. Para possibilitar esse trabalho, a coleção é dividida em seis volumes, separados em temas. No processo de ensino-aprendizagem de cada tema, os estudantes são motivados a mobilizar conhecimentos não só de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, como também de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, de Linguagens e de Matemática e suas tecnologias.

Quando há grandes eventos naturais, descobertas científicas, estudos promissores, grandes epidemias e catástrofes ambientais, a sociedade, especialmente os jovens, tende a cobrar respostas imediatas. Cabe aos professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias a atualização constante e a didática adequada, capazes de responder as indagações dos estudantes, permitindo que eles construam o conhecimento concreto e crítico.

A abordagem desta coleção visa enfatizar as relações entre os contextos socioculturais, a história da Ciência e a experimentação. Na perspectiva sociocultural, a aprendizagem envolve a apropriação cultural, que depende de diferentes linguagens (internet, cultura digital, gráficos, tabelas e gêneros textuais diversos). É preciso lembrar que o jovem vive imerso em um mundo de signos, utilizados para construir significados. O tipo de ferramenta ou signo mediador regulará a forma como os conceitos são internalizados, o que se dá quando o sujeito constrói seus próprios significados sobre o mundo, associando-os a ideias de seu contexto sociocultural. A aprendizagem se estabelece quando os estudantes são capazes de abandonar uma visão concreta do mundo e passar a observá-lo de forma abstrata, generalizando o conceito estudado e aplicando-o na análise de diversas situações. É importante lembrar que eles ainda podem ter concepções alternativas, e cabe ao professor identificá-las e trabalhá-las individualmente.

A história da Ciência possibilita aos estudantes que conheçam os caminhos da Ciência, como ela se desenvolveu e de que forma os estudiosos elaboram suas teorias, das primeiras até chegarmos às atuais. Ela auxilia os estudantes a perceber que a Ciência se desenvolve com base em problemas e questionamentos que devem ser solucionados seguindo determinados passos. Assim, eles devem perceber que as descobertas ocorreram com dificuldades, dúvidas e equívocos. Essa visão pode contribuir para a formação de um indivíduo com potencial de análise reflexiva e analítica, percebendo que a Ciência é uma construção humana, dinâmica e mutável e que o conhecimento científico pode ser provisório, isto é, aberto a reformulações.

Um ponto fundamental nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias é a experimentação, a qual permite aos estudantes vivenciar atividades práticas, colocando-se no papel central da construção do conhecimento, além de tornar as aulas mais dinâmicas e participativas. Nesta coleção, procuramos sugerir atividades práticas simples e acessíveis, que visam desenvolver conteúdos procedimentais e atitudinais. Os experimentos ou demonstrações podem ser realizados no início das aulas ou durante seu desenvolvimento. Com essas atividades, os estudantes podem desenvolver as etapas do método científico: observação, levantamento de hipóteses, elaboração de um plano de trabalho, montagem e coleta e análise de dados.

Para que esse ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias seja efetivo, também é importante considerar a realidade próxima dos estudantes, incluindo suas vivências e experiências. Junto com as situações-problema, o uso de conhecimentos e experiências prévias pode incentivá-los a se tornar protagonistas no processo de ensino-aprendizagem.

MODERNA

O professor deve auxiliá-los a construir opiniões próprias e a se posicionar, desenvolvendo o raciocínio e uma postura crítica, por meio da argumentação. Todas essas capacidades proporcionam a formação integral dos estudantes como cidadãos atuantes e participantes das questões sociais relevantes.

Nesta coleção, utilizamos diferentes perspectivas teórico-metodológicas, pois entendemos que os professores precisam utilizar uma pluralidade de perspectivas teórico-práticas. Esse trabalho permite que sejam oferecidas aos estudantes abordagens variadas, dependendo do assunto e do campo do saber observados.

São oferecidas orientações de como desenvolver o pensamento acerca de Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA).

A coleção integral como é aqui proposta contribui para que esse pensamento seja desenvolvido, visto que o ensino não é compartimentado, mas interdisciplinar.

> [...] A grande finalidade da educação em Ciências numa perspectiva CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente) é dar da Ciência uma visão integrada, relacionando-a com a Tecnologia e evidenciando os impactos que estas têm na Sociedade e no Ambiente, bem como a influência que a Sociedade/Ambiente tem no desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia. [....]
>
> FERNANDES, I. M. B.; PIRES, D. M.; DELGADO-IGLESIAS, J. Perspetiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade. *Ciência e Educação*, v. 24, n. 4, out./dez. 2018. p. 876. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v24n4/1516-7313-ciedu-24-04-0875.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2020.

Para que o desenvolvimento do pensamento computacional seja adequado, é preciso que o docente seja capaz de identificar as carências dos estudantes, especialmente no conhecimento matemático e na linguagem. Os raciocínios lógico-matemático e linguístico são essenciais na formação desse cidadão. Por isso, defasagens desses conhecimentos podem comprometer sua aprendizagem.

O professor deve atuar como um mediador, auxiliando-os a fazer pesquisas de forma segura na internet, orientando-os a buscar informações cientificamente corretas e mostrando ferramentas mais simples, como áudios e vídeos, que podem ilustrar a construção do conhecimento. A presente coleção pode contribuir para esse trabalho, pois sugere a pesquisa na internet, bem como incentiva a visualização de textos e vídeos.

> [...] o PC [pensamento computacional], também, envolve a resolução de problemas, o pensar sistemas e a compreensão do comportamento humano, com base nos conceitos fundamentais da ciência da computação. [...]
>
> MARTINS, C; GIRAFFA, L. M. M. Gamificação, pensamento computacional e cultura maker: potencialidades advindas de estratégias docentes alinhadas à cultura digital. *In*: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE DOCÊNCIA UNIVERSITÁRIA, 10., 2018, Porto Alegre. *Anais*... Porto Alegre: PUCRS, out./nov. 2018. Disponível em: <https://editora.pucrs.br/acessolivre/anais/cidu/assets/edicoes/2018/arquivos/210.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2020.

Assim, esta coleção apresenta alguns pilares. Veja abaixo.

Ferramentas	Recursos	Metas
> Integração de conhecimentos (Biologia, Química e Física) > Análise de situações > Experimentação > História da Ciência > Cultura digital > Divulgação científica > Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente	> Imagens diversas (esquemas, ilustrações e fotografias) > Gêneros textuais diversos (textos de fontes diversas, reportagens, tirinhas, cartuns) > Tabelas > Gráficos > Mapas > Materiais diversos e acessíveis > Recursos audiovisuais (*sites*, vídeos)	> Desenvolvimento de habilidades e competências > Leitura e interpretação de textos e dados > Cidadania > Protagonismo no processo de ensino-aprendizagem > Desenvolvimento da alfabetização científica > Apropriação do método científico (observação, análise, levantamento e teste de hipóteses) > Argumentação e comunicação científica > Desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático e do pensamento computacional > Desenvolvimento do raciocínio linguístico

MODERNA

Nas últimas décadas, o advento da tecnologia e as discussões envolvendo novos métodos de ensino têm gerado grandes desafios aos professores e às escolas. Estruturas de ensino tradicionais, nas quais professores transmitem conhecimentos aos estudantes, têm sido cada vez mais questionadas quanto a seu papel efetivo no processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, as metodologias ativas são uma forma de transformar essa realidade, engajando os estudantes e tornando o processo de ensino-aprendizagem mais significativo. As estratégias e metodologias ativas são ferramentas do processo de ensino-aprendizagem em que os estudantes são protagonistas da construção do conhecimento, tendo o professor como mediador para atingir um objetivo de aprendizagem de modo interativo, dinâmico, reflexivo e colaborativo.

Nesse tipo de abordagem, o professor deixa de ser o transmissor do conhecimento, passando a ser um mediador, ao planejar suas aulas com foco em orientar e incentivar os estudantes a explorar os conteúdos.

> As metodologias ativas dão ênfase ao papel protagonista do estudante, ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor [...].
>
> MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L; MORAN, J. (Org.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora*: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 4.

As dez competências gerais propostas pela BNCC estão alinhadas a situações de aprendizagem que podem ser conduzidas por meio da aplicação de estratégias e metodologias ativas, incentivando o protagonismo dos estudantes e colocando-os como produtores efetivos de conhecimento. Assim, as competências visam à mobilização de conhecimentos com o intuito de atender às demandas cotidianas e também solucionar problemas sociais mais complexos, sempre conferindo aos estudantes um papel central e ativo nesse processo.

> [...]
>
> No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades.
>
> [...]
>
> BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Versão final. Brasília: MEC, 2018. p. 14. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 30 abr. 2020.

Ao empregar estratégias e metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem, os estudantes são incentivados a construir o conhecimento de modo integrado às necessidades de seu cotidiano. Nesse processo, é possível agregar o uso de recursos diversos, como o livro didático utilizado em sala de aula, os livros disponíveis na biblioteca e os recursos provenientes da tecnologia, como computador, celular, internet e plataformas digitais.

Considerando esse contexto, esta coleção busca explorar diferentes estratégias de metodologias ativas por meio de atividades que incentivem o protagonismo dos estudantes. Neste suplemento, você encontrará o boxe **Metodologias ativas**, que sugere como algumas estratégias podem ser aplicadas em determinados momentos da sequência didática. A seguir, explicamos algumas metodologias ativas que poderão ser utilizadas no decorrer da obra.

Sala de aula invertida

Na estratégia sala de aula invertida, os estudantes são orientados primeiro a estudar em casa, com base em materiais indicados pelo professor; depois, em sala de aula, tiram as dúvidas sobre o que estudaram previamente e fazem atividades de aplicação dos conteúdos. O modelo surgiu para aumentar o aproveitamento do tempo das aulas, utilizando-o para o esclarecimento de dúvidas e debates sobre o conteúdo.

A abordagem pode ser considerada um facilitador para estudantes que têm dificuldades em acompanhar a explicação do professor em sala de aula, pois, em casa, podem impor seu próprio ritmo ao aprendizado e levar as dúvidas para serem

MODERNA

discutidas em classe. Assim, o professor assume um papel de orientador e tutor no processo de aprendizagem.

Nessa estratégia, o professor pode utilizar recursos tecnológicos digitais, como vídeos, animações, simulações e aplicativos para orientar o estudo em casa. No entanto, é possível aplicar essa prática sem envolver tecnologias digitais, utilizando, por exemplo, o próprio livro didático.

One minute paper (Papel de um minuto)

One minute paper é uma estratégia em que, durante a explicação de um conteúdo ou ao final dela, o professor solicita aos estudantes que escrevam em um pedaço de papel, no período de um minuto, a resposta para uma pergunta. A técnica contribui para o desenvolvimento da agilidade e da habilidade de síntese.

A pergunta pode ter diversos objetivos, portanto, a estratégia pode ser utilizada em diversos momentos da aula. Veja algumas possibilidades no quadro a seguir.

Momento da abordagem	Objetivo	Exemplo
Início da aula ou do trabalho com algum conteúdo.	Explorar os conhecimentos prévios dos estudantes.	O que você sabe sobre o aquecimento global?
Durante a aula ou durante a abordagem do conteúdo.	Verificar se os estudantes compreenderam o conteúdo estudado.	Explique o que é e dê um exemplo de fenômeno químico.
Ao final da aula ou após a abordagem dos conteúdos.	Identificar as dificuldades dos estudantes ou os pontos que não ficaram claros nos conteúdos estudados. Receber um retorno dos estudantes sobre determinadas atividades ou abordagens.	Em que parte da aprendizagem do conteúdo você teve mais dificuldade? O que você achou do experimento realizado?

Após reunir os papéis com as respostas dos estudantes, o professor deve lê-las e dar um retorno à turma sobre suas percepções gerais.

One minute paper também pode ser utilizado de maneira *on-line*, por meio de aplicativos diversos. A desvantagem dessa versão é que, dependendo do aplicativo escolhido, nem sempre é possível manter a anonimidade, que geralmente é apreciada pelos estudantes ao escreverem no papel.

Rotação por estações

A estratégia rotação por estações propõe o estudo de um conteúdo por meio de diferentes modos de aprendizagem. A prática consiste em organizar a turma em grupos que participam de um rodízio por um circuito de estações.

Cada estação deve propor um tipo de atividade sobre o tema da aula. Como a rotação por estações é uma prática que favorece o ensino híbrido, isto é, tanto *on-line* como *off-line*, é recomendável que ao menos uma das estações envolva o trabalho *on-line*. As estações devem ser independentes entre si e as atividades propostas em cada uma delas deve ter início, meio e fim. Cada grupo deve passar por uma estação durante dez ou quinze minutos – ou o tempo que for possível de acordo com a duração da aula – e seguir para a próxima.

É necessário reservar um tempo antes do início do rodízio, para que o professor possa explicar a dinâmica e tirar as dúvidas da turma, e também após a rotação de todos os grupos por todas as estações, para que seja feita uma sistematização do que foi trabalhado. Esse tipo de atividade desenvolve o trabalho colaborativo e a capacidade de se organizar e de resolver tarefas com agilidade.

Dependendo da quantidade de estudantes em sala, o professor pode adaptar a estratégia e, em vez de organizar os estudantes em grupos, circular em cada estação com a turma inteira.

Debate

O debate como atividade educacional tem como objetivo explicitar diferentes pontos de vista e favorecer o desenvolvimento de habilidades de argumentação. Entre as diversas estratégias que englobam as metodologias ativas, pode ser uma das mais abrangentes e adaptáveis.

Os estudantes devem analisar o tema escolhido reunindo argumentos fundamentados, indo além do senso comum. A atividade deve ser orientada de modo a estimular o desenvolvimento do pensamento crítico e a capacidade de posicionar-se diante de temas e situações.

Dicas para a organização de um debate

- O professor e os estudantes escolhem um tema.
- A turma é organizada em dois grupos de opiniões contrárias.
- Os estudantes devem pesquisar o assunto em fontes relevantes e confiáveis.
- Os estudantes podem organizar anotações para guiar seus argumentos e contra-argumentos.
- O professor apresenta as regras do debate.
- Os estudantes expressam seus argumentos seguindo as regras do debate.
- Ao professor cabe as funções de mediar e avaliar os argumentos apresentados.

Nesse tipo de estratégia, o professor deve cuidar para que as opiniões contrárias sejam respeitadas e os argumentos não sejam substituídos por ofensas. É importante lembrar que, embora em alguns debates seja determinado o lado vencedor, os objetivos das atividades que trabalham com essa estratégia são fundamentar pontos de vista e desenvolver a argumentação e a defesa de ideias, e não chegar a um consenso ou vitória.

Seminário

O seminário como estratégia de ensino consiste em um grupo de estudos para pesquisar e debater um ou mais temas que, posteriormente, podem ser apresentados por um ou mais estudantes sob a mediação de um professor.

É comum à prática escolar atribuir o nome seminário a qualquer apresentação feita por um estudante ou grupo que envolva um relato de caso ou resumos de artigos ou livros. No entanto, considerando as características dessa estratégia, é importante ressaltar que tais apresentações não devem ser identificadas dessa forma, pois seminário pressupõe um trabalho de pesquisa, coleta de dados, debate em grupo e apresentação de resultados que contribuam para a ampliação de ideias e a construção de conhecimentos.

Os seminários, geralmente, são organizados em duas etapas que envolvem tarefas tanto aos estudantes quanto ao professor.

	Etapa 1: Preparação	Etapa 2: Apresentação oral
Professor	Definir tema e objetivos, explicitando as justificativas para o trabalho. Recomendar bibliografia e orientar a importância de buscar fontes de pesquisa confiáveis.	Organizar as apresentações e estabelecer o debate e o diálogo crítico entre os integrantes. Avaliar o processo com foco na construção de conhecimento proporcionada pelo trabalho.
Estudantes	Realizar pesquisa de maneira crítica, reunindo dados e informações sobre o tema. Ler sobre o tema, debater e preparar a apresentação para a turma.	Expor oralmente o resultado das pesquisas e debates do grupo. Apresentar ao professor um trabalho escrito (relatório ou síntese). Disponibilizar-se para esclarecer eventuais dúvidas levantadas ou buscar respostas para elas.

Fonte de pesquisa: MALUSÁ, S.; MELO, G. F.; BERNARDINO JÚNIOR, R. Seminário: da técnica de ensino à polinização de ideias. In: LEAL, E. A.; MIRANDA, G. J.; CASA NOVA, S. P. de C. *Revolucionando a sala de aula*: como envolver o estudante aplicando as técnicas de metodologias ativas de aprendizagem. São Paulo: Atlas, 2017. p. 75.

Entre as habilidades desenvolvidas por meio do trabalho com seminários estão a comunicação, o planejamento, o trabalho em equipe, a pesquisa e a criticidade.

Jigsaw (Quebra-cabeça)

O *jigsaw* – ou quebra-cabeça, em português – é uma estratégia de aprendizagem cooperativa que se realiza com base na organização de grupos estruturados em etapas.

A técnica é composta de três etapas. Veja no esquema abaixo como ocorre cada uma delas.

1ª ETAPA • Grupos de base

Na primeira etapa, a turma deve se organizar em grupos de base. O professor deve dividir um texto ou conteúdo de acordo com a quantidade de estudantes de cada grupo. Portanto, se foram formados grupos de cinco integrantes, o conteúdo deverá ser dividido em cinco partes. O professor deve entregar uma parte do conteúdo ou texto a cada estudante e disponibilizar um tempo para que eles leiam a sua parte do assunto. É importante que os estudantes de cada grupo tenham acesso somente à sua parte do trabalho.

2ª ETAPA • Grupos de especialistas

Na segunda etapa, os grupos são reconfigurados para grupos de especialistas, ou seja, devem-se formar novos grupos, integrados apenas por estudantes responsáveis pelas mesmas partes do conteúdo, os quais devem debater o que compreenderam do fragmento sob responsabilidade deles.

ILUSTRAÇÕES: LAÍS GARBELINI

MODERNA

3ª ETAPA • Grupos de base

Grupo A **Grupo B** **Grupo C** **Grupo D** **Grupo E**

Na terceira e última etapa, os estudantes voltam para o seu grupo de base e explicam aos colegas no que consistem as partes discutidas nos grupos de especialistas. Durante a dinâmica, o professor deve circular entre os grupos e, se perceber que algum estudante está com dificuldades em se comunicar com a equipe, pode intervir auxiliando-o a se expressar.

Uma das principais características dessa estratégia é possibilitar um trabalho em grupo sem dispensar o trabalho individual. A dinâmica incentiva uma interdependência positiva na qual os estudantes se sentem responsáveis por sua própria aprendizagem e pela dos colegas.

Gallery walk (Caminhada na galeria)

A estratégia *gallery walk* desenvolve a habilidade de síntese e estimula a interação, o trabalho em equipe e a socialização do conhecimento. Nela, os estudantes exibem seus trabalhos em cartazes afixados nas paredes, como obras de arte em uma galeria. Em seguida, os estudantes circulam pela sala, observando os cartazes afixados, trocando informações entre si e refletindo sobre o tema proposto.

Há diversas possibilidades de condução dessa estratégia: trabalhos individuais apresentados enquanto a turma percorre a galeria em conjunto; circulação livre dos estudantes pela "galeria", colando nos cartazes notas adesivas com dúvidas ou sugestões; entre outras.

Essa dinâmica pode ser aplicada na apresentação, na revisão ou mesmo na avaliação de conteúdos. Cabe ao professor definir os objetivos e o tema a ser trabalhado, orientando os estudantes em relação à atividade. Durante o processo, o docente assume o papel de observador, deixando que os estudantes se organizem e orientando e intervindo somente se necessário. Ao final, é importante promover um debate geral com a turma ou fazer uma breve explanação sobre os trabalhos e o processo da *gallery walk*.

Sorting strips (Tiras de classificação)

Na estratégia *sorting strips*, trechos de informações ou conteúdos são separados em tiras de papel para serem organizados em sequência ou classificados em categorias.

Essa dinâmica auxilia a sistematização da aprendizagem de modo colaborativo, incentivando a troca de ideias entre os estudantes e possibilitando a discussão de ideias opostas, complementares ou sequenciais ao conteúdo das tiras.

A estratégia pode ser utilizada para trabalhar a compreensão de processos, o encadeamento de ideias e os métodos de classificação.

Think-pair-share (Pensar-conversar-compartilhar)

Think-pair-share é uma estratégia de aprendizagem cooperativa que consiste em pensar individualmente sobre uma questão ou problema levantado pelo professor, compartilhar o raciocínio individual com um colega e, em seguida, socializar com um grupo maior os pensamentos e conclusões aos quais a dupla chegou.

Essa estratégia favorece os estudantes que não se sentem à vontade em compartilhar suas opiniões ou conhecimentos com a turma ou com um grande grupo, pois podem pensar sozinhos e conversar com um colega sobre uma situação antes de se posicionar diante de um grupo maior.

Think

O professor apresenta o problema e o estudante reflete individualmente sobre a situação.

Pair

O estudante reúne-se com um colega para trocar percepções sobre a situação.

É interessante que as duplas sejam definidas antes da questão ser exposta, a fim de que as reflexões dos estudantes não sejam interrompidas para que eles encontrem um par.

Share

As duplas se unem em grupos maiores para compartilhar as conclusões a que chegaram após a discussão conjunta. O grupo discute todas as percepções e chega a uma nova síntese das ideias com base na discussão coletiva.

Em outro modelo de socialização, o professor pode pedir a algumas duplas que compartilhem suas conclusões com toda a turma.

ILUSTRAÇÕES: LAÍS GARBELINI

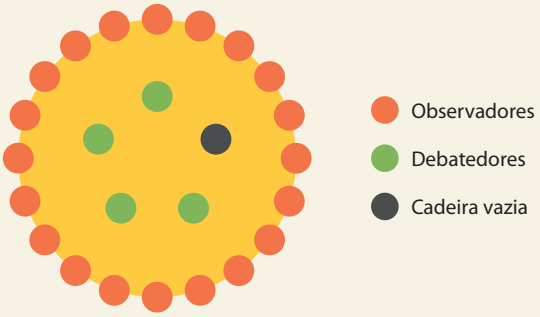
Essa estratégia desenvolve habilidades de oralidade e argumentação, além de incentivar os estudantes a ouvir e respeitar diferentes opiniões.

MODERNA

Fishbowl (Aquário)

Na estratégia *fishbowl*, um pequeno grupo de estudantes participa de uma discussão sobre determinado assunto ou conteúdo proposto pelo professor, enquanto o restante da turma observa e anota.

Para realizar essa dinâmica, as cadeiras da sala devem estar organizadas em dois círculos: um deles deve ser menor, cerca de cinco ou seis cadeiras, e ficar no centro; o outro deve ser maior, com a quantidade de cadeiras necessárias para acomodar o restante da turma.



LAÍS GARBELINI

Na dinâmica, o círculo interno é visto como um aquário, daí o nome *fishbowl*. Nele, sentam-se os estudantes que vão participar do debate. É importante que sempre haja uma cadeira vazia. Se o círculo formado tiver cinco cadeiras, por exemplo, apenas quatro estarão disponíveis. No círculo externo, ficam os estudantes que vão iniciar a atividade como observadores. Só os participantes do círculo interno podem se manifestar. Se um observador quiser acrescentar algo à discussão, ele deve se levantar, ocupar a cadeira vazia e então poderá participar. Nesse caso, a fim de manter uma cadeira vazia no círculo interno, um dos debatedores deve se voluntariar a se sentar na cadeira liberada pelo antigo observador. Fica à escolha do professor se todos os observadores deverão participar como debatedores ou não, em algum momento.

Essa estratégia promove a argumentação, o debate, a troca de experiências e o respeito ao direito e às opiniões dos colegas.

Quick writing (Escrita rápida)

Quick writing é uma estratégia que consiste em escrever uma resposta relacionada a um conteúdo em, no máximo, cinco minutos.

Essa dinâmica desenvolve a fluência na escrita e a capacidade de síntese. A pergunta é feita pelo professor e pode se relacionar tanto aos assuntos estudados como à vivência dos estudantes. É possível aplicar essa estratégia partindo de abordagens como: explicação de conceitos ou vocabulários de um texto, formulação de hipóteses ou inferências e explanação de conhecimentos prévios.

Turn and talk (Vire e fale)

Na estratégia *turn and talk*, o professor faz uma pergunta aos estudantes, que se viram para discutir a resposta com o colega ao lado. A dinâmica os auxilia a organizar suas ideias ao mesmo tempo em que compartilham e acolhem as contribuições dos colegas.

Não é necessário que o professor acompanhe as conversas, pois os objetivos principais dessa estratégia são: promover a interação, resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes e desenvolver a oralidade, a argumentação e o respeito às opiniões diferentes.

Four corners (Quatro cantos)

Four corners, ou "quatro cantos", é uma estratégia que desenvolve a argumentação e a capacidade de se posicionar diante de uma questão.

Nessa dinâmica, o professor deve fazer uma pergunta com quatro possibilidades de resposta, que podem ser posicionamentos sobre algum tema, modos de resolver um problema, hipóteses sobre determinado conteúdo, entre outras opções. A turma deve ser avisada que os quatro cantos da sala de aula correspondem cada um a uma possível resposta para a questão. Então, os estudantes devem escolher o canto que acharem mais adequado e se encaminhar para ele. Quem tiver dúvidas ou não se identificar com nenhuma resposta, pode ficar no centro da sala. Assim, os estudantes que se posicionaram podem debater com os outros as razões de terem escolhido aquele canto. Caso alguém mude de ideia durante a discussão, é possível trocar de canto.

Além do exercício de argumentação e de tomada de decisão, essa estratégia também pode ser utilizada para formar grupos heterogêneos, pois evidencia a diversidade da turma.

Polling (Sondagem)

A estratégia *polling* consiste em solicitar aos estudantes que votem na resposta que consideram mais adequada a uma pergunta. Ela pode ser utilizada tanto como avaliação de um processo ou de uma atividade como para dinamizar aulas expositivas, levando os estudantes a responder a questões relacionadas ao conteúdo enquanto a aula é ministrada.

Nessas sondagens, as respostas dos estudantes podem indicar novos direcionamentos para o professor durante as aulas. A votação pode ser feita com os estudantes levantando as mãos ou utilizando placas coloridas para responder. Também é possível votar de modo *on-line*, com o auxílio de aplicativos, permitindo que a atividade seja realizada anonimamente.

MODERNA

A etapa escolar do Ensino Médio busca o desenvolvimento integral dos jovens estudantes. Os objetivos pedagógicos, portanto, de acordo com as orientações da BNCC, devem propiciar aos jovens o desenvolvimento de competências, não apenas no sentido do saber, mas principalmente do saber fazer. Desse modo, nesta coleção, os estudantes são envolvidos em situações de estudo que perpassam suas necessidades e interesses, ampliam seus conhecimentos e permitem a mobilização desses conhecimentos visando atender às demandas do mundo em que vivem.

A avaliação das aprendizagens desses estudantes, portanto, como parte indissociável do processo de ensino-aprendizagem, deve estar alinhada a esses objetivos na atividade escolar.

A prática avaliativa tem sido cada vez mais reconhecida por sua importância como auxiliar no trabalho do professor e por seu caráter legítimo na validação da condução didático-pedagógica. Desse modo, faz-se necessário compreender a essência de algumas modalidades de avaliação e implementá-las de acordo com os objetivos definidos para cada momento do processo de ensino-aprendizagem.

Avaliação diagnóstica

Toda avaliação tem caráter diagnóstico, pois tenciona obter informações sobre o conhecimento ou a aprendizagem dos estudantes. Essa é uma prática muito importante ao se iniciar um assunto, pois permite identificar seus conhecimentos prévios. Desse modo, é possível tomar decisões sobre seu planejamento de ensino, caso seja necessário complementá-lo ou resumi-lo.

Avaliação somativa

Em geral, é realizada ao final do estudo de um assunto ou período e pode utilizar diferentes tipos de instrumento. Fornece dados ou informações que sintetizam os avanços na aprendizagem dos estudantes em relação a determinado assunto ou período. Busca, de forma pontual e conclusiva, sintetizar e registrar os resultados verificados, com finalidade informativa ou classificatória.

Avaliação formativa

É parte integrante de todo o processo de ensino-aprendizagem, pois busca melhorias no processo em curso. Oferece subsídios que respaldam a interferência no processo de atuação do professor e aprendizagem dos estudantes, com vistas ao seu aprimoramento. Desse modo, permite a retomada de conceitos e temas, a revisão e o ajuste da prática pedagógica.

A avaliação e o trabalho do professor

Alguns fatores são fundamentais para que a prática avaliativa possa auxiliar de modo efetivo o professor em seu trabalho diário.

Avaliação e prática pedagógica

É possível observar casos de práticas avaliativas que se limitam a uma verificação, na maioria das vezes, resumida a notas, seguidas de progressão e certificação. Essas práticas, em geral, estão relacionadas a encaminhamentos pedagógicos em que o professor é um transmissor de conhecimento e o estudante, um mero receptor. Por outro lado, em algumas metodologias nas quais os estudantes assumem o protagonismo no processo de construção e ampliação de seu conhecimento, a avaliação preocupa-se mais com "como" os estudantes aprendem e menos com "o que" eles aprendem. Portanto, o acompanhamento das aprendizagens está intrinsecamente relacionado à opção teórico-metodológica escolhida, ou seja, o modo como se avalia diz muito sobre o modo como se ensina, e vice-versa.

Uma prática constante

A avaliação não deve ser estanque ou limitada a determinados momentos. Uma prova ao final do estudo de um conteúdo não é suficiente para obter todas as informações necessárias sobre a aprendizagem de cada estudante. Desse modo, é necessário que haja a diversificação de dinâmicas e instrumentos de avaliação, assim como o registro das informações que elas fornecem sobre o processo de aprendizagem, e os dados obtidos devem ser analisados e confrontados constantemente, a fim de embasar o prosseguimento do trabalho do professor.

Há diferentes maneiras de se registrar a trajetória dos estudantes em relação à sua aprendizagem. Muitos professores utilizam relatórios de observação diária, construção de portfólio ou mesmo comentários em um diário de aulas. Esses registros, individuais, de pequenos grupos ou de toda a turma, podem conter descrições ou conceitos que indicam o progresso ou as dificuldades dos estudantes. Com base nesses apontamentos, é possível decidir sobre a retomada de explicações, sugestões de leituras ou atividades paralelas, auxiliando o acompanhamento dos estudantes em relação aos objetivos de aprendizagem estabelecidos. Esse aspecto qualitativo da prática avaliativa exige do professor uma postura ativa, reflexiva e reguladora em relação ao processo de ensino-aprendizagem. E, portanto, é inevitável que a avaliação seja constante, estando inserida em diversos momentos desse processo.

MODERNA

Na próxima página, apresentamos um modelo de relatório que pode auxiliar no acompanhamento da aprendizagem dos estudantes. O modelo traz itens de verificação diferentes em cada linha a fim de exemplificar as várias possibilidades de aplicação desse documento. É possível utilizar os objetivos de aprendizagem do estudo de cada unidade ou outros propostos em seus planejamentos. Também é possível acompanhar o desempenho dos estudantes em relação a uma habilidade a ser desenvolvida. Outra alternativa é registrar os indicadores de aprendizagem obtidos por meio de determinada atividade proposta ao grupo ou individualmente. O campo de observações é muito importante para que comentários e lembretes de detalhes sejam registrados e auxiliem nas decisões tomadas com base nos relatórios.

Lembramos que esse relatório figura como modelo que pode (e deve) ser adaptado de acordo com as necessidades e com a realidade de trabalho de cada turma ou escola.

Instrumentos de avaliação diversificados

Independentemente do instrumento de avaliação que o professor decida utilizar, é fundamental que estejam bem definidos os objetivos que se quer atingir por meio deles. Obter indicadores da aprendizagem dos estudantes deve ser a essência de cada instrumento de avaliação elaborado pelo professor. Portanto, provas objetivas ou discursivas, seminários, produções de textos, sínteses de pesquisas, debates, dramatizações, produções de esquemas ou desenhos e trabalhos em grupo ou individuais estão entre as variações possíveis.

Para o professor, é preciso estar claro os objetivos de ensino a ser investigados em relação à aprendizagem dos estudantes, os quais devem receber toda e qualquer orientação possível sobre a dinâmica proposta, de modo que estejam conscientes a respeito de como e quando serão avaliados.

Mas por que a avaliação deve ter essa diversificação? Porque os estudantes são diferentes, aprendem de diversas maneiras e expressam-se também de maneiras distintas. Alguns têm mais facilidade em aprender ouvindo explicações, outros precisam ler textos, resumos ou esquemas. Há estudantes que demonstram o que sabem por meio de conversas ou debates, mas têm dificuldade de se expressar por meio da escrita. Enquanto alguns têm facilidade em compreender raciocínios lógico-matemáticos, outros demonstram destreza na produção de textos.

A variedade de estratégias, como dinâmicas em grupo, individuais ou de participação anônima, por exemplo, também são recursos que auxiliam no trabalho com grupos de diferentes perfis. O incentivo à socialização, a junção de grupos heterogêneos, a relevância dos temas de estudos e o envolvimento dos jovens também podem tornar eficaz o trabalho de professores e estudantes no processo de ensinar, aprender e avaliar.

A avaliação nesta coleção

A presente coleção apresenta oportunidades constantes de avaliação do processo de ensino-aprendizagem, privilegiando dinâmicas diversificadas.

Para tanto, ao longo das unidades temáticas, são apresentadas dinâmicas e atividades variadas, com a exploração de diversos recursos (textuais e imagéticos), ocasiões que permitem o acompanhamento do professor em relação à aprendizagem dos estudantes.

O professor também dispõe, neste suplemento, de diversas orientações com dicas pontuais, alinhadas aos objetivos de ensino e a uma avaliação formativa. Destacamos o boxe **Acompanhamento da aprendizagem**, que apresenta, em geral, orientações específicas sobre momentos de avaliação, com sugestões sobre como o professor pode obter informações a respeito da aprendizagem dos estudantes e as possibilidades de como melhor proceder estando de posse dessas informações.

A autoavaliação também é uma ferramenta que colabora coerentemente com o propósito de que os estudantes assumam o protagonismo no processo de formação do conhecimento. Ao final de cada unidade temática, sugerimos questões relacionadas às competências que buscamos desenvolver ao longo do estudo da unidade e que permitem a sistematização de conhecimentos, necessária para um bom desempenho em exames de larga escala. O professor pode acompanhar essa proposta por meio das orientações específicas apresentadas neste suplemento.

MODERNA

Modelo de relatório de acompanhamento da aprendizagem							
NOME DO ESTUDANTE							
Componente curricular			**Ano**		**Turma**		
Objetivos/habilidades ou atividades propostas	**Período letivo do registro**			**Apresentou progressos durante o período letivo indicado?**			
	NÃO consegue executar	**Executa com DIFICULDADE**	**Executa com FACILIDADE**	**SIM**	**NÃO**		
Conhecer e analisar modelos científicos que explicam a posição dos astros no Universo.							
(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.							
Pesquisar e analisar informações sobre os diferentes modelos que explicam as posições e os movimentos dos astros e discutir os contrapontos e como a sociedade reagiu diante da apresentação de cada modelo.							
OBSERVAÇÕES							

MODERNA

COMPETÊNCIAS, HABILIDADES E CONTEÚDOS DESENVOLVIDOS NESTE VOLUME

Os conteúdos abordados nesta coleção são distribuídos de maneira que os temas referentes aos componentes curriculares de **Biologia**, **Física** e **Química** para o Ensino Médio sejam contemplados de maneira articulada, constituindo a área Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A sequência de conteúdos é proposta de acordo com a BNCC do Ensino Médio, de forma a contemplar todas as habilidades e competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias descritas nesse documento. Além disso, o trabalho com os temas é realizado de forma a desenvolver as competências gerais e os Temas contemporâneos transversais da BNCC do Ensino Fundamental, que continuam válidos para o Ensino Médio, além de possibilitar estabelecer relações com habilidades referentes à área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Veja a seguir um quadro que apresenta os principais conteúdos, habilidades, competências e temas contemporâneos transversais desenvolvidos em cada unidade e capítulo.

	Capítulo	Conteúdos e conceitos principais	Competências gerais e específicas	Habilidades	Temas contemporâneos transversais
Unidade 1	1	> As ideias de Lamarck para explicar as transformações das espécies ao longo do tempo. > As ideias de Darwin e Wallace. > Seleção natural. > Síntese moderna evolutiva. > Especiação natural. > Evidências evolutivas. > Equívocos sobre evolução.	> CG1; CG2; CG3; CG4; CG7; CG9. > CECNT2; CECNT3; CECHSA2.	> EM13CNT201; > EM13CHS204.	> Diversidade cultural.
	2	> História geológica da Terra. > Filogenia do ser humano. > História evolutiva do ser humano. > Características de alguns gêneros de hominídeos.	> CG1; CG2; CG3; CG4; CG5; CG6; CG9. > CECNT2; CECNT3; CECHSA5; CEMAT1.	> EM13CNT208; > EM13CHS501; > EM13MAT101.	> Diversidade cultural; > Trabalho.
	3	> Decaimento nuclear. > Meia-vida. > Datação por carbono-14. > Datação por potássio/argônio. > Datação por urânio/tório.	> CG1; CG2; CG4. > CECNT2; CECNT3.	> EM13CNT205; > EM13CNT301; > EM13CNT303.	
	4	> Importância das máquinas simples. > Histórico do desenvolvimento das máquinas simples. > Rodas e polias. > Aplicações de rodas e polias. > Tipos de polia. > Associação de polias. > Alavancas. > Tipos de alavanca. > Aplicações de alavancas. > Plano inclinado. > Aplicações de planos inclinados. > Uso de máquinas simples em equipamentos modernos.	> CG1; CG2; CG3; CG5; CG9. > CECNT2; CECNT3; CECHS4; CDCHS5.	> EM13CNT204; > EM13CNT301; > EM13CHS401; > EM13CHS503.	> Educação em direitos humanos.
Unidade 2	1	> Nutrição humana. > Digestão e absorção dos nutrientes. > Estrutura do sistema digestório. > Transporte e distribuição de nutrientes e gases pelo corpo. > Sistema cardiovascular. > Estrutura do sistema cardiovascular. > Respiração celular.	> CG2; CG9. > CECNT2; CECNT3; > CECHSA4.	> EM13CNT202; > EM13CNT301.	> Educação alimentar e nutricional; > Saúde.
	2	> Movimentação do corpo humano. > Sustentação do corpo. > Estrutura do esqueleto humano. > Osteoporose.	> CG2; CG7; CG8; CG9. > CECNT2; CECNT3; CECHSA1;	> EM13CNT201; > EM13CNT304; > EM13CHS102; > EM13CHS104.	> Saúde.

MODERNA

	Capítulo	Conteúdos e conceitos principais	Competências gerais e específicas	Habilidades	Temas contemporâneos transversais
Unidade 2	2	> Articulações. > Tipos de articulação. > Músculos. > Estrutura dos músculos. > Ação dos músculos nos ossos e nas articulações. > Coordenação dos movimentos e regulação do corpo humano. > Parte central e parte periférica do sistema nervoso. > Origem e transmissão de impulsos nervosos. > Hormônios. > Receptores sensoriais.	> CECHSA4.		
	3	> Tipos de alavanca. > Torque. > Equilíbrio de corpo extenso. > Centro de gravidade. > Centro de massa.	> CG1; CG2; CG5; CG8; CG9. > CECNT2; CECNT3.	> EM13CNT204; > EM13CNT301.	> Saúde.
	4	> Tipos de movimento comum em práticas esportivas. > Velocidade. > Aceleração. > Movimento uniforme e movimento uniformemente variado. > Movimento circular. > Movimento circular uniforme.	> CG2; CG5. > CECNT2; CECNT3.	> EM13CNT204; > EM13CNT306.	> Saúde.
	5	> Trabalho. > Forças conservativas. > Energia potencial elástica. > Energia potencial gravitacional. > Energia cinética. > Conservação de energia. > Potência. > Rendimento. > Quantidade de movimento e impulso. > Conservação da quantidade de movimento.	> CG2; CG4; CG5. > CECNT1.	> EM13CNT101.	> Educação para o trânsito.
	6	> Equilíbrio químico e saúde bucal. > Reações reversíveis. > Equilíbrio químico. > Constantes de equilíbrio. > Equilíbrios heterogêneos. > Fatores que alteram o equilíbrio químico.	> CG1; CG3; CG4; CG8; CG9. > CECNT1; CECNT2.	> EM13CNT101; > EM13CNT208.	> Saúde.
	7	> Equilíbrio iônico e pH. > Definições de ácido e base segundo Arrhenius. > Definições de ácido e base segundo Brønsted-Lowry. > Constante de ionização da água (pH e pOH). > Métodos de determinação de pH. > Constantes de ionização e de dissociação. > Solução-tampão.	> CG1; CG2; CG4; CG8; CG9. > CECNT1; CECNT3.	> EM13CNT101; > EM13CNT104; > EM13CNT301; > EM13CNT306.	> Saúde.
	8	> Hidrólise salina. > Hidrólise de um sal de ácido fraco e base forte. > Hidrólise de um sal de ácido forte e base fraca. > Hidrólise de um sal de ácido fraco e base fraca. > Hidrólise de um sal de ácido forte e base forte. > Produto de solubilidade.	> CG2; CG5; CG7; CG8; CG9; CG10.	> EM13CNT101; > EM13CNT207; > EM13CNT301; > EM13CNT307.	> Educação alimentar e nutricional; > Saúde; > Educação em direitos humanos; > Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso.

MODERNA

Veja a seguir os textos das habilidades trabalhadas nesse volume.

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.
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.
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).
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.
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.
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.
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.
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.
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.
EM13CHS104	Analisar objetos e vestígios da cultura material e imaterial de modo a identificar conhecimentos, valores, crenças e práticas que caracterizam a identidade e a diversidade cultural de diferentes sociedades inseridas no tempo e no espaço.
EM13CHS204	Comparar e avaliar os processos de ocupação do espaço e a formação de territórios, territorialidades e fronteiras, identificando o papel de diferentes agentes (como grupos sociais e culturais, impérios, Estados Nacionais e organismos internacionais) e considerando os conflitos populacionais (internos e externos), a diversidade étnico-cultural e as características socioeconômicas, políticas e tecnológicas.
EM13CHS501	Analisar os fundamentos da ética em diferentes culturas, tempos e espaços, identificando processos que contribuem para a formação de sujeitos éticos que valorizem a liberdade, a cooperação, a autonomia, o empreendedorismo, a convivência democrática e a solidariedade.
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.
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.

MODERNA

SUGESTÕES DE CRONOGRAMAS

Apresentamos, a seguir, uma proposta de cronograma que o professor pode utilizar para elaborar seu planejamento. No entanto, cabe ao professor decidir de que modo utilizar o livro didático como apoio pedagógico, seguindo critérios de seleção dos temas das unidades conforme o projeto pedagógico da escola, as condições de cada turma, a carga horária e a grade curricular. Da maneira como a coleção está estruturada, o professor tem autonomia pedagógica para decidir como vai proceder: quais unidades pretende ou não abordar, se serão trabalhadas no todo ou em partes, se vai seguir a ordem apresentada ou reagrupar as unidades pelos critérios organizativos que preferir, como fará as pontes entre as unidades dentro desses critérios etc.

Sugestão de cronograma semestral

Nesse caso, considerando que a duração do curso seja de 6 semestres, este volume pode ser trabalhado em 1 semestre.

Sugestão de cronograma semestral	
Semana 1	Unidade 1 • Capítulo 1
Semana 2	Unidade 1 • Capítulo 1
Semana 3	Unidade 1 • Capítulo 2
Semana 4	Unidade 1 • Capítulo 2
Semana 5	Unidade 1 • Capítulo 2
Semana 6	Unidade 1 • Capítulo 3
Semana 7	Unidade 1 • Capítulo 3
Semana 8	Unidade 1 • Capítulo 4
Semana 9	Unidade 1 • Capítulo 4
Semana 10	Unidade 2 • Capítulo 1
Semana 11	Unidade 2 • Capítulo 2
Semana 12	Unidade 2 • Capítulo 2
Semana 13	Unidade 2 • Capítulo 3
Semana 14	Unidade 2 • Capítulo 3
Semana 15	Unidade 2 • Capítulo 4
Semana 16	Unidade 2 • Capítulo 4
Semana 17	Unidade 2 • Capítulo 5
Semana 18	Unidade 2 • Capítulo 5
Semana 19	Unidade 2 • Capítulo 6
Semana 20	Unidade 2 • Capítulo 6
Semana 21	Unidade 2 • Capítulo 7
Semana 22	Unidade 2 • Capítulo 7
Semana 23	Unidade 2 • Capítulo 8
Semana 24	Unidade 2 • Capítulo 8

Sugestão de cronograma trimestral

Nesse caso, considerando que a duração do curso seja de 9 trimestres, este volume pode ser trabalhado em 1 trimestre e meio, ou seja, aproximadamente 14 semanas.

Sugestão de cronograma trimestral	
Semana 1	Unidade 1 • Capítulo 1
Semana 2	Unidade 1 • Capítulo 1
Semana 3	Unidade 1 • Capítulo 2
Semana 4	Unidade 1 • Capítulo 2
Semana 5	Unidade 1 • Capítulo 3
Semana 6	Unidade 1 • Capítulo 4
Semana 7	Unidade 2 • Capítulo 1
Semana 8	Unidade 2 • Capítulo 2
Semana 9	Unidade 2 • Capítulo 3
Semana 10	Unidade 2 • Capítulo 4
Semana 11	Unidade 2 • Capítulo 5

MODERNA

Semana 12	Unidade 2 • Capítulo 6
Semana 13	Unidade 2 • Capítulo 7
Semana 14	Unidade 2 • Capítulo 8

Sugestão de cronograma bimestral

Nesse caso, considerando que a duração do curso seja de 12 bimestres, este volume pode ser trabalhado em 2 bimestres, ou seja, aproximadamente 16 semanas.

Sugestão de cronograma bimestral	
Semana 1	Unidade 1 • Capítulo 1
Semana 2	Unidade 1 • Capítulo 1
Semana 3	Unidade 1 • Capítulo 2
Semana 4	Unidade 1 • Capítulo 2
Semana 5	Unidade 1 • Capítulo 3
Semana 6	Unidade 1 • Capítulo 4
Semana 7	Unidade 1 • Capítulo 4
Semana 8	Unidade 2 • Capítulo 1
Semana 9	Unidade 2 • Capítulo 2
Semana 10	Unidade 2 • Capítulo 2
Semana 11	Unidade 2 • Capítulo 3
Semana 12	Unidade 2 • Capítulo 4
Semana 13	Unidade 2 • Capítulo 5
Semana 14	Unidade 2 • Capítulo 6
Semana 15	Unidade 2 • Capítulo 7
Semana 16	Unidade 2 • Capítulo 8

MODERNA

ORIENTAÇÕES, SUGESTÕES E RESPOSTAS PARA CADA UNIDADE

Neste tópico do **Suplemento para o professor**, serão apresentados os objetivos das unidades, bem como as justificativas da pertinência do trabalho com os temas e os conteúdos apresentados ao longo dos capítulos. Para os conteúdos trabalhados em cada capítulo, serão apresentados ao professor comentários e sugestões de atividade e de materiais complementares às informações apresentadas no **Livro do estudante**, assim como estratégias de avaliação e de metodologias ativas. Além disso, serão propostas sugestões de como o professor pode abordar e trabalhar o conteúdo das páginas de abertura das unidades. Dessa maneira, esse tópico fornece subsídios para o professor ministrar sua aula.

UNIDADE 1

Evolução humana

Nessa unidade são abordados conteúdos relacionados aos princípios e evidências evolutivas, bem como o surgimento do *Homo sapiens* (possibilitando o trabalho com o componente curricular **Biologia**). A unidade também aborda o processo de datação dos fósseis (possibilitando o trabalho com o componente curricular **Química**) e o mecanismo e a utilidade de ferramentas e máquinas simples desenvolvidas pelos seres humanos (possibilitando o trabalho com o componente curricular **Física**).

Objetivos da unidade

- Conhecer os princípios evolutivos.
- Analisar as evidências evolutivas.
- Conhecer a história evolutiva dos seres humanos.
- Compreender o processo de datação dos fósseis.
- Conhecer diferentes tipos de ferramentas e máquinas simples desenvolvidas pelos seres humanos e compreender seus princípios de funcionamento.

Justificativas

Nessa unidade são abordados conteúdos relacionados à evolução humana. De maneira geral, esse assunto fornece subsídios para os estudantes desenvolverem a habilidade **EM13CNT201**, pois apresenta modelos, teorias e leis propostas a respeito do processo de evolução dos seres vivos em diferentes épocas, levando-os a analisar cada um desses aspectos. Além disso, possibilita aos estudantes aplicar os princípios da evolução biológica e, consequentemente, analisar a história humana e suas relações com o ambiente, o que contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT208**. Por fim, o conhecimento sobre o funcionamento e a utilidade de ferramentas e máquinas simples desenvolvidas ao longo da evolução dos seres humanos fornece subsídios para os estudantes elaborarem explicações e cálculos a respeito dos movimentos dos objetos na Terra, o que contribui com o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**. A abordagem dessa unidade também possibilita o desenvolvimento de várias competências gerais e específicas, as quais serão apontadas ao longo deste suplemento.

Abertura da unidade

Páginas 12 e 13

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas possibilita o desenvolvimento do tema contemporâneo transversal **Trabalho**, pois apresenta aos estudantes a importância do estudo da Arqueologia e da Paleontologia para compreender a evolução dos seres vivos e mostra a contribuição do arqueólogo e do paleontólogo para esse estudo. Além disso, possibilita o desenvolvimento da **competência geral 6**, pois fornece subsídios que incentivam a valorização da diversidade de saberes e o conhecimento sobre diferentes profissões, o que contribui com o projeto de vida dos estudantes.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar interessante, inicie a abordagem dessas páginas aplicando a estratégia *one minute paper* (papel de um minuto). Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XX** deste suplemento. Antes de ler o texto de abertura da unidade com os estudantes, oriente-os a observar a imagem. Em seguida, peça que destaquem uma folha de caderno e escrevam, em um minuto, a importância da profissão desempenhada pela mulher representada na fotografia, bem como o papel das mulheres nos estudos científicos ao longo do tempo.
- Peça que compartilhem suas ideias com os colegas. Ao final, recolha as atividades dos estudantes a fim de avaliar seus conhecimentos prévios a respeito do assunto a ser trabalhado na abertura da unidade.

- Comente com os estudantes que a Paleontologia no Brasil teve início com o naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880), o qual fez várias escavações na região de Minas Gerais, descrevendo a fauna de mamíferos locais, bem como as mudanças ambientais que ocorreram desde o Pleistoceno.

MODERNA

Respostas

A Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é incentivar a participação dos estudantes e o compartilhamento de suas experiências. Caso nenhum deles tenha visto algum tipo de fóssil, avalie a possibilidade de agendar uma visita a um museu arqueológico, paleontológico ou de história natural que possua fósseis e objetos de civilizações passadas. Também é possível fazer uma visita virtual em alguns desses museus, como os sugeridos a seguir. Considere também a possibilidade de, ao acessar o *site* desses museus, baixar algumas imagens e informações dessas coleções.

> *Museu Nacional de História Natural e da Ciência*. Disponível em: <https://museus.ulisboa.pt/pt-pt/visita-virtual>. Acesso em: 11 ago. 2020.

> *National Archaeological Museum*. Disponível em: <https://www.namuseum.gr/en/collections/>. Acesso em: 11 ago. 2020.

B Espera-se que os estudantes comentem que, ao preservar esses locais, preservam-se também os respectivos materiais, a fim de promover o conhecimento acerca da história evolutiva dos seres vivos, mais especificamente da espécie humana. Além disso, o conhecimento do passado nos ajuda a entender o presente e, por vezes, o futuro.

C Espera-se que os estudantes comentem que a análise desses vestígios e restos de seres vivos, bem como de objetos e ferramentas, ajuda-nos a compreender como esses ancestrais interagiam com o ambiente e com outros seres vivos, além de denotar seus modos de vida e suas características físicas. Todas essas informações evidenciam as mudanças pelas quais a humanidade passou desde a origem do *Homo sapiens*, inclusive antes dele, bem como as características atuais e sua importância, tendo em vista que tais características foram naturalmente selecionadas ao longo da evolução. Além disso, podemos compreender alguns aspectos culturais humanos e o modo como nos relacionamos com o meio onde vivemos.

D O objetivo dessa questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto. Anote as principais informações na lousa e incentive-os a explicar o método citado e como obtiveram esse tipo de informação (livros, filmes, *sites*).

CAPÍTULO 1
Princípios evolutivos

Objetivos

- Conhecer o histórico do estudo da Evolução dos seres vivos.
- Diferenciar fixismo de criacionismo e evolucionismo.
- Conhecer e analisar as ideias de Lamarck.
- Conhecer e analisar as ideias de Darwin e Wallace.
- Diferenciar as ideias de Lamarck das de Darwin.
- Identificar exemplos de especiação e de seleção sexual.
- Reconhecer a influência das ideias de Mendel e de Darwin para a síntese moderna da evolução.
- Constatar a influência da mutação, da recombinação gênica e da deriva genética nas ideias de evolução.
- Conhecer exemplos de especiação e seus efeitos nas populações.
- Analisar evidências evolutivas.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Biologia**.

Página 14

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com esse capítulo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201**, pois fornece aos estudantes subsídios para analisarem modelos, teorias e leis propostas em diferentes épocas sobre a evolução da vida na Terra e compará-los com as teorias científicas aceitas atualmente. Além disso, contribui com o desenvolvimento da **competência geral 1**, pois incentiva os estudantes a valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre a evolução da vida na Terra.
- As questões **1** e **2** dessa página favorecem o desenvolvimento da **competência geral 2**, pois incentiva os estudantes a analisar hipóteses a respeito da biodiversidade da Terra.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para iniciar o trabalho com esse capítulo, pergunte aos estudantes se eles acreditam que os seres vivos sempre existiram tal como são atualmente. Questione sobre os dinossauros, perguntando como eles eram, se realmente existiram e como eram as características da Terra no passado. Anote as respostas, identificando se as ideias deles são influenciadas por crenças ou por evidências. Aproveite essas anotações para adequar seu plano de trabalho docente, se necessário.

- Muitos estudantes devem apresentar dúvidas sobre o conceito de evolução. Sobre isso, leia para eles o trecho do texto a seguir.

> [...]
>
> Existe, porém, um tipo particular de mudança que parece ocorrer continuamente e apresentar uma componente direcional. Essa alteração é chamada de evolução. A primeira ideia generalizada de que o mundo

MODERNA

não é estático, como propõe a história da criação, mas está evoluindo, data do século XVIII. [...] Assim como mudanças graduais no desenvolvimento de um organismo levam do óvulo fecundado ao indivíduo adulto, imaginou-se que o mundo orgânico como um todo se moveria dos organismos mais simples para outros cada vez mais complexos, culminando no homem. O primeiro a expor a ideia em detalhes foi o naturalista francês Lamarck. A palavra evolução, que havia originalmente sido aplicada por Charles Bonnet para se referir ao desenvolvimento do óvulo, foi transferida para o desenvolvimento da vida. [...]

O que está de fato envolvido nesta mudança contínua do mundo orgânico? A questão foi, a princípio, bastante discutida, embora Darwin já conhecesse a resposta. Finalmente, durante a síntese evolucionista [...], surgiu um consenso: "Evolução é a mudança das propriedades de populações de organismos ao longo do tempo.". Em outras palavras, a população pode ser considerada como a unidade da evolução. Os genes, indivíduos e espécies também têm seus papéis, mas é a modificação das populações que caracteriza a evolução dos organismos vivos.

[...]

MAYR, E. *O que é a Evolução*. Trad. Ronaldo Sergio de Biasi; Sergio Coutinho de Biasi. Rio de Janeiro: Rocco, 2009. p. 27-28.

- Ao abordar o texto da página **14**, atribuído ao naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882), explique aos estudantes que muitas pessoas acreditam no fixismo, em que os seres vivos seriam imutáveis. Questione as afirmações da Ciência, segundo a qual as espécies mudam ao longo do tempo. Pergunte como eles explicam a descoberta de fósseis de seres vivos nunca vistos pelo ser humano. Trata-se de uma maneira de incentivar a reflexão sobre a importância do estudo da evolução e como ela ocorre.
- Converse com eles sobre a natureza da Ciência, explicando que ela não busca desmentir ou conflitar com crenças. Diga que, assim como mitos, lendas e crenças, a Ciência busca explicações para a existência de vida no planeta. Enquanto as crenças buscam explicações sobrenaturais, a Ciência se baseia em evidências, fatos e teorias embasadas e aceitas cientificamente.
- Para explorar as ideias acerca da transformação, apresente aos estudantes o exemplo do naturalista francês Georges-Louis Leclerc (1707-1788), mais conhecido como conde de Buffon, para explicar as diferenças e as semelhanças entre os canídeos. Ele acreditava em um molde ancestral interno, do qual se originariam espécies semelhantes. Segundo ele, um canídeo ancestral, por exemplo, teria se dispersado pelo mundo, assim cada tipo de canídeo teria sofrido diferentes influências do ambiente, alterando seu molde ancestral interno. Essas alterações teriam resultado nos canídeos que conhecemos atualmente. Embora Buffon explicasse a semelhança entre vários seres vivos e sugerisse que são aparentados biologicamente, ele não pôde responder como teria surgido o primeiro cão com o molde ancestral. Quanto a isso, ele argumentou que poderia ser resultado da geração espontânea, ou seja, o material vivo teria surgido de outro não vivo. Dessa forma, ele acreditava que a geração espontânea seria responsável pela origem de diferentes seres vivos, mesmo os mais complexos.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Organize a turma em grupos de quatro a seis integrantes para pesquisar a respeito de mulheres cujos trabalhos foram fundamentais para os estudos acerca da evolução dos seres vivos. Oriente-os a buscar biografia pessoal e profissional, bem como as contribuições dessas mulheres.
- Aproveite o momento para explorar o papel das mulheres nas teorias de evolução. Veja algumas sugestões.
  - > A paleontóloga inglesa Mary Anning (1799-1847) coletava fósseis. Aos 12 anos de idade ela descobriu, com o pai, um crânio de ictiossauro e, ao longo da vida, descobriu vários outros fósseis.
  - > A cientista inglesa Rosalind Franklin (1920-1958) foi uma das pesquisadoras que colaborou com a descoberta da estrutura de DNA. Apesar de Rosalind não ter levado crédito, essa descoberta teve uma enorme contribuição para estabelecer a relação entre o DNA e a evolução dos seres vivos.
  - > A arqueóloga e paleoantropóloga inglesa Mary Leakey (1913-1996) estudou Antropologia e Paleontologia na University College London. Ela realizou escavações e, com o marido, descobriu crânios humanos do gênero *Australopithecus*, o que foi fundamental para o estudo da evolução humana.
  - > A etóloga inglesa Jane Goodall (1934-) é muito conhecida pelos estudos a respeito do comportamento de chimpanzés. Seu trabalho, associado às descobertas dos Leakey, foram fundamentais para entender o comportamento e o modo de vida dos primeiros hominídeos.
  - > A cientista estadunidense Barbara McClintock (1902-1992) estudou especialmente as partes dos cromossomos, descobrindo o papel do telômero e do centrômero nos cromossomos. Ela também descreveu como alguns genes são expressos e outros não. Suas contribuições foram fundamentais para os conhecimentos atuais em evolução.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Caso julgue interessante, oriente os estudantes a produzir cartazes sobre a pesquisa proposta na **Atividade complementar**. Em seguida, proponha uma exposição dos trabalhos em homenagens às mulheres envolvidas com pesquisas científicas.

MANOBRA

- Essa exposição pode ser feita por meio da estratégia *gallery walk* (caminhada na galeria). Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento. Para isso, peça aos estudantes que afixem os cartazes nas paredes da sala e oriente-os a caminhar por eles a fim de observá-los e discutir com os colegas a respeito das respectivas informações, bem como a respeito das opiniões uns dos outros. Distribua notas adesivas para escreverem opiniões, sugestões ou elogios sobre os trabalhos apresentados. Se possível, convide outros professores para visitar a exposição.
- Após a apresentação dos trabalhos, promova um debate entre os estudantes a fim de relatarem suas conclusões sobre os trabalhos. Pergunte por que muitas cientistas não são lembradas pelas suas contribuições à Ciência, levando-os a reconhecer a importância de destacar o papel das mulheres nas diversas áreas de estudo científico.
- Essa abordagem possibilita o trabalho com a **competência geral 1**, pois mostra como alguns conhecimentos foram historicamente construídos, valorizando as contribuições dessas mulheres para o desenvolvimento científico.

Páginas 15 a 18

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com o mapa da página **16**, que mostra o trajeto percorrido pelo navio Beagle, favorece o desenvolvimento da **competência geral 4**, pois incentiva os estudantes a utilizar diferentes linguagens para obter informações.
- A questão proposta no **boxe complementar** na página **18** incentiva os estudantes a argumentar e apresentar seu ponto de vista, de maneira ética e respeitosa, sobre uma questão que envolve a consciência ambiental, o que favorece o desenvolvimento da **competência geral 7**.

- Ao trabalhar com as ideias de Lamarck, na página **15**, comente com os estudantes que o exemplo do comprimento do pescoço da girafa é comumente usado para representar a aplicação das ideias defendidas por esse cientista. No entanto, Lamarck não apresentou o comprimento do pescoço da girafa como exemplo de suas teorias. Diga aos estudantes que estudos de diferentes cientistas têm mostrado que o tamanho do pescoço da girafa não tem relação com a capacidade de alcançar as folhas mais altas das árvores. Há evidências de que esses animais se alimentam de folhas de árvores em diferentes alturas. Assim, é provável que essa característica favoreça sua sobrevivência por tornar esses animais capazes de visualizar predadores a distância. Apesar disso, optamos por essa abordagem por ser um exemplo didático e de fácil compreensão. Enfatize que as ideias de Lamarck, embora já refutadas cientificamente, foram muito importantes para o desenvolvimento do conhecimento científico, pois foram um marco na ciência evolutiva, já que esse cientista defendia que as espécies poderiam mudar ao longo do tempo.
- Diga aos estudantes que o zoólogo francês Georges Cuvier (1769-1832), ao comparar ancestrais e descendentes, não encontrou seres vivos com características intermediárias. Assim, não havia indícios de que as características se modificavam gradativamente ao longo do tempo. Cuvier acreditava que os organismos haviam sido construídos harmoniosamente e estariam adaptados e que, caso ocorresse qualquer mudança, eles seriam destruídos.
- Peça aos estudantes que comparem as ideias de Buffon com as do biólogo e naturalista francês Lamarck (1744-1829). Explique a eles que, enquanto para Buffon diferentes espécies podiam se originar pelas adaptações ao ambiente, por meio de um ancestral comum surgido graças à geração espontânea, para Lamarck várias formas de vida mais simples teriam surgido por meio da geração espontânea, originando as formas de vida mais complexas sem um ancestral comum entre as espécies.
- Atualmente, cogita-se a possibilidade de haver transmissão de características epigenéticas adquiridas. Isso se assemelha à ideia defendida por Lamarck. Explique aos estudantes que os genes atuam na síntese ou na regulação da síntese de proteínas específicas. Algumas modificações depois da transcrição ou da tradução podem auxiliar nessa regulação e estas podem ser passadas para os descendentes. Esse fato tem relação com a epigenética, cujo assunto pode ser lido no trecho do texto a seguir.

[...]

O termo epigenética foi usado pela primeira vez por Conrad Waddington em 1942 para descrever como, por meio do processo de desenvolvimento, um genótipo produz um fenótipo. Waddington combinou as palavras "epigênese" que é como um embrião se desenvolve, com "genética", o estudo dos genes e da hereditariedade. O objetivo de Waddington era incentivar a união da genética e do desenvolvimento. Entretanto, seu uso do termo antecedeu nossa moderna compreensão do DNA e da estrutura do cromossomo e atualmente a epigenética tem um significado mais restrito.

A raiz grega *epi* significa *sobre* ou *acima*; a epigenética veio para representar a herança de variação acima e além das diferenças na sequência de DNA. Atualmente, a epigenética se refere, de modo geral, aos fenótipos e processos que são transmitidos para outras células e às vezes, a futuras gerações, mas não são o resultado das diferenças na sequência de bases do DNA. Os efeitos epigenéticos são causados por mudanças na expressão gênica resultantes de alterações à estrutura de cromatina ou outros aspectos da estrutura do DNA, como a metilação do DNA. Uma definição de um traço epigenético é: um fenótipo herdado com estabilidade resultante de mudanças na cromatina sem alterações na sequência de DNA. Alguns pesquisadores ampliaram a definição de epigenética de modo a incluir qualquer alteração da estrutura da cromatina ou do DNA que afete a expressão gênica. [...]

EM MODERNA

Muitas mudanças epigenéticas são estáveis, persistindo por divisões celulares ou até gerações. Entretanto, as alterações epigenéticas também são potencialmente influenciadas por fatores ambientais. Por exemplo, foi demonstrado que o estresse ambiental altera a metilação do gene *Bdnf* do rato, que codifica um fator de crescimento importante no desenvolvimento do cérebro. A metilação do DNA foi correlacionada com a expressão de genes e os fenótipos produzidos. Como veremos, a metilação do DNA alterada consegue ser replicada durante a divisão celular, resultando em descendentes com o novo fenótipo, embora não exista diferença correspondente na sequência de bases de DNA dos indivíduos que "herdam" o novo fenótipo. O fato de que os traços epigenéticos podem ser induzidos por fatores ambientais e transmitidos a futuras gerações foi interpretado por alguns para significar que os genes têm memória por meio da epigenética, que os fatores ambientais que atuam sobre os indivíduos podem ter efeitos que são transmitidos para futuras gerações [...]. A epigenética tem sido chamada de "herança, mas não como a conhecemos".

A epigenética está fornecendo uma explicação para como alterações fora da sequência de DNA conseguem influenciar o fenótipo e como essas mudanças são herdadas. Também está fazendo contribuições importantes para o estudo do comportamento, ciência ambiental, câncer, neurobiologia e farmacologia. [...]

PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Trad. Beatriz Araujo do Rosário. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. p. 902.

SALA DOS PROFESSORES

- Ao trabalhar as ideias do economista inglês Thomas Malthus (1766-1834) na página **17**, aproveite para desenvolver um trabalho conjunto com a área de **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, especificamente com o componente curricular **Geografia** e também com a área de **Matemática e suas Tecnologias**.
- A teoria malthusiana afirma que o crescimento ilimitado da população humana acarretaria guerras e fome. Sobre isso, leia o trecho do texto a seguir.

> [...] O inglês Thomas Robert Malthus (1766-1834) elaborou um ensaio com um modelo que estimava o crescimento da população mundial, em 1798. Para criar o modelo, Malthus considerou algumas hipóteses, como: "[...] os casais sempre vão ter muitos filhos, pois o sexo dentro do casamento é uma obrigação matrimonial dos cônjuges e tem um objetivo generativo" (ALVES, 2002, p. 18). Segundo Malthus há um fundo de subsistência que só depende do trabalho agrícola e, a partir do valor desse fundo, é definida a condição para se ter mais ou menos filhos. Para ele, quando a produção agrícola é maior, aumenta o valor monetário do fundo, o que acarreta um "estímulo ao crescimento populacional", assim os trabalhadores poderiam oficializar a união mais jovens, quando a taxa de fertilidade é maior, consequentemente o número de filhos por casal também aumentaria. De maneira análoga, caso o valor do fundo diminua, há um desestímulo ao casamento precoce e, assim, uma diminuição na taxa de crescimento populacional. [...]
>
> BIFFI, L. C. R.; DA SILVA, B. G.; TRIVIZOLI, L. M. Uma contextualização histórica para o modelo clássico de Malthus. *Hipátia*, v. 3, n. 2, dez. 2018. p. 10. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/hipatia/article/view/722/295>. Aceso em: 11 ago. 2020.

- O modelo postulado por Malthus possibilita abordar conceitos evolutivos, geográficos e matemáticos. É importante incentivar o trabalho com diferentes recursos, como tabelas e gráficos sobre as taxas de natalidade e fecundidade no Brasil, bem como da produção agrícola. Considerando esses fatores, é possível estimar as mudanças na composição das famílias ao longo das décadas e os avanços na agropecuária.
- Além disso, a teoria malthusiana se baseia na aplicação da modelagem matemática. Nessa área, os problemas reais são transformados em problemas matemáticos. Com isso, é possível estimar o que pode ocorrer ao longo do tempo.
- Averigue a possibilidade de trabalhar com os estudantes o filme *Vingadores: guerra infinita*, de 2018. Nesse enredo, há um personagem chamado Thanos, que busca meios de reduzir a população pela metade a fim de minimizar os problemas das civilizações, como violência, fome e destruição ambiental. Assim como Malthus, o personagem do filme defende que o crescimento populacional está relacionado aos problemas sociais. Portanto, assista ao filme com os estudantes e aproveite essa oportunidade para discutir os impactos sociais do crescimento demográfico.
- Essa abordagem favorece o desenvolvimento da **competência geral 3**, pois aborda o cinema, uma manifestação cultural contemporânea, além de trabalhar a **competência geral 4** por meio de diferentes recursos, como gráficos e tabelas.
- Pergunte aos estudantes se a humanidade ainda continua aumentando em comparação com a produção de alimentos. Enfatize que grande parte da produção agrícola no mundo não está voltada à produção de alimentos para as populações humanas. É importante que eles discutam o assunto e avaliem criticamente como isso pode influenciar as gerações futuras.

- Explique aos estudantes que Darwin encaminhou o resumo do naturalista inglês Alfred Russel Wallace (1823-1913) para a publicação nos anais da sociedade lineana. Entretanto, Charles Lyell e Joseph Hooker, que receberam o resumo de Wallace com o endosso de Darwin, perceberam que as ideias eram muito semelhantes à da seleção, de Darwin. Dessa forma, convidaram Darwin a submeter um resumo e, assim, sua teoria foi exposta.
- Antes da publicação das ideias de Darwin e Wallace, vigoravam outras correntes de pensamento, como o essencialismo, que surgiu com os gregos, sob influência dos filósofos Pitágoras (cerca de 570 a.C.-490 a.C.) e Platão (427 a.C.-347 a.C.). Essa ideia defendia que os fenômenos naturais

EM OBRA

podiam ser divididos em classes, de acordo com sua essência constante e diversa. Por exemplo, a classe das árvores era definida por um tronco com uma copa com folhas. As ideias do essencialismo eram aceitas pelas religiões cristãs e por muitos filósofos. Outra corrente de pensamento era o finalismo, defendido nos séculos XIX e XX, que defendia a evolução e afirmava que os seres vivos tendem a se mover para um estado de perfeição graças a uma força interna, caminhando de um patamar inferior para um superior, de simples para o complexo. Visões como essas impediram a aceitação imediata das ideias de Darwin, o que se concretizou após a década de 1950.

- Darwin defendia o pensamento populacional, rompendo com o essencialismo, já que afirmava que não existem classes constantes, e sim populações variáveis. Nas ideias de Darwin, cada espécie é composta de diversas populações, de maneira que a evolução ocorre nelas. Relembre os estudantes da classificação biológica proposta por Lineu, em táxons. Quando pensamos em evolução, é necessário lembrar-se de população.
- A mudança na aceitação de ideias evolucionistas evidencia a construção histórica da Ciência, bem como suas modificações, assim a Ciência está em constante transformação e sujeita a mudanças de acordo com a descoberta e validação de novas evidências. Essa abordagem permite o desenvolvimento da **competência geral 1**, uma vez que mostra como os conhecimentos são historicamente construídos e socialmente influenciados pela cultura da época em que se desenvolveram.
- Oriente os estudantes a observar a fotografia da raposa-do-ártico na página **17** e comente que durante o verão, quando parte da neve derrete, a pelagem da raposa também se altera, tornando-se mais escura, o que favorece sua camuflagem nas plantas e rochas, agora expostas.

Página 18

BOXE COMPLEMENTAR

- Para mais informações sobre a história do cultivo do milho no Brasil, acesse o *site* Pesquisa Fapesp. Depois, discuta com os estudantes como a genômica ajuda a mapear a origem de alguns seres vivos atuais. Aproveite para relacionar o início da agricultura com o desenvolvimento das cultivares ao longo da história da humanidade. Questione-os sobre como a engenharia agronômica e a biologia molecular têm pesquisado e utilizado técnicas que ajudam a selecionar cultivos mais resistentes a pragas, por exemplo. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/caminhos-do-milho-2/>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- **Veja a seguir a resposta da questão do boxe complementar da página 18.**

  Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a expor suas opiniões sobre o tema, posicionando-se a respeito disso. Oriente-os a apresentar argumentos com embasamento e a respeitar opiniões divergentes.

Páginas 19 a 21

BNCC EM DESTAQUE

- A questão proposta no boxe **Trocando ideias** na página **20** incentiva os estudantes a argumentar e apresentar seu ponto de vista, de maneira ética e respeitosa, sobre uma questão que envolve a consciência ambiental, o que favorece o desenvolvimento da **competência geral 7**. Além disso, incentiva-os a exercitar a empatia e o diálogo com os colegas, contribuindo para o desenvolvimento da **competência geral 9**.
- Além disso, a análise das medidas que visam conservar as espécies, com base nos efeitos do gargalo populacional, favorece o desenvolvimento da **competência específica 3 de Ciências da Natureza a suas Tecnologias**, pois incentiva os estudantes a investigar situações-problema e avaliar suas implicações.

- Ao abordar a Síntese evolutiva moderna, diga aos estudantes que a capacidade observacional de Darwin possibilitou que ele percebesse que as diferenças entre indivíduos de uma mesma espécie e de espécies diferentes não eram qualitativas, e sim quantitativas. Isso automaticamente remete a uma ideia de ancestralidade comum, que é um ponto importante da teoria darwiniana.
- Comente que participaram dos estudos sobre espécies e isolamento reprodutivo os ingleses Ronald Fisher (1890-1962) e John Haldane (1892-1964) e o estadunidense Sewall Wright (1889-1988). Esses pesquisadores mostraram que mesmo pequenas diferenças na frequência dos genes poderiam causar uma mudança evolutiva. Na década de 1930, surgiram trabalhos relacionados à genética de populações, nos quais se destacaram pesquisadores como o ucraniano Theodosius Dobzhansky (1900-1975), o alemão Ernst Mayr (1904-2005), o estadunidense George Gaylord Simpson (1902-1984), entre outros. Seus trabalhos nortearam os princípios da síntese evolutiva.
- Diga aos estudantes que, embora a teoria de Darwin e Wallace assumisse que as espécies sempre poderiam variar, os trabalhos de Mendel apontavam para a existência de variação dentro das populações, porém limitada. Assim, foram necessárias contribuições de diversos pesquisadores para que as teorias evolutivas fossem aceitas e comprovadas.
- Antes de iniciar o estudo das mutações na página **19**, relembre alguns conceitos em Genética. Explique que o gene é um segmento de DNA que ocupa um lugar específico, além de orientar a formação de um produto na célula, como uma proteína ou RNA. Diga que os genes que ocupam o mesmo lócus gênico podem apresentar formas alternativas, os chamados alelos. Explique que a frequência alélica é a proporção de alelo de um tipo na população. Por exemplo, se existem dois tipos de alelos **A** e **a**, a frequência de **A** seria o número de alelos **A** dividido pelo número total de alelos de todos os tipos (**A**+**a**) na população. Lembrando que cada indivíduo possui dois alelos, um vindo do pai e outro da mãe.
- Enfatize que as alterações causadas pelas mutações podem modificar a sequência de DNA e ter inserções ou deleções de nucleotídeos em relação à sequência ancestral.
- Relembre-os sobre a estrutura do DNA, comentando que se trata de uma molécula formada por nucleotídeos, compostos por uma pentose ligada a um grupo fosfato e a uma base nitrogenada. Diga que cada códon indica um tipo

REPRODUÇÃO PROIBIDA

específico de aminoácido, usado na produção de proteínas.

- É importante salientar que uma população na qual todos os indivíduos são idênticos, isto é, sem variação, não evolui. Por exemplo, se considerarmos uma mutação que altere o tempo de florescência de uma espécie de planta, o indivíduo portador da mutação, responsável pela formação de flores e sementes antecipadamente, poderá obter vantagem em relação aos demais. As sementes formadas não competem com as demais por espaço e pelos nutrientes no solo, assim conseguem deixar mais descendentes.
- Explique a eles que a maioria das mutações, que resiste à seleção natural, é neutra e não afeta a adaptação dos seres vivos. As mutações neutras geralmente ocorrem fora das regiões codificantes ou não alteram o aminoácido, portanto não se tornam vantajosas dependendo do ambiente. Ressalte que apenas as mutações que ocorrem nos gametas podem ser transmitidas aos descendentes. Já as que ocorrem nas células somáticas atingem somente o indivíduo portador da mutação.
- A recombinação gênica aumenta a diferença entre genomas, e a mutação é o único processo que gera variação nova. Se os recombinantes forem idênticos, a recombinação não gera variação.
- Explique aos estudantes que o efeito da deriva genética pode ser encontrado em animais ameaçados de extinção, o que os torna ainda mais vulneráveis às interferências antrópicas no ambiente.

TROCANDO IDEIAS

Página 20

Objetivos

- Conversar sobre o efeito do gargalo populacional em espécies em extinção.
- Analisar medidas que contribuam para a conservação de espécie, considerando o efeito do gargalo populacional.

Orientações

- Se achar conveniente, apresente a seguinte situação aos estudantes.

  Considere uma situação envolvendo duas populações de mamíferos da mesma espécie, vivendo em locais diferentes. Na região **A**, os mamíferos foram caçados indiscriminadamente, ocasionando uma redução drástica em sua população. Enquanto isso, na região **B**, os animais foram conservados. Após algumas décadas, a população da região **A** se recuperou em quantidade e expandiu. Quando pesquisadores mapearam a sequência de proteínas das duas populações, notaram que, na população **B**, a taxa de diversidade era muito maior do que na população **A**.
- Oriente os estudantes a elaborar esquemas explicativos sobre o tema, usando o exemplo de uma espécie ameaçada de extinção. Eles podem inserir esses esquemas em cartazes e incluir informações a respeito da situação da espécie no ambiente, sua ocorrência e as principais causas de sua redução populacional. Os cartazes podem ser apresentados à turma e expostos em locais comuns da escola. Essa atividade favorece o desenvolvimento da **competência geral 7**, pois incentiva os estudantes a buscar dados e informações confiáveis que contribuam para promover a consciência socioambiental.

Resposta

- Espera-se que os estudantes comentem que, ao reduzir drasticamente a população de uma espécie, esta também sofre perda de sua diversidade genética. Se, após certo tempo, medidas de conservação forem desenvolvidas e essas populações conseguirem aumentar o número de indivíduos, estes serão geneticamente muito parecidos e todos derivados da mesma variação gênica da população remanescente. Assim, mesmo recuperando o tamanho populacional, a diversidade genética dessa população não seria recuperada. Portanto, embora as medidas de conservação sejam importantes na recuperação das populações de seres vivos, os efeitos da redução populacional se mantêm no material genético, com redução da variabilidade, o que pode prejudicar a manutenção da espécie no ambiente.

- Se julgar conveniente, explique aos estudantes que a especiação também pode ocorrer por isolamento reprodutivo, sem isolamento geográfico. Quando duas espécies são isoladas reprodutivamente, sem barreira física, ocorre a especiação simpátrica. Geralmente, esse tipo de especiação está relacionado à poliploidia, isto é, a um aumento na quantidade de cromossomos. A poliploidia ocorre quando, durante a divisão celular, os cromossomos não se separam adequadamente. Com isso, um conjunto tetraploide (4n) de cromossomos é formado em vez de um conjunto diploide (2n). Se o indivíduo poliploide cruzar com indivíduos diploides, existe alta probabilidade de a prole não ser fértil. Mas um indivíduo tetraploide pode cruzar com outros organismos tetraploides, gerando descendentes viáveis. A poliploidia é rara nos animais e mais comum em plantas, pois muitas espécies vegetais podem se reproduzir por autofecundação.
- Explique aos estudantes que pode ocorrer especiação sem barreira geográfica, considerando uma população que abrange grande área geográfica, cujo acasalamento entre os indivíduos não seja aleatório. Organismos de uma extremidade não apresentam chance de acasalar com indivíduos do lado oposto. Com o tempo, haverá redução do fluxo gênico, sem que seja necessário o isolamento geográfico de populações.

BNCC EM DESTAQUE

Páginas 22 a 25

- A atividade **4** da página **25** contribui com o desenvolvimento do tema contemporâneo transversal **Diversidade cultural**, possibilitando o conhecimento e o respeito à cultura da comunidade indígena conhecida como Kayan Lahwi (ou Padaung). Além disso, favorece o desenvolvimento da **competência geral 3** ao incentivar os estudantes a valorizar as diversas manifestações culturais.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar interessante, inicie o trabalho com as evidências evolutivas utilizando a estratégia ativa *polling* (son-

MODELO

dagem). Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento. Para isso, distribua placas entre os estudantes e explique que serão feitos alguns questionamentos, dessa forma eles deverão erguer suas placas ao responder. Para isso, aceite duas ou mais respostas, de maneira que os demais estudantes votem na que considerarem mais plausível.

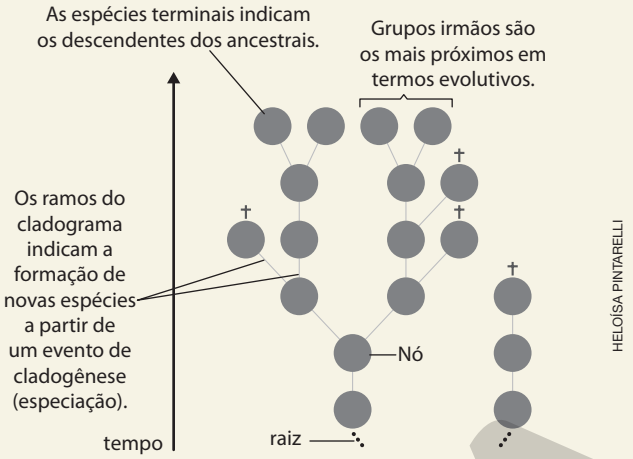
- Realize os seguintes questionamentos.
  - > Por que os fósseis são evidências da evolução?
  - > Como os fósseis podem indicar as mudanças nas espécies de seres vivos?
  - > Por que a ocorrência de vestígios de estruturas indica que houve evolução?
  - > Estruturas com funções similares estão posicionadas na mesma região do corpo em diferentes animais? Mostre as fotografias de diferentes mamíferos na fase embrionária/fetal e pergunte se eles veem mais semelhanças ou mais diferenças.
- Com essa estratégia é possível sondar os conhecimentos dos estudantes acerca do conteúdo e redirecionar o planejamento e a condução das aulas com base em suas respostas.

- Ao abordar os fósseis, comente com os estudantes que Georges Cuvier, por exemplo, tinha uma visão fixista e considerou que a Terra havia passado por diversos momentos, como dilúvios e erupções vulcânicas, que levaram à destruição das espécies. Apesar de acreditar na mudança das espécies, ele considerava que eram regidas por uma força maior que, após cada catástrofe, repovoaria o planeta com novas espécies. Embora Cuvier explicasse as mudanças dos seres vivos ao longo do tempo, ele não conseguiu explicar como as espécies de determinados locais apresentavam semelhanças com fósseis de seres vivos já extintos nem por que, em uma mesma região, havia semelhanças entre os fósseis de diferentes estratos geológicos, ou seja, que viveram em épocas bastante distintas.
- A descoberta de fósseis gerou conflito, especialmente com as ideias fixistas, que passaram a ser questionadas. Surgiram questionamentos sobre o desaparecimento desses seres vivos e sobre o porquê de serem tão diferentes das espécies atuais. Darwin acreditava que as espécies só poderiam se diferenciar de outras preexistentes e que os fósseis evidenciavam a existência desses ancestrais.

Página 24

BOXE COMPLEMENTAR

- Relembre os conceitos de filogenia e de árvore filogenética. Explique aos estudantes que a filogenia tem como objetivo classificar os seres vivos com base na história da evolução de um grupo de seres vivos. Essa apresentação ajuda a compreender processos que possibilitam a diversidade dentro de um mesmo grupo. Essas relações podem ser apresentadas por meio de cladogramas, que são diagramas para averiguar o parentesco entre as espécies. Veja a seguir.



Representação de um cladograma hipotético.

- **Veja a seguir a resposta da questão do boxe complementar da página 24.**

  Espera-se que os estudantes respondam que o pensamento de que o ser humano é o ápice evolutivo das espécies é incorreto, tendo em vista que a evolução não é um processo linear, que tende do mais simples para o mais complexo. Além disso, o ramo evolutivo ao qual pertence a espécie humana é apenas mais um entre diversos outros que também evoluíram ao longo do tempo. Sendo assim, todas as formas de vida têm igual importância no ambiente e, portanto, devem ser igualmente respeitadas e cuidadas.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 14

1. O objetivo dessa questão é que os estudantes reflitam sobre dois tipos de pensamentos relativos à origem e ao desenvolvimento das espécies. Espera-se que comentem que a hipótese das produções imutáveis defende que as espécies não mudam ao longo do tempo, ou seja, elas permanecem tal qual foram criadas. Já a hipótese de que as espécies se originavam de formas preexistentes defende que as espécies se originaram a partir de transformações de espécies preexistentes, consideradas moldes.
2. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da evolução das espécies. Espera-se que os estudantes mencionem a hipótese de que as espécies se originaram a partir de outras preexistentes, pois, de acordo com essa ideia, é possível admitir que as espécies se transformam ao longo do tempo e podem dar origem a novas espécies. Além disso, admite uma ancestralidade entre os seres vivos. Essas são ideias defendidas pelo evolucionismo.

Página 17

3. Espera-se que os estudantes comentem que, na população inicial, havia girafas com pescoço curto. Com o tempo, surgiu uma mutação na população que causou o desenvolvimento de pescoço longo, fazendo a população ser composta de girafas portadoras de diferentes alturas de pescoço. O aumento no número de girafas tornou insu-

MODERNA

ficiente o alimento disponível nas camadas mais baixas das árvores. Como resultado, apenas aquelas que apresentavam pescoço longo eram capazes de se alimentar adequadamente, por alcançarem os ramos mais altos, auxiliando sua nutrição e favorecendo sua sobrevivência. As girafas com pescoço mais curto, por sua vez, não alcançavam esses galhos e, por isso, morriam de fome. Ao longo do tempo, a característica de pescoço longo foi naturalmente selecionada, pois contribuía para a sobrevivência e possibilitava atingir a fase adulta e a reprodução dessa espécie. Após várias gerações, as girafas de pescoço curto se extinguiram e a característica de pescoço longo se fixou na população.

Páginas 25 e 26

1. a) As conclusões de Majerus demonstram a seleção natural, defendida por Charles Darwin e Alfred Wallace. A coloração da mariposa contribui para sua sobrevivência e para o aumento de sua população.

b) A camuflagem pode ajudar o ser vivo que se assemelha ao ambiente, conferindo mais chances de sobrevivência.

2. a) A hipótese **A**. Nesse caso, os antibióticos levaram a uma modificação nas bactérias, ou seja, o "meio" modificou os indivíduos, os quais transmitiram essa característica adquirida para os descendentes. Assim, essa ideia defende a lei da herança dos caracteres adquiridos.

b) A hipótese **B**, que defende a seleção das bactérias resistentes aos antibióticos. Nesse caso, as bactérias que eram naturalmente resistentes ao antibiótico tiveram vantagem adaptativa em relação às demais, sobreviveram à aplicação da droga e puderam se reproduzir e transmitir essa característica aos seus descendentes. Nesse caso, o meio selecionou os indivíduos mais bem adaptados. Dessa maneira, essa hipótese segue a teoria da seleção natural de Darwin/Wallace.

3. Alternativa **b**. **II)** Incorreta. A presença de estruturas análogas em diferentes organismos, como as asas das aves e dos insetos, não evidencia parentesco evolutivo, pois essa característica semelhante evoluiu independentemente em duas espécies, ou seja, não estava presente no ancestral comum a elas. Já a presença de estruturas homólogas, de origem embrionária semelhante, evidencia que ambos os tipos de organismos evoluíram de um ancestral comum. **V)** Incorreta. As espécies com maior proximidade evolutiva apresentam maior grau de similaridade nas sequências de bases nitrogenadas dos seus ácidos nucleicos, e não menor.

4. a) Espera-se que os estudantes respondam que não, pois tal característica não é determinada geneticamente, condição necessária para que ela seja transmitida ao longo das gerações. O alongamento do pescoço é resultado da interferência humana.

b) A frase **I** apresenta a explicação lamarckista para a característica, pois se assemelha à lei dos caracteres adquiridos, defendida por Lamarck. Dessa maneira, a característica adquirida "pescoço alongado" seria transmitida aos descendentes.

c) Espera-se que os estudantes respondam que sim, pois trata-se de uma tradição, um conhecimento que é transmitido ao longo das gerações.

5. a) Espera-se que os estudantes identifiquem o trecho do texto que cita: "Com isso, somente os mais vigorosos do tubo polínico fertilizarão os óvulos.". Nesse caso, naturalmente, esse tipo de grão de pólen é o que se favorece durante o processo reprodutivo. Assim, ao ter vantagem em relação aos demais grãos de pólen, as características genéticas presentes nas células sexuais em seu interior também serão favorecidas e transmitidas aos descendentes.

b) A vantagem de apresentar esses mecanismos promove a reprodução cruzada, o que contribui para o aumento da variabilidade genética.

c) Isolamento reprodutivo temporal – "Em flores hermafroditas, por exemplo, o pólen é muitas vezes liberado antes de os óvulos estarem prontos para a fertilização.". Isolamento reprodutivo espacial – "As anteras, estruturas florais onde fica o pólen, situam-se abaixo do estigma, onde o pólen deve ser depositado para chegar ao óvulo, dificultando muito a autofertilização.".

6. Alternativa **a**. Nesse caso, todas as alternativas estão corretas. A mutação é a base para o processo evolutivo, pois promove a variabilidade entre os indivíduos. Essas mutações podem ser vantajosas aos seres vivos ou não, isso dependerá do ambiente em que esse indivíduo vive, ou seja, a mutação pode favorecer ou prejudicar a sobrevivência dele. A mutação ocorre sem objetivo adaptativo, no entanto, a seleção natural atua na manutenção das mutações que conferem vantagem à espécie.

7. Alternativa **c**. O poema faz referência à existência de fósseis de molusco que viveram no passado em um local coberto por água. Nesse local ocorreu a formação de montanhas, e as conchas dos moluscos, como os bivalves, sofreram processo de fossilização.

CAPÍTULO 2
O surgimento do *Homo sapiens*

Objetivos

- Relacionar o tempo geológico ao aparecimento dos hominídeos.
- Identificar as características morfológicas dos primatas.
- Reconhecer similaridades entre os primatas.
- Analisar a filogenia dos primatas.
- Identificar as características dos homininíneos.
- Conhecer a história evolutiva dos homininíneos.
- Conhecer as características de alguns gêneros de homininíneos.
- Analisar a irradiação dos *Homo sapiens*.
- Reconhecer a importância da sociedade e da cultura humana.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Biologia**.

Páginas 27 a 31

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com esse capítulo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT208**, pois incen-

OBRA COMPLETA

tiva os estudantes a analisar a evolução dos primatas, em especial dos hominíneos.

- A representação gráfica (árvore filogenética) da página **29** favorece o desenvolvimento da **competência geral 4**, pois possibilita aos estudantes interpretar e analisar dados filogenéticos, utilizando as linguagens matemática e científica para obter conhecimento.

- Ao trabalhar o problema que aparece no início da página **27**, apresente aos estudantes o quadro a seguir. Para resolver essa questão, os estudantes podem pesquisar nas próximas páginas quando, aproximadamente, teria surgido a espécie *H. sapiens*. Depois, deve-se correlacionar o tempo geológico aos dias do calendário gregoriano (365 dias). Para isso, deverão dividir o tempo geológico pela quantidade de dias do calendário atual. Caso necessário, auxilie-os nesse cálculo.

SALA DOS PROFESSORES

- Outra opção para abordar a noção de tempo geológico na evolução humana é imaginar os períodos geológicos ao longo de um dia, ou seja, 24 horas.

Período	Porcentagem de tempo	Horário de início	Horário de fim
Hadeano	17,391%	0h	4h10min26
Arqueeano	28,261%	4h10min26	10h57min23
Proterozoico	42,5652%	10h57min23	21h10min20
Cambriano	1,1674%	21h10min20	21h27min08
Ordoviciano	0,9696%	21h27min08	21h41min06
Siluriano	0,6022%	21h41min06	21h49min46
Devoniano	1,2348%	21h49min46	22h07min33
Carbonífero	1,3087%	22h07min33	22h26min24
Permiano	1,0435%	22h26min24	22h41min26
Triássico	1,1174%	22h41min26	22h57min31
Jurássico	1,1761%	22h57min31	23h14min27
Cretáceo	1,7391%	23h14min27	23h39min30
Paleoceno	0,2065%	23h39min30	23h42min28
Eoceno	0,4804%	23h42min28	23h49min23
Oligoceno	0,2370%	23h49min23	23h52min48
Mioceno	0,3848%	23h52min48	23h58min20
Plioceno	0,0590%	23h58min20	23h59min11
Pleistoceno	0,0560%	23h59min11	0h
Holoceno	0,0003%	0h	0h

Fonte: NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY. *The History of Life on Earth*. Disponível em: <http://jan.ucc.nau.edu/lrm22/lessons/timeline/24_hours.html>. Acesso em: 8 ago. 2020.

- Esse trabalho permite uma conexão com a área de **Matemática e suas Tecnologias**, por abordar noções de tempo em diferentes escalas, proporção e porcentagem.

- Peça aos estudantes que considerem que a Terra é formada à meia-noite, enquanto resfria e os asteroides atingem a superfície. Os oceanos começam a se formar e às 4h da manhã surgem seres vivos unicelulares. Os primeiros seres vivos fotossintetizantes surgem às 6h. Ao meio-dia, a atmosfera se torna rica em gás oxigênio. Às 13h, surgem os seres vivos unicelulares e, às 17h, aparecem as formas multicelulares. Após às 20h, surgem os animais aquáticos. As plantas dominam a superfície terrestre às 21h30 e os animais terrestres aparecem às 22h.
- Os dinossauros dominam o planeta entre 22h30 e 23h40.
- Por volta das 23h58, os hominíneos estão presentes na Terra e o *Homo sapiens* surge na Terra pouco antes da meia-noite.
- Para acompanhar o tempo geológico em um relógio, acesse um vídeo (em inglês) no *site Science Education Resource Center*. Disponível em: <https://serc.carleton.edu/details/files/32646.html>. Acesso em: 11 ago. 2020.

- Mostre aos estudantes que, para estudar a evolução do ser humano, precisamos retomar conceitos de anatomia, filogenia e taxonomia. Por exemplo, para classificar os animais na questão **4** da página **27**, relembre-os da classificação biológica dos seres vivos e os principais táxons: reino, filo, classe, ordem, família, gênero e espécie. Mostre que o ser humano, o cachorro doméstico e o chimpanzé são exemplos de mamíferos, isto é, são classificados na mesma classe biológica. Para encontrar similaridades, podemos ir para o táxon seguinte, a ordem. Enquanto o cachorro é da ordem dos carnívoros, o ser humano e o chimpanzé são da ordem dos primatas. Podemos afirmar que há um ancestral comum a todos os mamíferos, o qual originou linhagens diferentes. Já a separação taxonômica entre seres humanos e chimpanzés se dá dentro da família, que é Hominidae. Tal diferenciação ocorre quando analisamos as subfamílias, em uma divisão conhecida como tribo. Assim, há um ancestral comum a chimpanzés e seres humanos. Diga a eles que o estudo da evolução humana busca explicações sobre a ancestralidade dos hominídeos e quando esses grupos se diversificaram.
- Informe aos estudantes que, de acordo com estudos científicos, os primatas do Novo Mundo e os do Velho Mundo podem ter se separado há, aproximadamente, 40 milhões de anos, e o ramo do Velho Mundo originou o ancestral dos hominídeos. Estes, por sua vez, apresentavam características como postura bípede, cérebro maior e habilidade manual.
- Explique a eles a diferença entre dieta generalista e dieta especialista: animais com dieta generalista tendem a se alimentar de grande variedade de alimentos; já os especialistas têm uma nutrição mais específica, por exemplo, alguns ácaros se alimentam de células epiteliais humanas mortas.
- Diga aos estudantes que alguns autores classificam os társios em uma subordem chamada Tarsioidea. Nessa classificação, os primatas são divididos em prossímios, antropoides e tarsioides.

EDIÇÃO PROVISÓRIA

- Nesta coleção, optamos por chamar os antepassados diretos do ser humano moderno de hominíneos. Explique aos estudantes que o termo hominídeo se refere aos seres humanos e aos grupos primos do ser humano, como chimpanzés e gorilas, distinguindo-os dos macacos asiáticos. Já hominíneo refere-se à linhagem de hominídeos humanos.
- Ao mostrar a classificação taxonômica do ser humano, apresentada na página **30**, explique aos estudantes que outras classificações são usadas pelos pesquisadores. Comente que, apesar de a árvore filogenética ser um guia para designar um nome taxonômico, dentro da abordagem Sistemática Filogenética ela não pode ser usada para especificar se tal nome deve ser gênero, subgênero ou subfamília.
- A bipedia é um importante traço evolutivo, exclusivo dos primatas, e foi fundamental à evolução humana. Explique aos estudantes que essa é uma característica observada pelos cientistas para determinar se os fósseis de uma espécie podem ser classificados como hominíneos. Sobre isso, leia o trecho do texto a seguir.

> [...] Hoje sabemos que a bipedia foi fixada na linhagem hominínea em duas etapas, o que faz completo sentido à luz da teoria da evolução. Os primeiros hominíneos, entre sete e 2,5 milhões de anos, apesar de bípedes, conservaram ainda várias características arborícolas, associando assim vida no chão e nas árvores [...]. Alguns acreditam que as árvores só eram usadas em momentos de fuga ou para dormir, mas nada impede que, assim como o chimpanzé, frutos, sementes e brotos fossem também coletados por eles, nas árvores. Artigo recente, baseado em observação de chimpanzés na natureza, por mais de 200 horas, demonstrou que esse grande símio utiliza muito a postura bípede nas árvores para alcançar frutos nos galhos mais distantes. A bipedia pode, então, ter sido fixada primeiramente como hábito postural, e não locomocional.
>
> O surgimento da locomoção bípede-vertical adaptada exclusivamente ao meio terrestre ocorreu por volta de 2,5 milhões de anos apenas, mais ou menos coincidente com o surgimento do gênero *Homo* na África. Só então nosso corpo passou a ter as proporções atuais entre tronco, pernas e braços [...]. De uma forma geral, os grandes símios apresentam pernas curtas e braços compridos, padrão que facilita trepar em árvores. Nós, em contrapartida, temos pernas relativamente longas em comparação aos braços, proporções essas que maximizam nosso deslocamento terrestre, mas que nos tornam péssimos trepadores. [...]
>
> Digno de nota é que exatamente há 2,5 milhões de anos a África começou a apresentar uma configuração paisagística muito semelhante à atual, com grandes extensões de desertos e savanas e poucas áreas de florestas. É possível que nesse novo contexto ambiental, já que antes predominavam as florestas, a capacidade de subir uma árvore ainda com grande eficiência tenha deixado de ser adaptativa, já que com o processo de savanização do continente africano tornou-se muito mais difícil manter-se próximo a grandes árvores para serem usadas como refúgios, ou mesmo como fonte de comida [...]
>
> Nossa bipedia, portanto, deve ter sido resultado de quatro grandes novidades evolutivas em sequência cumulativa histórica: hortogradia (liberação do tronco), nodopedalia (alongamento dos braços), bipedia arborícola (fixação de bacias baixas e largas) e, finalmente, bipedia exclusivamente terrestre (encurtamento dos braços e alongamento das pernas). Eis aí um grande exemplo do caráter histórico do processo evolutivo ou de como novas características adaptativas só podem ser fixadas se estruturas compatíveis com seu aparecimento tiverem sido fixadas no passado, tanto pelas mesmas razões adaptativas quanto por outras. [...]
>
> NEVES, W. A. E no princípio... era o macaco! *Estudos avançados*, v. 20, n. 58, 2006. p. 254, 260-261. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v20n58/21.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.

Páginas 32 a 35

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com o tema apresentado nessas páginas contribui para o desenvolvimento da **competência geral 1**, pois aborda o estudo das espécies de hominíneos conhecidas, permitindo traçar uma linha histórica e evolutiva para seu processo evolutivo, o que leva os estudantes a refletir sobre o assunto e a valorizar os conhecimentos historicamente construídos a respeito dele.
- O recurso utilizado nas páginas **32** e **33** para apresentar aos estudantes a história evolutiva do ser humano favorece o desenvolvimento da **competência geral 4**, pois os incentiva a utilizar diferentes linguagens, como a interpretação de uma linha do tempo para obter informações sobre o conteúdo.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Para iniciar esse assunto, apresente aos estudantes as manchetes a seguir.

Pesquisa indica descoberta de nova espécie humana nas Filipinas

O *H. luzonensis* teria vivido na caverna de Callao, na ilha de Luzón, nas Filipinas, entre 67 mil e 50 mil anos atrás. Estudo foi publicado na revista 'Nature' [...].

France Presse. Pesquisa indica descoberta de nova espécie humana nas Filipinas. *G1*, 10 abr. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2019/04/10/pesquisa-indica-descoberta-de-nova-especie-humana-nas-filipinas.ghtml>. Acesso em: 11 ago. 2020.

Mais antigo ancestral humano pode ser originário da Europa

Contrariando teoria em circulação de que primeiros pré-humanos vêm da África, cientistas da Alemanha estimam que espécie *Graecopithecus freybergi* seria ainda mais antiga e oriunda do leste do Mediterrâneo.

FUCHS, H. Mais antigo ancestral humano pode ser originário da Europa. *DW*, 22 maio 2017. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/mais-antigo-ancestral-humano-pode-ser-origin%C3%A1rio-da-europa/a-38941355>. Acesso em: 11 ago. 2020.

EM MODERNA

- Em seguida, aplique a estratégia *quick writing*; veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento. Para isso, questione de que forma a descoberta de novas espécies, como as mostradas nas manchetes da página anterior, poderia alterar parte da história evolutiva humana conhecida. Peça que escrevam a resposta, enquanto você cronometra um tempo de cinco minutos para isso.
- Trata-se de uma maneira de mostrar que a Ciência se encontra inacabada e está sujeita a mudanças de acordo com as descobertas posteriores. Quando se trata de evolução, é preciso analisar evidências do passado, que podem estar preservadas entre as rochas, que, após serem encontradas, devem ser cuidadosamente analisadas e, depois, validadas por outros pesquisadores da área.
- Nesse trabalho, é importante que os estudantes formulem inferências sobre o que poderia acontecer. A dinâmica permite o desenvolvimento da escrita, bem como avalia a capacidade de sintetizar ideias.
- Na sequência, peça aos estudantes que conversem sobre o impacto de novas descobertas de fósseis de hominíneos sobre os conhecimentos atuais. Essa atividade favorece o desenvolvimento da **competência geral 2**, visto que possibilita o exercício da curiosidade e da análise crítica de uma investigação científica.

- Diga aos estudantes que, em relação ao que se sabe atualmente das espécies de hominíneos, são aceitos quatro grupos: *Ardipithecus*, *Australopithecus*, *Paranthropus* e *Homo*. Se considerar interessante, antes de começar o assunto, desenhe na lousa uma árvore com quatro grandes galhos e coloque um gênero em cada galho, sendo *Ardipithecus* o galho mais baixo e *Homo* o mais alto, como pode ser visto no *site Smithsonian National Museum of Natural History*. Disponível em: <https://humanorigins.si.edu/evidence/human-family-tree>. Acesso em: 7 ago. 2020. Com base nisso, comece a explicar as características gerais dos grupos. É importante que os estudantes tenham um panorama do que será abordado e visualizem como é o estudo das espécies de hominíneos.
- Comente que fósseis do gênero *Ardipithecus* foram encontrados na Etiópia: *A. kadabba* e *A. ramidus*. Evidências indicam que eles viveram entre 5,8 e 4 milhões de anos atrás e que seriam bípedes. Segundo o estudo da dentição dos fósseis de *Ardipithecus ramidus*, estima-se que possuía uma dieta à base de frutos, insetos e pequenos mamíferos e que se locomovia facilmente pelas árvores, não se dependurando de galho em galho, mas escalando-os.
- Além das espécies de *Australopithecus* apresentadas na página **34**, há ainda outras espécies. Os fósseis de *Australopithecus africanus* foram encontrados no Sudeste da África e estima-se que tenham vivido entre 3,5 e 2,1 milhões de anos atrás. Em 2008, foram encontrados fósseis de esqueletos quase completos de outra espécie de australopiteco, o *Australopithecus sediba*, no Sudeste da África. Estima-se que tenha vivido há cerca de 1,97 milhão de anos. Suas características são intermediárias entre australopitecos e representantes do gênero *Homo* e, por isso, há pesquisadores que o consideram um elo entre os dois gêneros.
- Diga aos estudantes que existem outras espécies de *Paranthropus*. Explique que uma das espécies é *P. boisei*, que viveu entre 2,3 milhões e 1,2 milhão de anos atrás. Acredita-se que seu ancestral seja *P. aethiopicus*. Outra espécie identificada, o *Paranthropus robustus*, viveu entre 1,8 e 1,2 milhão de anos atrás.
- Questione os estudantes se eles consideram que a elaboração e a utilização de ferramentas são importantes na manutenção de uma espécie de hominídeo. Explique que o uso de ferramentas pode ter auxiliado a sobrevivência dos hominíneos que utilizavam instrumentos, por exemplo, para cortar os alimentos e se defender de predadores.
- Informe que, provavelmente, o hábito totalmente terrestre de *Homo erectus* deve ter vindo com a descoberta do fogo, que os protegia dos predadores que poderiam se abrigar em cavernas durante a noite.
- Outra espécie do gênero *Homo* é o *Homo heidelbergensis*, que pode ter vivido na Europa, na Ásia e na África entre 700 000 e 200 000 anos atrás. Seu corpo era mais curto e mais largo do que o do *H. erectus*, adaptações que ajudavam a conservar o calor, pois vivia em climas frios. Evidências indicam que o *H. heidelbergensis* era capaz de construir abrigos simples. Acredita-se também que vivia em grupos e dominava o fogo, fazendo lareiras para manter-se aquecido. Junto a seus fósseis, foram encontradas ferramentas elaboradas, o que indica que se tratava de uma espécie de grandes caçadores.
- Comente com os estudantes que alguns pesquisadores defendem que a espécie *Homo floresiensis* se deve a um caso de isolamento geográfico, o que explicaria a grande diferença entre essa espécie e sua provável ancestral. Acredita-se que essa espécie divergiu do *H. erectus* ou mais provavelmente de uma espécie de hominídeo de baixa estatura, como o *H. habilis*.
- Diga a eles que a espécie *Homo floresiensis* foi encontrada na Indonésia e pode ter vivido entre 100 000 e 50 000 anos atrás. Foram encontradas ferramentas com seus fósseis e há indícios de que seus representantes eram bons caçadores e que se alimentavam de pequenos elefantes e de roedores. Além disso, também sabiam manipular o fogo. Seus fósseis foram encontrados somente na Ilha de Flores, na Indonésia, daí a nomenclatura dessa espécie.
- Comente que evidências indicam que os neandertais eram bons costureiros, visto que confeccionavam as próprias roupas. Para isso, utilizavam ossos de animais: eles os perfuravam com fragmentos de rochas e passavam por eles lascas de couro, produzindo suas vestimentas.
- Explique aos estudantes que há grandes debates na comunidade científica sobre se o *H. neanderthalensis* seria uma espécie distinta ou uma subespécie de *H. sapiens*. Essas controvérsias se devem aos seguintes fatos: seus fósseis apresentam características morfológicas similares às do

REPRODUÇÃO

ser humano atual; descobertas sobre seu comportamento social; o conhecimento sobre o genoma de ambos, pois observou-se que grande parte do genoma do ser humano atual apresenta similaridades com o dos neandertais. Essa similaridade poderia ser explicada pelo fato de que ambos são descendentes de uma linhagem ancestral que divergiu, originando as duas espécies. Por isso, elas compartilham parte do genoma, todos provenientes desse ancestral. Além disso, os seres humanos antepassados dos atuais teriam migrado da África para a Europa, onde teriam se encontrado e cruzado com neandertais, gerando descendentes.

- Comente que a extinção dos neandertais pode estar relacionada ao ser humano atual, pois parece que interagiram há cerca de 50 000 anos. Durante uma época bastante fria, o *H. sapiens* se espalhou pela Europa, o que pode ter impedido a expansão dos neandertais. Os *H. neanderthalensis* desapareceram entre 40 000 e 30 000 anos atrás.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- A descoberta do fóssil feminino de *Australopithecus afarensins*, batizado como Lucy, revolucionou os conhecimentos sobre a evolução humana. Diga aos estudantes que seu fóssil foi encontrado na Etiópia em 1974 e estima-se que tenha vivido há 3,2 milhões de anos. Grande parte de seu esqueleto foi encontrada, sendo considerada na época a espécie mais antiga de hominíneo.
- Os estudos indicaram que ela era jovem, medindo pouco mais de um metro de altura, e tinha o nariz plano e a mandíbula saliente, além de ser capaz de andar de pé. Os braços eram curvos e mais compridos do que as pernas, o que indica que provavelmente vivia mais entre árvores do que no solo. Quando os pesquisadores encontraram o esqueleto de Lucy e de outros hominíneos, mostraram que é possível que a humanidade tenha sua origem no continente africano.
- Uma atividade interessante é agrupar os estudantes e pedir que montem um quebra-cabeça com o esqueleto de Lucy. Para isso, acesse o *site e-Lucy* e imprima as imagens do esqueleto de Lucy. Disponível em: <https://elucy.org/wp-content/uploads/2016/02/printout_lucy_color.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020. Assim, os estudantes precisarão mobilizar seus conhecimentos sobre a anatomia humana.
- Para visualizar a representação do esqueleto de Lucy, acesse o *site* (em inglês) disponível em: <https://elucy.org/compant/>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- Após a montagem, peça aos estudantes que relatem suas dificuldades e se os ossos são similares ao do ser humano moderno. Questione-os por que os cientistas acreditam que Lucy seria um ancestral do *Homo sapiens*, se há diferenças morfológicas. Pergunte que características eles consideram que poderiam apoiar tal ancestralidade.
- Explique aos estudantes que há diversos estudos com outros fósseis de hominíneos e existem várias lacunas a ser preenchidas em sua evolução. Assim, são necessários mais descobertas e diversos estudos morfológicos, moleculares e paleontológicos para que isso aconteça.
- Essa abordagem favorece o trabalho com a **competência geral 1**, pois contribui para que os estudantes valorizem os conhecimentos obtidos por meio de investigações científicas e constatem que a Ciência é uma construção coletiva, que depende de diversos profissionais para ser elucidada e validada.

Páginas 37 a 39

BNCC EM DESTAQUE

- O mapa apresentado na página **38** favorece o desenvolvimento da **competência geral 4**, pois incentiva os estudantes a obter conhecimentos mediante o uso de diferentes linguagens, como a visual.
- A abordagem das páginas **38** e **39** favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Diversidade cultural**, bem como o desenvolvimento da **competência geral 3**, pois possibilita apresentar aos estudantes diferentes manifestações culturais, locais ou mundiais, incentivando-os a valorizá-las e a fruir delas.
- O trabalho com o boxe **Trocando ideias** da página **39** favorece o desenvolvimento da **competência geral 9**, pois incentiva os estudantes a dialogar sobre um assunto atual e presente no dia a dia deles, levando-os a exercitar a empatia e o respeito em relação à opinião dos colegas. Além disso, incentiva-os a analisar criticamente uma situação atual e a produzir um material digital de informação para ser compartilhado com diferentes públicos, o que favorece o desenvolvimento da **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e da **competência geral 5**.

- É fundamental valorizar o trabalho de cientistas brasileiros e suas contribuições para a Ciência. O antropólogo evolutivo Walter Neves (1957-), por exemplo, tem se destacado no estudo da evolução humana. Suas pesquisas são fundamentais para elucidar como a evolução humana pode ter ocorrido na América do Sul, por meio do estudo de fósseis como os de Luzia. Converse com os estudantes sobre a entrevista que ele concedeu à revista *Pesquisa Fapesp* (disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/walter-neves-o-pai-de-luzia/>. Acesso em: 7 ago. 2020). Aproveite a oportunidade para discutir com eles a valorização do mundo do trabalho, visto que o profissional retrata nessa entrevista suas escolhas acadêmicas, os conhecimentos necessários e as dificuldades enfrentadas. Isso possibilita o desenvolvimento do tema contemporâneo transversal **Trabalho**, bem como a **competência geral 6**, pois mostra as relações no mundo do trabalho e valoriza a vivência e os saberes construídos ao longo do tempo.
- É possível assistir a vídeos sobre a evolução humana, explicados por Walter Neves. Disponíveis em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLAudUnJeNg4sUpVQaygeymsa8fVsZjkCb>. Acesso em: 7 ago. 2020.

EM MODERNA

- Comente com os estudantes que se estima que os primatas do Novo Mundo tenham se separado dos primatas do Velho Mundo há cerca de 40 milhões de anos, sendo que o ramo do Velho Mundo teria originado o ancestral dos hominíneos.
- Para explicar a localização dos seres humanos na atualidade, diga-lhes que há estudos indicando que antes da última glaciação eles já teriam se dispersado da África rumo a outros lugares, como Turquia, Síria, Egito e Ásia Menor e que, durante a glaciação, eles chegaram ao interior do continente asiático, Mar Cáspio, Tibete e Sudeste Asiático. Acredita-se, por exemplo, que os primeiros habitantes australianos chegaram ao continente há 50 000 anos e que os seres humanos chegaram à Europa e à Ásia, há, aproximadamente, 40 000 anos. Já o povoamento da América deve ter se iniciado na Ásia Oriental. Estima-se também que o nível do mar era mais baixo no passado, facilitando sua travessia. Essas regiões encontram-se atualmente submersas, mas eram expostas no passado, como podemos perceber no Estreito de Bering, entre a Sibéria e o Alasca, trecho considerado pelos pesquisadores como uma possível rota dos seres humanos em direção à América do Norte.
- Ao abordar as alterações na coloração da pele, na página **38**, comente com os estudantes que uma das possíveis explicações para o desenvolvimento da cor clara da pele se refere ao melhor aproveitamento da luz solar. A redução na quantidade de pelos, quando comparado a outros primatas, tornou a melanina um fator de proteção natural contra a ação danosa dos raios solares. Por isso, a coloração escura da pele foi mantida nas populações que ocupavam áreas onde a intensidade da luz solar era maior. Quando as populações migraram para regiões ao Norte, onde a incidência da radiação solar era menor, a coloração escura não era mais necessária para a proteção da pele. Nesse ambiente, a pele clara foi favorecida, pois facilitava a absorção dos raios ultravioleta e, consequentemente, auxiliava na produção de vitamina D, por exemplo.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Existem diversas definições de cultura, especialmente quando envolvem as culturas humanas. Com base nessa informação, organize os estudantes em seis grupos e distribua um tema referente à cultura humana para cada um. Oriente-os a buscar definições e exemplos do tema em fontes de informações confiáveis, especialmente textos científicos, o que contribui para o desenvolvimento da alfabetização científica. Veja a seguir algumas sugestões de temas relacionados à cultura e alguns textos de referência.
  - O que é cultura?
    - MATTA, R. da. *Você tem cultura?* Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/877886/mod_resource/content/1/2_MATTA_Voc%C3%AA%20tem%20cultura.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.
  - Cultura negra.
    - GOMES, N. L. Cultura negra e educação. *Revista Brasileira de Educação*, n. 23, p. 75-85, maio-ago. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbedu/n23/n23a05>. Acesso em: 11 ago. 2020.
  - Cultura indígena.
    - COHN, C. Culturas em transformação: os índios e a civilização. *São Paulo em Perspectiva*, v. 15, n. 2, p. 36-42, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/spp/v15n2/8575.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.
  - Violência e cultura.
    - OLIVEN, R. G. *Violência e cultura no Brasil*. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisa Social, 2010. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/b8n7j>. Acesso em: 25 ago. 2020.
  - Cibercultura.
    - GARCIA, D. A. Cibercultura. *Enciclopédia Discursiva da Cidade*. Disponível em: <https://www.labeurb.unicamp.br/endici/index.php?r=verbete%2Fview&id=58>. Acesso em: 11 ago. 2020.
  - Cultura científica.
    - VOGT, C.; MORALES, A. P. Cultura científica. *ComCiência*, n. 197, 20 mar. 2018. Disponível em: <http://www.comciencia.br/cultura-cientifica/>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- Os estudantes devem elaborar um material para apresentar aos demais colegas. Para isso, sugira a produção de cartazes, apresentações ou vídeos sobre a temática. Explique que, se utilizarem no vídeo ou na apresentação a imagem de alguém, eles devem ter uma autorização prévia dessa pessoa.
- Deixe-os livres para aplicar questionários ou entrevistas com a comunidade escolar. Solicite também a parte escrita, na forma de relatório, acompanhada de referências bibliográficas. Dessa maneira, aprimora-se a pesquisa escolar e os estudantes podem vivenciar os passos iniciais de uma pesquisa científica.
- Essa abordagem da cultura humana proporciona um trabalho conjunto com a área de **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, favorecendo, por exemplo, o desenvolvimento da **competência específica 5 de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, pois possibilita aos estudantes compreender os fundamentos da ética em diferentes culturas, percebendo a importância de valorizar e respeitar as diferenças linguísticas, culturais e religiosas. Além disso, essa atividade também favorece o desenvolvimento das **competências gerais 4** e **5**, pois incentiva a comunicação científica, permitindo a exposição de ideias científicas por meio das linguagens verbal, oral, imagética, científica e digital.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Para desenvolver a atividade sugerida no boxe **Acompanhamento da aprendizagem**, peça aos estudantes que apliquem a estratégia seminário; veja mais informações sobre essa estratégia na página **XXI** deste suplemento. Após cada apresentação, permita aos estudantes que façam questionamentos e apontem suas conclusões sobre a temática, incentivando a troca de ideias e a exposição de opiniões. Ao final, peça a cada estudante que elabore um texto expondo como se sentiu em relação ao trabalho realizado e sobre o que concluiu ao assistir às demais apresentações.

- Comente com os estudantes que, no Brasil, os pais têm, por lei, o direito a 5 dias de licença paternidade. A esse prazo, podem ser acrescentados mais 15 dias se a empresa onde o funcionário trabalhar estiver cadastrada no Programa

EDIÇÃO PROVISÓRIA

Empresa Cidadã. Nesse programa, as mães têm mais 60 dias de ampliação à licença maternidade de 120 dias.

Página 39

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Reconhecer em sua realidade o conceito de bolhas sociais.
- Compreender-se como um ser social.

Orientações

- As bolhas identitárias ou bolhas sociais são a identidade digital de uma pessoa. Elas ocorrem nos ambientes digitais, como as redes sociais e outros ambientes virtuais. São os chamados espaços sociais digitais (ESDs).
- Sobre as bolhas sociais, leia o trecho do texto a seguir.

> [...] o espaço social digital apresenta aquilo que se deseja mostrar através das "bolhas identitárias". Esse conceito foi construido por Salgado (2011), inspirado em Rieder, em que as bolhas sociais identitárias seriam uma versão da identidade digital do indivíduo. Assim, um sujeito pode apresentar diversos perfis nos ESDs – que são amplamente heterogêneos e fluídos – e manifestar bolhas identitárias tanto diversas quanto análogas ou idênticas. [...]
>
> Essas bolhas formam-se tanto individualmente quanto por relação, então, o sujeito vive em coisolamento e cofragilidade. Esse coisolamento, segue Rieder (2010) apud Salgado (2011), é causado por uma membrana, chamada interface, que serve tanto para conectar quanto para separar as bolhas. As membranas atuam como filtros que impõem limites e podem até – mesmo que de forma implítica e contrariamente a esse ambiente fluído e permissível – isolar mais as pessoas. Salgado (2011) destaca ainda que, quando ocorre o encontro entre as bolhas identitárias, acontece uma fusão heterogênea e flexível que resulta, justamente, nas espumas. [...]
>
> Desta forma, nesses ESDs os usuários são representados por perfis e comunicam-se através de diversos recursos como: mensagens, vídeos, fotos entre outros, em que "a popularização desses serviços faz que, com cada um desses perfis, criem-se pontos de referência para a identidade digital de alguém" (ibid., p. 316). Vale destacar que as redes sociais digitais conseguem potencializar as atividades interativas por reunir as funcionalidades de outras redes e possibilitar a exposição das bolhas identitárias através da disponibilização de diversos recursos. Assim, nos ESDs existem ambientes de convivência em tempo real entre os usuários favorecendo mais ainda a constituição de uma cultura participativa, de compartilhamento, de convivência em que a protossociabilidade e o favorecimento da circulação mediada pelas membranas (interfaces) caracterizam-se como propriedades da sociedade interconectada em rede.
>
> [...]
>
> PEREIRA, S. L. da S; PERLIN, G. T. T. As redes sociais digitais e a educação bilíngue: a emergência das "bolhas" e "espumas" surdas. *Revista EDaPECI*, São Cristóvão, v. 15, n. 3, set./dez. 2015. p. 581-582.

- Pergunte aos estudantes se eles consideram que fazem parte de bolhas sociais e peça que avaliem como se identificam e se, ao navegarem pela internet, percebem que suas preferências são mostradas com frequência. Em seguida, solicite-lhes que façam um perfil digital de si mesmos com base no que acessam e consomem e em suas preferências nos meios virtuais.
- A produção de *podcast* sugerida nessa atividade incentiva os jovens a divulgar suas ideias e seus conhecimentos por meio de ferramentas que fazem parte da **cultura juvenil**.

Respostas

a) Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a refletir sobre o fenômeno "bolha" e avaliar as vantagens e desvantagens proporcionadas por ele. Incentive os estudantes a compartilhar as respostas, defendendo seus pontos de vista.

b) Espera-se que os estudantes citem nas respostas que esses algoritmos reduzem a diversidade de informações com as quais entramos em contato, bem como a quantidade de pessoas que apresentam pensamentos e culturas diferentes das que costumamos acessar. Isso favorece o surgimento de grupos de pessoas que apresentam a mesma visão e ideias sobre determinado assunto, reduzindo a chance de debate sobre os diversos assuntos e favorecendo o aparecimento de bolhas sociais, nas quais quem faz parte apresenta ideologias bastante semelhantes, sem contrapor outras ideais. Em geral, essa bolha nos faz ter a sensação de que nossas ideias também são comuns à maioria das pessoas, mas nem sempre isso é realidade. Na maior parte do tempo, esses algoritmos podem ser bons, pois entramos em contato com assuntos de nosso interesse, porém acabam limitando as informações a que somos expostos, interferindo em nosso modo de aprender e de pensar.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 27

1. Espera-se que os estudantes citem que a espécie humana teria surgido no dia 31 de dezembro.

2. Espera-se que os estudantes concluam que o surgimento do ser humano é um evento relativamente recente, quando comparado ao tempo geológico.

Página 36

2. Alternativa **d. II)** Incorreta. Ao longo da evolução humana, o volume craniano aumentou progressivamente.

3. F- V- F- V

Falsa. Os gorilas apenas compartilham um ancestral com o grupo formado por chimpanzés e seres humanos.

Verdadeira.

EM MOLDURA

Falsa. O grupo formado pelos lêmures divergiu há mais tempo de um ancestral comum, mas não é o grupo mais recente.

Verdadeira.

Página 40

1. Alternativa **b**. Com base no texto, se os *H. sapiens* tivessem migrado da Europa e da Ásia para a África e, chegando lá, entrecruzassem com os *H. neanderthalensis*, no genoma de populações africanas haveria traços de DNA neandertal.

4. Alternativa **d**. **II)** Incorreta. A cultura de cada sociedade humana é formada de sistemas de símbolos variados, não havendo maior ou menor grau de evolução nem maior ou menor favorecimento dos caracteres biológicos e geográficos. **III)** Incorreta. Todo ser humano está biologicamente apto a ser socializado em qualquer cultura.

5. Alternativa **a**. A maior quantidade de calor é perdida pela superfície corporal. Por essa razão, muitas espécies que vivem em ambientes de clima frio, por exemplo, possuem superfície corporal menor que seus primos que vivem em ambientes de clima quente, mesmo em casos em que suas massas corporais são idênticas. Animais com corpo arredondado e apêndices curtos, apresentam menor relação entre a área superficial e o volume, dessa maneira, são aclimatados ao frio, por exemplo.

CAPÍTULO 3
Datação de fósseis

Objetivos

- Conhecer o conceito de decaimento nuclear.
- Analisar como é feita a datação por carbono-14 (C-14).
- Reconhecer a importância da datação por carbono-14 no estudo dos fósseis e da história da Terra.
- Relacionar o conceito de meia-vida ao decaimento nuclear dos radionuclídeos.
- Aplicar o conceito de meia-vida para datar fósseis.
- Interpretar gráficos de decaimento radioativo.
- Conhecer a datação por radioisótopo de potássio-40 (K-40)/argônio-40 (Ar-40).
- Conhecer a datação por radioisótopo de urânio-324 (U-324)/tório-230 (Th-230).
- Realizar cálculos envolvendo decaimento radioativo, meia-vida e datação de fósseis.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Química**.

Páginas 41 a 45

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com radioatividade, meia-vida e radionuclídeos permite exercitar as habilidades **EM13CNT205**, **EM13CNT301** e **EM13CNT303** e a **competência geral 2**.
- A interpretação dos gráficos da página **44** contribui para desenvolver a **competência geral 4**, pois incentiva os estudantes a obterem informações a partir de diferentes linguagens verbo-visuais.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Antes de iniciar o estudo sobre a datação de fósseis, questione os estudantes sobre o que sabem a respeito da radioatividade. Assim, é possível averiguar seus conhecimentos prévios acerca do assunto, bem como identificar possíveis erros conceituais e ideias de senso comum relacionados à temática.
- Levante questões como: O que é radiação? A radioatividade é um fenômeno natural ou criado pelo ser humano? A radioatividade é sempre prejudicial? O que pode emitir radiação? Que partículas são emitidas na radiação? Quais são os elementos químicos considerados radioativos? Quanto tempo um átomo permanece radioativo? O que é um radioisótopo?
- Peça aos estudantes que anotem suas respostas no caderno com base no que conhecem ou estudaram anteriormente.
- Essas questões podem ser trabalhadas novamente ao final do capítulo.

- Aproveite a reportagem apresentada na página **41** para pedir aos estudantes que pesquisem outras reportagens sobre a datação por carbono ou por outros isótopos radioativos com a finalidade de estabelecer a idade de rochas, animais, plantas e microrganismos do passado. Em seguida, peça que apresentem as reportagens encontradas e o que foi descoberto com base no processo de datação.
- Se julgar adequado, proponha aos estudantes que acessem a reportagem na íntegra para identificar elementos comuns entre as reportagens veiculadas em revistas de notícias e as divulgadas em revistas científicas. Oriente-os a conferir as semelhanças e as diferenças entre os dados divulgados. Verifique se eles percebem que nas revistas científicas existe maior quantidade de informações relacionadas a dados e trechos obtidos diretamente de artigos científicos, contendo mais informações técnicas, termos científicos e as respectivas referências bibliográficas.
- Questione sobre a importância do processo de datação por radioisótopos em fósseis. Relembre que, ao estudar o processo evolutivo no componente curricular **Biologia**, depara-se com a história evolutiva de diversas espécies. Explique que grande parte do que se sabe sobre os ancestrais e seus descendentes biológicos é comprovada por meio da datação por radioisótopos.
- Explore a reação química da reação de formação do isótopo radioativo carbono-14, na página **41**. Mostre que são reagentes naturais, com alta concentração na atmosfera. Assim, observamos a formação de C-14, que, por sua vez, é transformado em dióxido de carbono (CO_2) e absorvido por plantas durante a respiração celular.
- Auxilie os estudantes a interpretar a representação do ciclo do C-14 na natureza, apresentado na página **42**. É importante que eles constatem que a concentração de C-14 nos organismos é relativamente constante enquanto estiverem vivos. Explique que parte dos átomos de carbono que entram no ser vivo é o radioisótopo C-14. Nas plantas,

MODERNA

o C-14 provém do CO_2 absorvido na respiração aeróbica, e nos animais provém da alimentação. Após a morte, não é possível incorporar mais C-14, permanecendo apenas o que já existia no organismo.

- Dessa maneira, explique que, sabendo a concentração inicial esperada de C-14 para um organismo vivo, e comparando-a com a concentração determinada em um fóssil, por exemplo, é possível calcular a idade do material analisado.
- Enfatize que a datação por C-14 só pode ser aplicada em matéria orgânica, portanto, apenas se descobre a idade de seres vivos que viveram no passado. Além disso, nesse processo há uma limitação técnica que impede a datação precisa de fósseis com mais de 50 mil anos.
- Caso os estudantes questionem como é a técnica de datação por C-14, leia para eles o trecho do texto a seguir.

> [...] O primeiro a realizar a contagem de C14 foi o pesquisador Libby, utilizando um contador Geiger. Ao se desintegrar, um C14 emite uma partícula beta; essa partícula é detectada pelo referido equipamento. Ao colocarmos 1 grama de C atual (de algum ser vivo), temos 13,6 contagens por minuto. Sabendo disso, usamos da matemática para saber quanto 1 g de alguma amostra fóssil pode indicar em termos de idade. Se a contagem for de 6,8, significa que uma meia-vida já passou, isto é, o organismo em questão morreu há 5 730 anos. Outras técnicas mais recentes e precisas já foram desenvolvidas, utilizando, por exemplo, a contagem dos átomos em si e comparando-se suas proporções. [...]
>
> ZABINI, C. O problema não é o 13, é o 14! O mito do Carbono 14 na Paleontologia. *PaleoMundo*, 22 maio 2018. Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/paleoblog/2018/05/22/o-problema-nao-e-o-13-e-o-14-o-mito-do-carbono-14-na-paleontologia/>. Acesso em: 2 ago. 2020.

Página 42

BOXE COMPLEMENTAR

- No **boxe complementar** da página **42** são citados o fóssil de Luzia e o incêndio no Museu Nacional. Aproveite essa oportunidade para desenvolver um diálogo acerca da importância de museus e sítios arqueológicos para entender a história da humanidade. Esse conteúdo possibilita um trabalho conjunto com a área de **Ciências Humanas Sociais e Aplicadas**, principalmente com o componente curricular **História**.
- Aborde com os estudantes a importância do estudo dos sítios arqueológicos, já que eles permitem conhecer o modo de vida de populações humanas no passado. Nesses locais podem ser encontrados registros como cultura, artefatos, religião, entre outros.
- Se considerar interessante, acesse o Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos no *site* do *Iphan*. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1699>. Acesso em: 2 ago. 2020. Nesse *link* é possível encontrar algumas informações sobre os sítios arqueológicos brasileiros.
- Explique aos estudantes que o estudo de sítios arqueológicos permite conferir como ocorreu o povoamento das populações na América. Além disso, algumas descobertas, principalmente relativas à datação, podem mudar o que é aceito pela comunidade científica. Um exemplo disso está no *Jornal da USP*. Disponível em: <https://www5.usp.br/noticias/ciencias/datacao-em-sitio-arqueologico-contraria-teoria-de-povoamento-da-america/>. Acesso em: 2 ago. 2020.
- O trabalho com os sítios arqueológicos é uma oportunidade para abordar os sambaquis, um tipo específico de sítio arqueológico formado pela deposição antrópica de conchas. Nesses locais, também são encontrados restos de animais, utensílios variados, ferramentas e esqueletos humanos, por exemplo, que nos permitem compreender como eram os sepultamentos, a dieta desses povos, as atividades desenvolvidas por eles, entre outras informações a respeito de seu modo de vida e cultura. A grande presença de conchas permite a preservação de vestígios compostos de ossos ou de artefatos feitos de ossos. Diga aos estudantes que os sambaquis apresentam tamanhos variados e se encontram no litoral ou perto de rios, distribuídos em todo o Brasil.
- A respeito da importância dos sambaquis para a compreensão da dieta dos povos que habitavam tais regiões, leia com os estudantes o texto do *Jornal da Usp*. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-humanas/povos-construtores-de-sambaquis-tinham-dieta-sofisticada/>. Acesso em: 2 ago. 2020. Nesse texto, os estudantes podem perceber que as pesquisas indicam que os moradores apresentavam cáries, concluindo que sua dieta apresentava uma quantidade de carboidratos considerável.
- Assista com os estudantes ao vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=r-_f6YgmU5E>. Acesso em: 2 ago. 2020. Nessa reportagem é possível visualizar alguns sambaquis e conhecer algumas ameaças a esses sítios arqueológicos.
- Explique aos estudantes que o estudo dos sítios arqueológicos permite entender como os povos nativos viveram a fim de estabelecer padrões de migração, alimentação e cultura, além de estimar parte recente da evolução humana e suas tecnologias.
- Essa abordagem permite o trabalho com a **competência geral 1**, já que trabalha com conhecimentos construídos com base em análises históricas e científicas, e a oportunidade de transformar a educação em um processo mais significativo para os estudantes, contemplando o acesso aos bens culturais. Essa estratégia faz parte da **cultura juvenil** e contribui para um processo socialmente interativo e crítico de construção do conhecimento.
- **Veja a seguir a resposta da questão do boxe complementar da página 42.**

  Como o fóssil tem cerca de 12 000 anos e a meia-vida do C-14 é de 5 730 anos, a concentração do radioisótopo no crânio é de, aproximadamente, 25% da esperada para um organismo vivo.

MOBRA

METODOLOGIAS ATIVAS

- Peça aos estudantes que escrevam um pequeno texto relacionando técnicas científicas que ajudam a entender melhor o passado, além de preservá-lo. Incentive os estudantes a abordar outros assuntos além da datação por C-14. Para isso, estabeleça a metodologia ativa *quick writing*. Mais orientações sobre essa estratégia estão na página **XXIII** deste suplemento.
- Com essa atividade, o estudante refletirá sobre a importância das técnicas científicas para o avanço do conhecimento histórico e sintetizará suas ideias de forma organizada.
- Ao final da atividade, oriente alguns estudantes a ler seu texto, depois escreva na lousa os métodos científicos citados para discutirem com os colegas.
- Averigue se os estudantes citam exemplos como o uso de radioisótopos, a escavação em sítios arqueológicos, a análise mineralógica e a análise molecular dos fósseis que traçam a linha evolutiva. Entre as técnicas de preservação, estão o tombamento de locais como patrimônios culturais (materiais, imateriais, artísticos e naturais), as pinturas que podem ser restauradas por especialistas e algumas peças que são mantidas em museus para exposição ao público.

- Os estudantes podem perguntar por que um radionuclídeo pode levar mais de 5 000 anos para decair, enquanto outras demoram milissegundos ou menos. Reforce que tratamos de química elementar e, portanto, transformações nem sempre são óbvias. A meia-vida representa uma média de decaimento das substâncias radioativas e depende da própria instabilidade dessas substâncias.
- Auxilie os estudantes na interpretação dos gráficos apresentados na página **44**. O primeiro gráfico, de decaimento geral, mostra no eixo ***x*** o número de meias-vidas, e no eixo ***y***, a massa do radioisótopo que ainda resta no material analisado. Assim, trata-se de um gráfico que mostra a relação entre a porcentagem de massa restante pelo tempo de decaimento do radionuclídeo.
- Se os estudantes questionarem se existem formas de datação que não envolvam a análise de elementos químicos especificamente, explique que há outras técnicas, como a termoluminescência. Para mais informações, acesse o texto do *site* da *ComCiência*. Disponível em: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/arqueologia/arq06.shtml>. Acesso em: 2 ago. 2020.
- Ao abordar a questão **2**, na página **44**, explique aos estudantes que a datação por carbono-14 é eficiente para estudar o passado recente, mas para datar rochas, por exemplo, são necessários outros métodos. Sobre isso, leia o trecho do texto a seguir.

[...]

O decaimento radioativo pode se dar numa só etapa (ex.: transformação de rubídio em estrôncio) ou envolver várias etapas (ex.: transformação de urânio em chumbo). Ele ocorre com diferentes velocidades em cada um desses pares de elementos e teoricamente nunca termina. Por isso, na datação radiométrica trabalha-se com o conceito de meia-vida, que é o tempo necessário para que metade dos isótopos instáveis se transformem nos correspondentes isótopos estáveis. Numa rocha são necessários, por exemplo, 106 bilhões de anos para que metade do samário original (147Sm) se transforme em neodímio. Portanto, a meia-vida do samário é de 106 bilhões de anos (106 Ga ou 106 000 milhões de anos).

Para que metade do rubídio se transforme em estrôncio, bastam 48,8 Ga, 4,5 Ga para metade do urânio se transformar em chumbo e no máximo 50 000 anos para que 50% do carbono se transforme em nitrogênio. Assim, os elementos químicos a serem usados na datação radiométrica são escolhidos conforme a geologia indique ser a rocha muito antiga ou pouco antiga. [...]

BRANCO, P. de M. Como sabemos a idade das rochas? *Serviço Geológico do Brasil – CRPM*. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Como-Sabemos-a-Idade-das-Rochas%3F-1070.html>. Acesso em: 17 ago. 2020.

- Retome com os estudantes as questões propostas no boxe **Acompanhamento da aprendizagem**. Peça que leiam novamente as respostas e verifiquem se é necessário complementar ou modificar suas respostas. Dessa forma, ao analisar suas respostas, dadas no início do capítulo, os estudantes podem confrontar seus conceitos prévios com os conhecimentos adquiridos ao longo do capítulo e comprovar que existem mudanças de conceitos. Confira se eles respondem que a radioatividade se refere a um fenômeno natural, presente nos corpos na Terra. Explique que a radioatividade deve ser estudada a fim de contribuir com a tecnologia, incluindo os tratamentos médicos, assim como também pode causar acidentes, como vazamentos que, além de prejudicar o meio ambiente, podem ser altamente prejudiciais à saúde humana. Explique que os radionuclídeos e os radioisótopos são instáveis, liberando partículas ou ondas eletromagnéticas que se transmutam em outras. Além disso, diga que os radioisótopos permitem datar seres que já viveram no planeta, estabelecendo vários estudos evolutivos.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 46

1. Considerando a atividade do radionuclídeo após cada meia-vida:

$$100\% \xrightarrow{1\,t_{1/2}} 50\% \xrightarrow{2\,t_{1/2}} 25\% \xrightarrow{3\,t_{1/2}} \underbrace{12{,}5\%\ \text{(restante)}}_{87{,}5\%\ \text{(desintegrado)}}$$

$t_{total} = x \cdot t_{1/2} \Rightarrow 60 = 3 \cdot t_{1/2} \therefore t_{1/2} = 20$ dias

Assim, a meia-vida do radionuclídeo é de 20 dias.

COPERIA

2. Alternativa **b**. A datação com o carbono-14 pode ser utilizada para datar matéria orgânica de até 50 mil anos. Fósseis de dinossauros são mais velhos que 50 mil anos, invalidando a alternativa **d**. Vasos de cerâmica, peças metálicas, rochas e meteoritos não são materiais orgânicos e, portanto, não podem ser datados pela quantidade de C-14.

3. **a)** Com a análise do gráfico, é possível verificar que são necessários 30 anos para determinada massa de Cs-137 se reduzir à metade, ou seja, a meia-vida desse radionuclídeo é de 30 anos. Em 2017, 30 anos depois, deve haver a metade da massa inicial do material radioativo, ou seja, 20 gramas. Serão necessárias seis meias-vidas para que a massa de Cs-137 seja inferior a 0,7 g.

$$40\text{ g} \xrightarrow{1\,t_{1/2}} 20\text{ g} \xrightarrow{2\,t_{1/2}} 10\text{ g} \xrightarrow{3\,t_{1/2}} 5\text{ g} \xrightarrow{4\,t_{1/2}} \xrightarrow{4\,t_{1/2}} 2{,}5\text{ g} \xrightarrow{5\,t_{1/2}} 1{,}25\text{ g} \xrightarrow{6\,t_{1/2}} 0{,}625\text{ g}$$

$$t_{total} = x \cdot t_{1/2} \Rightarrow t_{total} = 6 \cdot 30 \therefore t_{total} = 180 \text{ anos}$$

b) $^{137}_{55}Cs \longrightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}\beta$

4. Alternativa **IV**. Com 6,25%, temos quatro meias-vidas.

$$100\,\% \xrightarrow{1\,t_{1/2}} 50\,\% \xrightarrow{2\,t_{1/2}} 25\,\% \xrightarrow{3\,t_{1/2}} 12{,}5\% \xrightarrow{4\,t_{1/2}} \xrightarrow{4\,t_{1/2}} 6{,}25\%$$

$$t_{total} = x \cdot t_{1/2} \Rightarrow t_{total} = 4 \cdot 5\,730 \therefore t_{total} = 22\,920 \text{ anos}$$

Após a morte do indivíduo, decorreram 22 920 anos.

CAPÍTULO 4
Ferramentas e máquinas simples

Objetivos

- Conhecer a história do desenvolvimento de algumas ferramentas e máquinas simples.
- Definir o conceito de ferramentas e máquinas simples.
- Compreender que a função das máquinas simples é facilitar a realização de tarefas, reduzindo a força aplicada em alguns casos.
- Conhecer diferentes tipos de ferramentas e máquinas simples.
- Reconhecer e classificar os processos de ampliação de forças em diferentes ferramentas e máquinas.
- Identificar objetos do cotidiano que fazem uso de ferramentas e de máquinas simples.
- Conhecer máquinas simples que possibilitam obter vantagem mecânica.
- Compreender que as máquinas modernas podem seguir os princípios das máquinas simples.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Física**.

BNCC EM DESTAQUE *Páginas 47 a 49*

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois possibilita aos estudantes compreender e explorar a aplicação do conhecimento científico nas diversas esferas da vida humana, como no desenvolvimento de ferramentas que facilitaram as atividades humanas desde a antiguidade até os dias atuais, e acompanhar como os avanços científicos e tecnológicos permitiram o aperfeiçoamento das ferramentas e máquinas simples. Além disso, desenvolve o tema contemporâneo transversal **Ciência e tecnologia**.
- Também possibilita desenvolver a **competência geral 1**, valorizando os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social e cultural para entender e explicar a realidade e continuar aprendendo.

- Inicie o trabalho desse capítulo assistindo com os estudantes ao vídeo da *Nova escola*, que apresenta alguns tipos de máquinas simples e como elas funcionam. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=G9XFWhIEZLs>. Acesso em: 3 ago. 2020.
- Explore a imagem da página **47**, que mostra o uso de uma máquina simples em uma atividade do cotidiano.

  Proporcione um momento para que os estudantes respondam à questão **1** da mesma página. Permita que todos eles citem exemplos de ferramentas e máquinas que fazem parte das atividades do seu cotidiano, incluindo as que executam no ambiente escolar.

  Aproveite para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre instrumentos, cuja função é diminuir a intensidade e/ou alterar a direção e o sentido da força que aplicamos, facilitando determinadas tarefas.

  Recomenda-se anotar algumas das respostas na lousa para conversar com a turma sobre como os objetos citados facilitam as atividades diárias e podem contribuir para o desenvolvimento tecnológico.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se for oportuno, ao trabalhar a linha do tempo que mostra o histórico do desenvolvimento de ferramentas e de máquinas nas páginas **48** e **49**, proponha aos estudantes uma atividade em grupo com o objetivo de apresentar máquinas modernas que têm seu funcionamento baseado em princípios que ainda remetem às máquinas simples.
- Aproveite para desenvolver a estratégia de metodologias ativas seminário. Veja mais orientações a esse respeito na página **XXI** deste suplemento.

  Para isso, divida a turma em grupos de no máximo quatro estudantes e oriente-os a desenvolver um trabalho de pesquisa, coleta de dados, debate em grupo e apresentação de resultados e conclusões, o que contribui para ampliar ideias e construir conhecimentos.

MODERNA

Peça que apresentem também um trabalho escrito, que pode ser um relatório ou uma síntese.

- Explique que a pesquisa deve ser realizada de forma crítica. Depois, eles devem ler e debater o tema a fim de preparar a apresentação para a turma.

  Na apresentação, os estudantes devem expor oralmente o resultado das pesquisas e os debates do grupo, disponibilizando um tempo para esclarecer ou buscar respostas para eventuais dúvidas.

Páginas 50 a 53

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da **competência específica 2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois possibilita aos estudantes compreender como o uso de instrumentos pode facilitar o movimento dos objetos no campo gravitacional do planeta.
- Além disso, possibilita a abordagem da habilidade **EM13CNT204** ao permitir elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra com base nas interações gravitacionais, utilizando mecanismos para ampliar as forças aplicadas sobre eles.

  O recurso usado na página **51** e o boxe **Trocando ideias** na mesma página permitem desenvolver a **competência geral 1**, valorizando os conhecimentos historicamente construídos sobre as Ciências para entender e explicar a realidade e continuar aprendendo, além de desenvolver a **competência geral 9**, pois incentiva os estudantes a respeitar as opiniões dos colegas e a desenvolver a empatia.

- Inicie a abordagem dessas páginas destacando para os estudantes as vantagens em utilizar as máquinas simples em determinadas atividades do cotidiano, explorando as imagens da página **50**. Explique que, embora seja possível quebrar as castanhas com a rocha, o martelo facilita a tarefa.
- Ao tratar do desenvolvimento da roda e das diversas funções em que ela se aplica, peça aos estudantes que exponham suas opiniões sobre a importância das pesquisas científicas e do desenvolvimento de novas tecnologias, bem como sobre o impacto disso no cotidiano das pessoas.

  Se julgar adequado, proponha uma roda de conversa para debater como a busca pelo conhecimento científico pode mudar a realidade de uma sociedade ao descobrir, explicar e compreender fatos ligados àquele momento histórico.

  Procure desenvolver a consciência crítica dos estudantes e a capacidade de produzir conhecimentos adequados para a compreensão da realidade em que estão inseridos.

Página 51

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Compreender a importância dos conhecimentos científicos historicamente construídos.
- Identificar situações do cotidiano que empregam o uso da roda.
- Reconhecer que a roda, mesmo sendo uma das máquinas mais simples, possui função fundamental em diversas atividades.
- Compreender por que a roda é considerada uma das maiores invenções da humanidade.

Orientações

- Inicie a atividade propondo aos estudantes que formem duplas.
- Oriente-os a conversar sobre a utilização de equipamentos que desempenham a função de ferramentas e máquinas simples nas atividades cotidianas, identificando em quais delas a roda é fundamental. Peça que anotem suas conclusões no caderno.

  Com base no que concluíram, peça aos estudantes que selecionem o que se refere à roda. Depois pergunte se seria possível inventar algo que substituísse sua função.
- Ao final da atividade, é importante que os estudantes percebam que, apesar de simples, a roda desempenha funções que dificilmente seriam realizadas por outros instrumentos.

Resposta

- Resposta pessoal. Os estudantes podem citar a tarefa de empurrar um veículo com e sem as rodas; movimentar objetos de grande massa, como uma geladeira ou um armário, equipados ou não com rodas. Com isso, os estudantes devem perceber que a tarefa de mover objetos de grande massa sem o auxílio de rodas é mais difícil. Além disso, eles devem reconhecer que, apesar de aparentemente simples, dificilmente há outro dispositivo que desempenhe a mesma função da roda.

- A atividade anterior contribui para desenvolver o **pensamento computacional**. Oriente os estudantes a encontrar formas de dividir a investigação em etapas, facilitando a elaboração das possíveis soluções.

  Para isso peça a eles que organizem etapas para observar situações do dia a dia em que seja fundamental usar rodas para executar determinadas atividades. Em seguida, oriente-os a discutir possibilidades de substituí-las por outro dispositivo.
- Se julgar adequado, ao explorar a imagem da roda d'água na página **51**, destaque outros equipamentos usados no dia a dia em que ocorre a transmissão do movimento circular de uma estrutura para outra, como automóveis, bicicletas, elevadores, entre outros.

  Explique que nos automóveis, por exemplo, o movimento circular do motor precisa ser transmitido até as rodas para que o carro se movimente.
- A transmissão de movimento circular pode ocorrer por uma associação periférica ou uma associação coaxial.

  A associação periférica de polias, geralmente, é realizada por meio de correias ou de correntes; nesse caso, o sentido do movimento das duas polias é o mesmo. Nas engrenagens, a associação ocorre por contato direto; nesse caso, o sentido do movimento é invertido.

EDIÇÃO DE PROVA

Na associação coaxial (que possui eixo comum), duas ou mais polias ou engrenagens são conectadas a um eixo central, que transmite o movimento.

- Já nas bicicletas, o movimento gerado na pedivela é transmitido à roda dentada ou coroa por uma associação por eixo (associação coaxial), apresentando a mesma frequência de rotação.

  O movimento da coroa é transmitido ao pinhão por meio de uma corrente (associação periférica), de modo que a mesma quantidade de dentes da corrente que deixam a coroa se encaixam no pinhão. Os pontos periféricos da coroa e do pinhão possuem a mesma velocidade.

  Por fim, o movimento do pinhão é transmitido às rodas por uma associação coaxial, resultando no movimento da bicicleta.
- Os elementos que compõem o sistema de transmissão de movimento circular citados acima estão indicados na imagem abaixo.

VLADYSLAV STAROZHYLOV/SHUTTERSTOCK

Imagem de uma bicicleta apresentando elementos do sistema de transmissão de movimento circular.

- Ao abordar o conceito de polia, ressalte aos estudantes que ela foi construída com base na roda e estão presentes em quase todos os sistemas que utilizam cabos e correias. Cite exemplos como varais de roupa, persianas, equipamentos de ginástica, barcos, navios, motores, elevadores, guindastes de construção, entre outros.

  Explore a imagem na página **52**, que mostra uma polia fixa, destacando as respectivas forças ao ser usada para suspender uma caixa, por exemplo.
- Na página **53** é apresentada a imagem de uma polia móvel. Peça aos estudantes que observem novamente as forças que passam a agir ao ser usada para suspender um objeto.
- Explique que a propriedade de reduzir a força que deve ser feita para sustentar um objeto ocorre porque o corpo é sustentado por duas ou mais forças de tração, e apenas parte da força peso do corpo é transmitida para a extremidade da corda onde será aplicada a força.

  Ao utilizar associação de polias, aumentamos o efeito da força aplicada em um sistema, reduzindo assim o esforço. Quanto mais polias móveis forem usadas, mais significativa será essa redução.

  Destaque o dispositivo que utiliza a associação de polias fixas com polias móveis chamado talha, mostrado na mesma página, e a relação que determina a força que deve ser aplicada sobre os objetos suspensos por uma associação de polias.
- Enfatize que, em qualquer máquina, não existe multiplicação de energia, e sim de força aplicada. Isso fica evidente quando, ao analisar uma talha, o trabalho (energia) é definido pela multiplicação da força pelo deslocamento. Ainda que haja uma diminuição na força necessária para elevar algo, a altura que o corpo sobe é menor que o comprimento de corda que precisa ser puxada, resultando na transferência de energia.
- Verifique se os estudantes compreenderam a relação matemática e o conceito de vantagem mecânica.

  Destaque que essa grandeza representa se existe ou não redução de esforço necessário para realizar um trabalho. Desse modo, se $V_{mec} = 1$, será necessário aplicar na máquina a mesma força que seria aplicada diretamente sobre o objeto, não existindo vantagem nem desvantagem mecânica. Caso $V_{mec} > 1$, a força que aplicamos tem intensidade menor que a força de resistência exercida pela carga.

Página 54

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar interessante, trabalhe as atividades **1** e **2** da página **54** utilizando a estratégia de metodologias ativas *quick writing*. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento.

  Para isso, peça a eles que respondam às atividades em, no máximo, cinco minutos, possibilitando a livre expressão, a fluência na escrita e a capacidade de síntese.
- Aproveite essas respostas para verificar se existe a necessidade de retomar alguns dos temas já trabalhados.

Páginas 56 a 58

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois possibilita aos estudantes compreender e explorar a aplicação do conhecimento científico nas diversas esferas da vida, como no desenvolvimento de ferramentas que facilitaram as atividades humanas desde a antiguidade até os dias atuais, e conhecer como os avanços científicos e tecnológicos permitiram o aperfeiçoamento das ferramentas e máquinas simples. Além disso, desenvolve o tema contemporâneo transversal **Ciência e tecnologia**.
- Também possibilita desenvolver a **competência geral 1**, valorizando os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social e cultural para entender e explicar a realidade e continuar aprendendo.

MODERNA

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Se julgar interessante, ao falar do conceito de alavancas, proponha uma atividade simples aos estudantes para que eles relacionem a força aplicada sobre o braço da alavanca e a distância do seu ponto de apoio.
- Para essa atividade, oriente os estudantes a abrir e fechar a porta da sala de aula empurrando-a próximo da dobradiça. Em seguida, peça que repitam o mesmo processo, de abrir ou fechar a porta, empurrando-a próximo da maçaneta.

  Permita que todos os estudantes executem as situações propostas e depois pergunte em quais delas foi mais fácil abrir e fechar a porta.
- Explique que é realmente mais difícil abrir ou fechar uma porta empurrando próximo da dobradiça. No entanto, é relativamente fácil abrir ou fechar ao empurrá-la próximo da maçaneta.

  Comente que no primeiro caso foi combinada grande intensidade de força com distância menor em relação ao eixo de rotação (a dobradiça), e que no segundo foi associada menor intensidade de força com uma distância maior, o que permite verificar que, quanto maior for o braço de potência em relação ao braço de resistência, menor será a força necessária para girar um objeto ou equilibrar uma carga, ou seja, o esforço será menor para realizar a tarefa.

  Leve os estudantes a perceberem que, ao realizar a rotação de um corpo em torno de um ponto fixo, não basta apenas aplicar uma força. Além da intensidade da força aplicada, é necessário considerar sua orientação e o local de sua aplicação.

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade anterior contribui para o desenvolvimento da **competência geral 2**, pois possibilita aos estudantes exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das Ciências, incluindo a investigação, a reflexão e a análise crítica para investigar causas e elaborar hipóteses.

- Ressalte que, quanto maior for o braço de alavanca, menor será a intensidade da força necessária para causar uma rotação. Por esse motivo, quando a força não possui intensidade suficiente para soltar um parafuso muito apertado, por exemplo, a solução é aumentar o braço de alavanca, prolongando o comprimento do braço da alavanca. Assim, o torque necessário pode ser obtido por uma força de menor intensidade.

  Pelo mesmo motivo, nas portas em geral, a maçaneta é instalada distante das dobradiças. Fechar ou abrir a porta empurrando-a por um local mais próximo das dobradiças é possível, mas exige a aplicação de uma força de maior intensidade.
- Ao trabalhar os tipos de alavanca, explore as imagens das páginas **56** e **57** com os estudantes, e se julgar conveniente explique que no corpo humano existem diversas alavancas, como as formadas pelos ossos, que funcionam como uma haste rígida, e pelos músculos, que exercem força por meio de contrações.
- Ao abordar o conceito de plano inclinado na página **57**, destaque para os estudantes suas características: superfície plana, rígida, inclinada em relação à horizontal, com o objetivo de multiplicar a força.
- Caso os estudantes tenham dificuldade em entender a inclinação das rampas, desenhe dois triângulos retângulos na lousa. Um deve ter altura de 1 m e base de 20 m, e o outro deve ter altura de 1 m e base de 12 m, sendo essas medidas equivalentes aos catetos. A hipotenusa desses triângulos seria equivalente à rampa de acesso.

  Assim, eles podem verificar as proporções indicadas; 1:20 (para uma elevação de 1 m de altura deve haver um deslocamento horizontal de 20 m) e 1:12 (para uma elevação de 1 m de altura deve haver um deslocamento horizontal de 12 m).

  Além disso, comente que, quando o desnível é muito grande, a rampa deve ser dividida em partes com plataformas horizontais, referentes às zonas de descanso onde é possível parar e descansar.

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade proposta no boxe **Trocando ideias** da página **57** proporciona o desenvolvimento da **competência específica 3**, pois permite que os estudantes avaliem a aplicação do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo ao observarem as condições de acessibilidades dos ambientes que frequentam. Além disso, esse boxe também contribui para desenvolver a **competência geral 9**, pois ajuda a desenvolver a empatia e o respeito às opiniões dos colegas.
- Além disso, é possível abordar o tema contemporâneo transversal **Educação em Direitos Humanos**, pois a acessibilidade visa garantir a participação ativa de todos os cidadãos em todos os aspectos sociais

Página 57

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Reconhecer no cotidiano a utilização dos planos inclinados.
- Identificar a necessidade de adaptações para acessibilidade nos ambientes frequentados, propondo melhorias.

Orientações

- Inicie a abordagem do boxe perguntando aos estudantes se já conheciam o termo acessibilidade e se são capazes de citar alguns exemplos.
- Comente que, embora as rampas de acesso, os pisos táteis e as indicações em Braille sejam os aspectos mais comuns de acessibilidade, existem diversos tipos de acessibilidade e adaptações que visam atender as mais diversas necessidades.
- Diga aos estudantes que as adaptações físicas dos ambientes são só um tipo de acessibilidade, conhecido como acessibilidade arquitetônica. Existem ainda outros tipos

MODERNA

de acessibilidade, como: instrumental (para diminuir as barreiras nos instrumentos e ferramentas de estudo, trabalho ou lazer), nos transportes (para diminuir as barreiras nos veículos e nos pontos de paradas, por exemplo), nas comunicações (para eliminar barreiras na comunicação interpessoal) e digital (apresentação do conteúdo digital e informações em *sites* com formatos alternativos).

Resposta

- Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a observar os ambientes que frequentam e verificar as condições de acessibilidade. Além das adaptações citadas no texto de apoio, eles podem citar os corrimãos, as barras de apoio nos banheiros, entre outras adaptações. Materiais em Braille e aulas em Libras também são exemplos de acessibilidade.

- Se julgar conveniente, aproveite a atividade anterior para promover a participação ativa dos estudantes em investigar situações cotidianas e propor soluções para problemas sociais de maneira construtiva, incentivando os jovens a divulgar suas ideias para melhorar as condições de acessibilidade. Para isso, eles podem divulgar suas ideias em canais digitais, que fazem parte da **cultura juvenil**, atuando de forma crítica na busca pela garantia de direitos fundamentais, como a acessibilidade a todos os cidadãos.
- Explore as imagens das páginas **57** e **58** e pergunte aos estudantes se conhecem outros equipamentos que sejam variações do plano inclinado, como facas, talhadeiras, machados, porcas, roscas sem-fim, prensas, escadas rolantes, entre outros.

Página 59

BNCC EM DESTAQUE

- Ao trabalhar o conteúdo do **boxe complementar**, enfatize para os estudantes a importância de valorizar os conhecimentos historicamente construídos e sua contribuição para o desenvolvimento das Ciências, contemplando assim a **competência geral 1**.

Página 59

BOXE COMPLEMENTAR

- Se julgar interessante, inicie o trabalho com este boxe explorando com os estudantes a reportagem *As 30 máquinas mais importantes do mundo,* da página da revista *Superinteressante*. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/as-30-maquinas-mais-importantes-do-mundo/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

  Em seguida, oriente-os a refletir sobre a importância do desenvolvimento das primeiras máquinas simples, com base nas quais outras mais modernas e sofisticadas foram criadas.

  Proporcione um momento para os estudantes debaterem o tema e compartilharem suas ideias e seus conhecimentos com os colegas.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar conveniente, aproveite para desenvolver a estratégia de metodologias ativas *think-pair-share*. Mais orientações sobre essa estratégia estão na página **XXII** deste suplemento.

  Individualmente, oriente os estudantes a refletir sobre as questões propostas no boxe para depois compartilhar com um colega. Em seguida, peça que socializem seus pensamentos e conclusões com um grupo maior.

- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 59.**

  a) Resposta pessoal. Após ler o texto do boxe, espera-se que o estudante reconheça que, apesar de toda evolução na fabricação das máquinas modernas e no desenvolvimento de novos materiais, o funcionamento de muitos dispositivos ainda se baseia nos princípios de funcionamento das máquinas simples, como a roda, as polias, o plano inclinado e as alavancas.

  b) Resposta pessoal. Os estudantes devem refletir sobre as máquinas simples que costumam usar (exceto dispositivos simples como tesoura, faca etc.). Entre as possibilidades, eles podem citar: as engrenagens, correias e rodas de uma bicicleta; as rodas dos refrigeradores; a escada rolante, que aplica uma esteira equipada com polias; as engrenagens, correias e polias de uma máquina de lavar roupas; entre outros.

Página 60

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade da seção **Investigue** favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois incentiva os estudantes a analisar e explicar dados experimentais sob uma perspectiva científica. Além disso, possibilita o desenvolvimento da **competência geral 2** pelo trabalho com investigação científica, e da **competência geral 9**, por incentivar os estudantes a trabalhar em grupo.

Página 60

INVESTIGUE

Objetivos

- Construir uma catapulta.
- Investigar o lançamento de objetos utilizando o princípio das alavancas.
- Aplicar conceitos relativos às máquinas simples, como braço de alavanca e torque.
- Analisar o processo de transformação de energia que ocorre no lançamento de projéteis usando uma catapulta.
- Investigar fatores que interferem no funcionamento de uma catapulta.

Orientações

- Se julgar adequado, inicie a atividade retomando as etapas do método científico (formulação de hipóteses, testes,

observação e conclusão), para auxiliar os estudantes na análise da investigação.

- Questione-os sobre situações do cotidiano nas quais eles já utilizaram, ou observaram, alguma máquina simples que aplica o princípio da alavanca. Com base nisso, incentive-os a ler e discutir o texto da **Contextualização**.

Respostas das questões de contextualização

a) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes comentem que os conhecimentos sobre balística permitem realizar cálculos de previsão do movimento do projétil lançado pelas catapultas, de modo a prever se vão atingir os alvos desejados.

b) Resposta pessoal. Espera-se que respondam que sim, pois, como os dispositivos citados utilizam o princípio da alavanca, se a massa do corpo a ser lançado for muito grande, pode ser que a estrutura não suporte a intensidade da força peso do objeto ou que a força aplicada para tentar mover o braço da alavanca não seja suficiente para mover o braço de resistência e o projétil.

- Em seguida, certifique-se de que os estudantes compreenderam o objetivo da atividade e organize-os em grupos de quatro participantes.
- Essa atividade contribui para desenvolver o **pensamento computacional**. Durante o desenvolvimento da atividade, oriente-os a trocar ideias e identificar os pontos fundamentais para formular o roteiro de investigação. Oriente-os a dividir a atividade em etapas para facilitar a execução. Para facilitar a elaboração dos roteiros, peça que reflitam em cada questão sugerida. O objetivo delas é levar o estudante a considerar os aspectos mais importantes para que a execução da atividade tenha sucesso.
- Na primeira questão, verifique se eles lembram dos conteúdos trabalhados durante o capítulo, que são importantes para a investigação e a conclusão das etapas da atividade. Com essa discussão, confira se eles conseguem identificar os materiais necessários para a montagem do experimento. Incentive-os a refletir sobre qual tipo de máquina vão construir, uma catapulta ou um trabuco, pois eles têm sistemas de lançamento um pouco diferentes. Sugira que metade dos grupos construa catapultas e a outra metade construa trabucos, para que a sala observe os dois tipos de máquina.
- Oriente os estudantes a produzir um roteiro no qual devem estar claras todas as etapas do procedimento e os cuidados que devem ser tomados para desenvolver a atividade.
- Incentive os estudantes a observar a situação-problema e conversar sobre ela, anotando as possíveis maneiras de realizar a investigação. Eles devem registrar no caderno todas as etapas da investigação de modo que possam analisar os dados e formular suas conclusões, assim como também devem anotar as respostas para as questões sugeridas. Veja a seguir uma das formas de realizar essa atividade.

Materiais

- 10 lápis número 2
- elásticos
- tampa de garrafa PET
- pistola de cola quente
- pequenos objetos para serem lançados, como bolinhas de papel
- objetos para servir de contrapeso, como chumbadas de pesca

Procedimentos

a) Pegue três lápis, juntando os dois primeiros de modo que fiquem paralelos. Em seguida, posicione o terceiro lápis perpendicularmente aos outros dois, cruzando-o a cerca de um terço do comprimento total dos dois paralelos. Ele será o braço da catapulta, assim um dos lados deve ser menor que o outro. Prenda-os com um elástico.

b) Em seguida, disponha quatro lápis de modo a formar um quadrado. Prenda-os dois a dois com um elástico em cada uma das pontas.

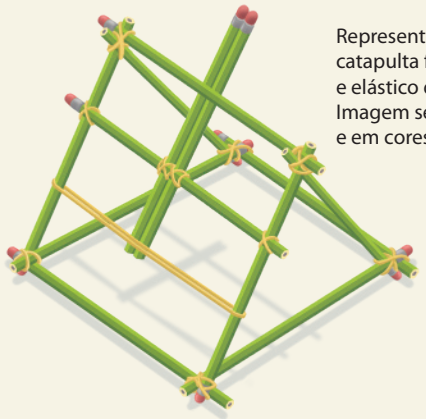
c) Junte o lápis perpendicular, passando-o a cerca de um terço do lado superior do quadrado e prendendo com dois elásticos nas pontas. Então, passe um elástico cruzando o quadrado de modo que fique próximo à extremidade do braço da catapulta. Note que o lápis superior está apoiado em cima dos dois lápis paralelos.

d) Para construir a base, adicione três lápis na parte inferior do quadrado inicial, conectando-os com elásticos e criando um novo quadrado na parte inferior.

e) Depois, adicione um lápis de cada lado conectando os quadrados na diagonal, criando uma forma de triângulo em cada lado (observe a figura abaixo).

f) Para finalizar, use a cola quente para prender a tampa na extremidade dos lápis paralelos (braço da catapulta).

g) No caso da produção de um trabuco, o elástico da base do braço da catapulta deve ser substituído por um contrapeso, que pode ser feito com chumbadas para pesca.



FÁBIO EIJI SIRASUMA

Representação de uma catapulta feita de lápis e elástico de borracha. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

- Agora, para usar a catapulta, escolha um local adequado e gire o braço dela afastando-o da parte superior e trazendo até próximo da base. Coloque a bolinha de papel dentro da tampa e libere o projétil. Evite lançar objetos na direção dos colegas.

EM ABERTA

- Durante a execução da proposta de investigação elaborada pelos estudantes, sugerimos que o professor continue atuando como mediador, incentivando-os a encontrar soluções para os problemas que surgirem. No entanto, execute as etapas que podem oferecer riscos, como manipular a pistola de cola quente.
- Sugira que um dos integrantes do grupo fique responsável por fotografar todas as etapas e os resultados, usando uma câmera fotográfica ou um *smartphone*. Essa estratégia incentiva os estudantes a realizar a comunicação científica por meio de ferramentas que fazem parte do universo das **culturas juvenis**, além de desenvolver a **competência geral 5**.
- Oriente-os a divulgar os resultados, as discussões das questões e as conclusões de forma expositiva para o restante da turma.

Respostas para as questões

1. Os estudantes devem perceber que na parte onde eles posicionam o projétil há um ponto de apoio e dois locais de aplicação de forças, ligados por uma barra sólida, como uma alavanca. O projétil aplica a força resistente e o dispositivo faz a catapulta funcionar, aplicando a força potente.

2. Espera-se que os estudantes citem que um elástico ou um contrapeso faz os objetos serem lançados. Isso dependerá do tipo de projeto que fizerem.

3. Pode-se alterar o comprimento do braço da catapulta, afetando seu desempenho segundo o princípio das alavancas. O arremesso dos objetos também depende do quanto o braço for girado, pois isso altera a energia armazenada no elástico. Outra possibilidade é alterar o tipo de elástico utilizado como propulsor, assim como o tipo e a massa do projétil. No caso de um trabuco, pode-se alterar também a relação entre os braços da alavanca e o tamanho do contrapeso.

4. Espera-se que os estudantes respondam que poderiam prever o movimento do projétil utilizando as relações do lançamento oblíquo, identificando o ângulo e estimando a velocidade do lançamento.

5. Resposta pessoal.

Destino dos resíduos

- Os lápis e elásticos podem ser reaproveitados, o restante do material deve ser descartado de maneira adequada em lixeiras de coleta seletiva.

Página 61

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar conveniente, utilize a estratégia de metodologias ativas *polling* para que os estudantes respondam à atividade **1** da página **61**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento.

  Solicite a eles que votem nas classificações que considerarem mais adequadas como respostas das atividades; essa votação pode ser feita de forma anônima. Permita que discutam suas ideias com os colegas e depois votem novamente na resposta que julgarem mais adequada.

Respostas e orientações para as Atividades

Páginas 54 e 55

3. Soma: 01 + 08 = 09

01 - Correta.

02 - Incorreta. A velocidade constante significa que não há aceleração do corpo, portanto, a intensidade da força resultante é nula nesse caso, o que representa um sistema em equilíbrio.

04 - Incorreta. Para a situação de três polias móveis, a força necessária para suspender o objeto mantendo o equilíbrio dinâmico será:

$$F_T = \frac{F_P}{2^n} \Rightarrow F_T = \frac{m \cdot g}{2^n} \Rightarrow F_T = \frac{m \cdot g}{2^3}$$

$$\therefore F_T = \frac{1}{8} \cdot m \cdot g$$

08 - Correta.

4. a) Como a estudante pode erguer até 15 kg com uma mão, a intensidade da força máxima que ela exerce em newton (N) equivale a:

$$F_{máx} = F_P \Rightarrow F_{máx} = m \cdot g \Rightarrow F_{máx} = 15 \cdot 10$$

$$\therefore F_{máx} = 150 \text{ N}$$

Aplicando a relação da talha exponencial, $F_T = \frac{F_P}{2^n}$, em associações com diferentes quantidades de polias móveis temos:

Nº de polias móveis (n)	Força de tração necessária, F_T (N)
0	700,0
1	350,0
2	175,0
3	87,5

Assim, o número mínimo de polias para que a aluna consiga levantar o saco de areia com apenas uma mão é de 3 polias móveis.

b) Como a carga foi levantada com velocidade constante, a intensidade da força potente (F_{po}) é igual à intensidade da força de tração (F_T) na talha exponencial, ou seja:

$$F_{po} = F_T \Rightarrow F_{po} = \frac{F_P}{2^n} \Rightarrow F_{po} = \frac{700}{2^4}$$

$$\therefore F_{po} = 43,75 \text{ N}$$

A vantagem mecânica é a razão entre as intensidades das forças resistente e potente, assim teremos:

$$V_{mec} = \frac{F_{res}}{F_{po}} \Rightarrow V_{mec} = \frac{700}{43,75} \therefore V_{mec} = 16$$

Portanto, a vantagem mecânica desse sistema é 16.

7. A intensidade da força aplicada sobre a mesa é de 10 N, logo ela resistirá.

Considerando que o sistema se encontra em equilíbrio,

MODERNA

as intensidades das forças de tração que os corpos *A* e *B* exercem sobre as cordas equivalem às intensidades das suas forças peso. Como os corpos *A* e *B* têm mesma massa $F_{T_A} = F_{T_B}$, temos:

$F_{T_A} = F_{P_A} \Rightarrow F_{T_A} = m_A \cdot g \Rightarrow F_{T_A} = 2,5 \cdot 10 \therefore F_{T_A} = 25\ \text{N}$

Sendo assim, F_{T_B} é igual a 25 N.

No cilindro *C*, a intensidade da força resultante que será aplicada na mesa é dada por:

$F_R = F_{P_C} - F_{T_A} - F_{T_B} \Rightarrow F_R = m_C \cdot g - 25 - 25 \Rightarrow$
$\Rightarrow F_R = 6 \cdot 10 - 50 \therefore F_R = 10\ \text{N}$

A intensidade da força aplicada sobre a mesa equivale a 10 N, portanto ela resiste.

10. I. Falsa. O sistema de polias é responsável por oferecer a vantagem mecânica, isto é, desenvolver o menor esforço para deslocar determinada quantidade de massa. Por isso, o sistema desenvolvido pelo segundo operário apresenta maior facilidade para desenvolver a ação.

II. Verdadeira.

III. Falsa. Em um arranjo de polias, quanto maior a quantidade de polias móveis colocadas no sistema, maior será a facilidade de executar a ação, possibilitando ao segundo operário o menor esforço.

Página 61

1. a) O alicate é uma alavanca interfixa; a carriola e o abridor de garrafas são alavancas inter-resistentes; a pinça e o pegador de macarrão são alavancas interpotentes.

b) Nas alavancas **B** (pinça) e **E** (pegador de macarrão).

2. Sendo a força exercida pela noz a força resistente F_{res}, e sendo a força exercida pela pessoa a força potente F_{po}, temos:

$F_{po} \cdot b_{po} = F_{res} \cdot b_{res} \Rightarrow F_{po} \cdot 0,14 = 200 \cdot 0,04 \therefore F_{po} \simeq 57,1\ \text{N}$

3. I. Falsa. A intensidade da força necessária para erguer um corpo é menor em um plano inclinado do que em um deslocamento vertical, mas a distância percorrida é maior.

II. Falsa. O parafuso é um tipo de plano inclinado no formato de uma hélice.

III. Verdadeira.

IV. Verdadeira.

4. Considerando a pessoa de 60 kg como a resistência e a pessoa de 80 kg como a potência, a intensidade da força exercida por elas é a peso, portanto:

$F_{po} \cdot b_{po} = F_{res} \cdot b_{res} \Rightarrow m_{po} \cdot g \cdot b_{po} = m_{res} \cdot g \cdot b_{res} \Rightarrow$
$\Rightarrow 80 \cdot 10 \cdot b_{po} = 60 \cdot 10 \cdot 1,2 \therefore b_{po} = 0,9\ \text{m}$

A pessoa deve se sentar a uma distância de 0,9 m do ponto de apoio.

Página 61

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

1. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a retomar o conteúdo trabalhado na unidade. Aproveite o momento para avaliar a aprendizagem deles quanto ao tema evolução, retomando o que considerar pertinente. Enfatize o modo correto de interpretação de pontos corriqueiramente interpretados de forma incorreta, como o fato de a evolução não ser um processo linear e direcional que tende a formar indivíduos mais complexos e melhores.

2. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a organizar as informações sobre o tema de modo esquemático. Eles devem incluir em seus esquemas a obtenção de carbono-14 (C-14) pelos seres vivos, o decaimento natural e a meia-vida desse radionuclídeo e como tais dados podem ser usados para a datação de fósseis.

3. O objetivo dessa questão é fazer os estudantes compilar em um texto sucinto e compreensível o que estudaram sobre evolução humana, aproveitando para avaliar sua aprendizagem. Se considerar conveniente, oriente-os a elaborar o texto em sala de aula e a se reunir em um horário depois da aula para elaborar o *podcast*. Essa estratégia possibilita aos estudantes exercitar a comunicação científica por meio de ferramentas que fazem parte das **culturas juvenis**.

4. O objetivo dessa questão é retomar com os estudantes os conteúdos relacionados às máquinas simples. Eles devem explicar que rodas, polias, alavancas e plano inclinado referem-se a tipos de máquinas simples, as quais facilitam as atividades ao mudar a direção e o sentido de um vetor força e/ou ao reduzir a intensidade da força necessária, reduzindo assim o esforço físico. Os estudantes podem citar o guindaste como exemplo para o uso de polias; a pinça, a vassoura e a gangorra para o uso de alavancas; e as rampas de acesso e os parafusos para o uso de plano inclinado.

Páginas 62 e 63

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem da seção **Ser consciente** das páginas **62** e **63** está relacionada aos temas contemporâneos transversais **Educação em Direitos Humanos** e **Diversidade cultural**. Além disso, essa abordagem contribui para desenvolver a **competência geral 3**, incentivando os estudantes a fruir uma manifestação artística brasileira, e a **competência geral 9**, ao incentivar os estudantes a desenvolver a empatia e respeitar a diversidade cultural.
- Além disso, o trabalho com essa seção contribui para trabalhar as **competências específicas 4** e **5 de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, incentivando os estudantes a analisar as relações de produção, capital

MODERNA

e trabalho em diferentes contextos e a refletir sobre formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.

Páginas 62 e 63

SER CONSCIENTE

Objetivos

- Analisar se o conceito de raças se aplica aos seres humanos.
- Refletir sobre o preconceito e suas consequências para a sociedade.
- Reconhecer a importância da Declaração Universal dos Direitos Humanos.

Orientações

- Nessa seção, inicie o trabalho solicitando aos estudantes que analisem a tela da pintora brasileira Tarsila do Amaral (1886-1973), expressem o que sentem ao observá-la e que citem aspectos visuais da tela, como a organização das pessoas, o ambiente em que elas estão, as cores utilizadas pela pintora e o tema da tela. Anote na lousa as principais informações expostas pelos estudantes.
- Em seguida, oriente uma pesquisa sobre quem foi Tarsila do Amaral; a importância dela como pintora; os movimentos artísticos dos quais participou e que outras telas ela pintou. Aproveite o momento e peça que façam uma pesquisa sobre o Modernismo no Brasil.
- Nessa pesquisa, solicite aos estudantes que abordem os aspectos sociais da época em que a tela foi pintada. Verifique se eles percebem uma relação entre a tela e a formação dos grandes centros urbanos motivada pela migração de várias pessoas, de diferentes etnias, que buscavam trabalho nas indústrias.
- Peça aos estudantes que comentem o que sabem sobre o trabalho dos operários nas grandes indústrias, destacando semelhanças e diferenças de como ele era realizado na época em que a tela foi pintada e como é realizado atualmente.
- Em seguida, sugira que troquem ideias sobre as questões **1** e **2** da página **62**. Verifique se eles percebem que a tela apresenta pessoas de diversas etnias, evidenciando a intensa miscigenação entre descendentes de ameríndios, africanos e europeus.
- Peça que identifiquem a posição em que as pessoas foram representadas na tela. Analise se percebem que as pessoas estão de frente e que apenas a cabeça e parte do tronco de cada uma delas estão aparecendo, indicando uma padronização.
- Se julgar conveniente, promova uma atividade incentivando os estudantes a elaborar uma pintura ou uma colagem a respeito do tema miscigenação brasileira.
- Durante a leitura dos textos da seção, promova discussões que levem os estudantes a refletir sobre o conceito de raça e sobre as semelhanças genéticas entre as diferentes etnias. É importante que percebam que esse conceito não se aplica aos seres humanos.
- A abordagem do trabalho da ex-primeira dama estadunidense Eleanor Roosevelt (1884-1962) para a proteção universal dos direitos humanos evidencia a atuação da mulher na sociedade, possibilitando também uma discussão sobre a igualdade de gêneros.
- Se julgar conveniente, faça, com os estudantes, a leitura de partes da Declaração Universal dos Direitos Humanos. Para isso, selecione antecipadamente as partes que julgar mais convenientes. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2018/10/DUDH.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2020.

Respostas

1. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é que os estudantes reconheçam que são todos seres humanos e, por isso, apresentam as mesmas estruturas do corpo, mas têm características físicas distintas, por exemplo, a cor do cabelo, da pele e dos olhos, os diferentes formatos dos olhos e os diversos tipos de cabelos, variadas estaturas, entre outras.

2. O objetivo dessa questão é verificar o que os estudantes pensam a respeito da definição de raça humana, bem como levantar os conhecimentos prévios deles a respeito desse assunto.

A) Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é de que os estudantes reflitam sobre o assunto e reconheçam que, infelizmente, o racismo ainda é um tipo de crime bastante presente no Brasil. Enfatize que racismo é crime inafiançável e imprescritível e que deve ser repudiado e denunciado. Aproveite a oportunidade para comentar outros tipos de preconceitos presentes na sociedade.

B) Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a refletir sobre a importância do engajamento de todos os cidadãos no combate ao preconceito racial e a todas as outras formas de preconceito.

C) Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é de incentivar a reflexão e a participação dos estudantes em relação a assuntos voltados a casos de racismo no país. Caso algum estudante cite que nunca testemunhou um ato racista, peça a ele que reflita sobre como agiria nessa situação, caso a presenciasse.

MODERNA

UNIDADE 2

Estudando o corpo humano

Nessa unidade são abordados conteúdos relacionados aos sistemas do corpo humano, principalmente os associados à nutrição, à coordenação e à movimentação (possibilitando o trabalho do componente curricular **Biologia**). A unidade também aborda os movimentos no corpo humano, as forças que atuam nesses movimentos, a importância da atividade física, bem como os diversos conceitos da Física que envolvem essa prática (possibilitando o trabalho do componente curricular **Física**). Por fim, também são apresentados conteúdos referentes ao equilíbrio químico e iônico associado à saúde bucal além dos relacionados à hidrólise salina e aos produtos de solubilidade (possibilitando o trabalho do componente curricular **Química**).

Objetivos da unidade

- Relacionar a ação dos diferentes sistemas e estruturas do corpo humano ao processo de nutrição.
- Relacionar a ação dos diferentes sistemas e estruturas do corpo humano aos movimentos.
- Relacionar os movimentos do corpo humano aos diversos conceitos da Física que envolvem essa prática.
- Compreender o que são equilíbrio químico e equilíbrio iônico e relacioná-los à importância da saúde bucal.
- Compreender o processo de hidrólise salina e relacioná-lo a problemas estomacais.
- Relacionar o produto de solubilidade de uma substância com a concentração de eletrólitos na água e a saturação da solução.

Justificativas

Nessa unidade são abordados conteúdos relacionados ao funcionamento do corpo humano. De maneira geral, esses conteúdos fornecem subsídios para os estudantes desenvolverem as habilidades **EM13CNT202**, pois abordam a alimentação e a nutrição como condições necessárias na sobrevivência do ser humano, e **EM13CNT208**, ao possibilitar aos estudantes compreenderem as mudanças no hábito alimentar dos seres humanos ao longo de sua história evolutiva. Além disso, o conhecimento sobre os movimentos do corpo humano fornece subsídios para os estudantes elaborarem explicações e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, o que contribui com o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**. Os conteúdos relacionados à transformação de energia nas atividades físicas do corpo humano, bem como sobre o equilíbrio químico e iônico, favorecem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois fornecem subsídios para os estudantes analisarem e representarem as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para prever seus comportamentos em situações do dia a dia. A abordagem dessa unidade também possibilita o desenvolvimento de várias competências gerais e específicas, as quais serão apontadas ao longo deste suplemento.

Abertura da unidade

Páginas 64 e 65

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem das páginas de abertura favorece o trabalho com os temas contemporâneos transversais **Ciência e Tecnologia** e **Saúde**, pois leva os estudantes a refletir sobre a importância da pesquisa científica e tecnológica para o desenvolvimento de próteses que melhoram a qualidade de vida e o bem-estar de pessoas que perderam a capacidade de realizar movimentos do corpo, essenciais no cotidiano de qualquer indivíduo. Além disso, essa abordagem incentiva o exercício da empatia, levando-os a respeitar e promover o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos, o que contribui com o desenvolvimento da **competência geral 9**.

- Ao iniciar o trabalho com as páginas de abertura, pergunte aos estudantes se eles conhecem ou já viram alguém que utiliza próteses biônicas. Em caso afirmativo, oriente-os a descrever a situação para os colegas. Com esse questionamento, os estudantes compartilham suas vivências. Contudo, se nenhum estudante conhece nem viu alguém com esse tipo de prótese, peça a todos que pesquisem em *sites* da internet e em reportagens alguns casos, anotando a parte do corpo que a prótese substituiu, o motivo da perda do membro do corpo e a importância que esse equipamento representa na vida do respectivo indivíduo.
- Pergunte se eles já assistiram aos jogos paralímpicos a fim de descreverem uma das modalidades e como os atletas conseguem superar seus limites nessas atividades. Se não assistiram, peça que procurem vídeos disponíveis na internet para conhecerem. Com base nisso, oriente-os a conversar a respeito da importância do desenvolvimento de próteses com materiais leves e resistentes para esses atletas conseguirem alcançar suas metas e conquistar suas medalhas, com bem-estar e qualidade de vida.

Respostas

A Espera-se que os estudantes respondam que, conhecendo as estruturas do corpo humano envolvidas nos movimentos e como cada uma delas atua nessa tarefa, os cientistas são capazes de desenvolver peças com formatos e funcionalidades semelhantes, capazes de imitar as partes do corpo humano.

MODELO

B O objetivo dessa questão é fazer os estudantes refletir sobre os conceitos físicos referentes aos movimentos. Eles podem comentar, por exemplo, que o conhecimento sobre alavancas, forças e torque ajuda no desenvolvimento de peças corretamente articuladas e com materiais adequados, que resistam ao tipo e à intensidade de movimentos inerentes àquela parte do corpo que a prótese substituirá.

C Para as pessoas com membros ausentes ou amputados, as próteses simbolizam autonomia, liberdade e autoestima, uma vez que podem executar movimentos até então impossíveis e, consequentemente, realizar tarefas diárias.

CAPÍTULO 1
Nutrição do corpo humano

Objetivos

- Associar as transformações no sistema digestório humano ao processo de evolução.
- Relacionar a digestão com o aproveitamento de nutrientes.
- Identificar as partes do sistema digestório e sua importância para o corpo humano.
- Reconhecer a importância do transporte intracelular de substâncias para a nutrição.
- Associar o transporte de gases à circulação de sangue e para a digestão dos alimentos.
- Relacionar a respiração e a digestão à transformação de energia no corpo humano.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Biologia**.

Página 66

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com esse capítulo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, pois aborda a necessidade de alimentação e nutrição na sobrevivência do ser humano. Além disso, favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Educação alimentar e nutricional**.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para iniciar o trabalho com esse capítulo, questione os estudantes sobre as dentições de diferentes animais. Pergunte se a dentição de um bovino (herbívoro) é similar à dentição de um leão (carnívoro) ou à de um ser humano (onívoro). Trata-se de uma maneira de despertar a atenção dos estudantes para uma das partes do sistema digestório dos animais, fundamental ao estudo da evolução das espécies. Pergunte também como essas adaptações favoreceram, por exemplo, a sobrevivência das espécies de hominídeos.
- Comente com os estudantes que, por exemplo, 100 g de carne geram em média 200 kcal. A mesma quantidade de frutas gera em torno de 50 kcal a 100 kcal. Explique também que, provavelmente, graças ao aumento no consumo de calorias os hominídeos se deslocaram por maiores distâncias.
- Sobre a relação entre o tamanho do cérebro, a mudança na alimentação e o processo de evolução humana, leia o trecho do texto a seguir.

> [...] Apesar da aproximada correlação entre tamanho de cérebro/tamanho do corpo e inteligência, devemos analisar com precaução, pois tais correlações são muito sutis. Tanto o tamanho do cérebro quanto do corpo humano varia consideravelmente entre os indivíduos. [...]
>
> Surpreendentemente, um cérebro grande não é uma vantagem evolutiva óbvia, pelo menos não imediatamente, ou seja, um cérebro grande requer um cuidado extraordinário, alimentação com uma dieta rica em proteínas, e um controle de temperatura primoroso para que possa funcionar corretamente. Portanto o aumento em tamanho do cérebro requereu mudanças no hábito alimentar primitivo, por causa da necessidade de maior aporte proteico. Enquanto a linhagem humana permaneceu onívora, uma preferência por carne aconteceu de fato com o passar do tempo. A necessidade energética associada ao funcionamento do cérebro requer um comprometimento de cerca de 25% de nosso metabolismo, o que representa um enorme investimento de energia, o que poderia ser um risco enorme em termos das chances globais para sobrevivência da espécie. Outro aspecto foi a necessidade de obter um sistema para difusão de calor pois aquecendo demais o cérebro humano era potencialmente fatal dado o clima quente da África oriental. [...]
>
> Evolução Humana e Aspectos Socio-Culturais. *Unesp Assis*. Disponível em: <http://www2.assis.unesp.br/darwinnobrasil/humanev3.htm>. Acesso em: 10 ago. 2020.

Páginas 67 a 70

- Relembre os estudantes de que a digestão mecânica abordada na página **67** envolve tanto a quebra do alimento em partes menores, aumentando a superfície disponível para atuação dos processos químicos, quanto seu deslocamento ao longo do canal alimentar. Esse processo digestivo inclui a mastigação, a deglutição e a peristalse, que são ondas de contração e relaxamento responsáveis por empurrar o alimento ao longo do trato digestório. Já a digestão química corresponde ao conjunto de reações químicas que decompõem os componentes dos alimentos. Esse processo envolve a participação de uma variedade de enzimas digestivas, as quais aumentam a velocidade das reações químicas, além de substâncias como ácido clorídrico e sais biliares.
- Comente com os estudantes que a língua também atua na fala, auxiliando na articulação de palavras, e no paladar. Explique a eles que os lábios são pregas teciduais presentes na abertura da boca. Com o auxílio das bochechas, os lábios mantêm os alimentos entre os dentes superiores e inferiores enquanto ocorre a mastigação. O teto da boca é formado

MODELO

pelo palato duro, composto das maxilas, dos ossos platinos e do palato mole.

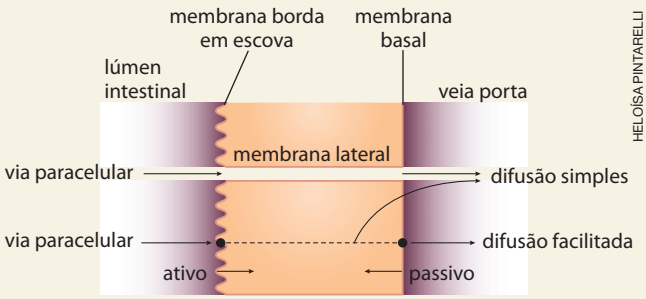
- Relembre aos estudantes a estrutura da dentição humana. Explique que os dentes são estruturas acessórias inseridas nos ossos mandíbula e maxila. A base dos dentes é recoberta pela gengiva, constituída de tecido epitelial. O dente apresenta as seguintes regiões: esmalte, dentina, polpa, coroa, raiz e colo. Explique que o esmalte é formado por minerais, que estão concentrados na parte mais superficial do dente; a dentina é um tecido rígido; a parte mais interna do dente é constituída da polpa, formada por tecido conjuntivo e rica em vasos sanguíneos e nervos; a coroa é a região exposta do dente, logo acima da gengiva; o colo é a parte recoberta pela gengiva; e a raiz se localiza abaixo do colo, onde se insere no osso.
- Diga que os dentes humanos são adaptados para uma dieta onívora, divididos em arcos dentais, maxilar (superior) e mandibular (inferior). Explique que os dentes molares e pré-molares são especializados em esmagar e triturar os alimentos; os caninos, em rasgar os alimentos, e os incisivos, em cortá-los.

SALA DOS PROFESSORES

- Ao abordar o intestino delgado na página **68**, comente com os estudantes que a digestão continua nesse órgão e que uma parte da digestão química é auxiliada por enzimas digestivas. Diga que, além da pepsina, há outras enzimas que atuam no processo de digestão de nutrientes. Cada enzima atua em um composto químico e em uma faixa de pH específico.
- Essa abordagem possibilita o trabalho conjunto com a área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, principalmente o componente curricular **Química**. Assim, é possível trabalhar os conceitos envolvendo funções químicas e o potencial hidrogeniônico.
- Reproduza o quadro abaixo na lousa.

Nome da enzima	Origem da enzima	pH de atuação	Digestão de	Transforma-os em
amilase salivar	glândulas salivares	7,0	polissacarídios	dissacarídios
pepsina	estômago	1,5 a 2,0	proteínas	peptídios
amilase pancreática	pâncreas	7,0 a 8,0	polissacarídios	dissacarídios
lipase	pâncreas	7,0 a 8,0	gorduras	ácidos graxos e glicerol
tripsina e quimiotripsina	pâncreas	7,0 a 8,0	proteínas	peptídios
peptidase	intestino delgado	7,6	peptídios	aminoácidos
dissacaridase	intestino delgado	7,6	dissacarídios	monossacarídios

- Ao trabalhar com os estudantes o transporte de substâncias pela membrana plasmática na página **69**, retome os conceitos de soluções. Explique que uma solução é formada pela mistura de soluto e solvente. Diga que o soluto é a substância dissolvida e o solvente é a substância que dissolve.
- Explique que, no transporte de substâncias, há o chamado gradiente de concentração. Quando há alta concentração de soluto de um lado da membrana semipermeável, ele tende a passar para o lado com menor concentração.
- Relembre os estudantes de que a membrana plasmática exerce diferentes funções. Entre elas, podemos citar o controle do transporte de substâncias para o interior e o exterior da célula, a sinalização química (propriedade que permite o reconhecimento de outras células e moléculas) e a estruturação de tecidos por meio da adesão celular. Diga que diversos tipos de lipídios podem estar presentes nas membranas, sendo os fosfolipídios os mais comuns. Esses lipídios são formados por um grupamento polar com propriedades hidrofílicas, ou seja, que têm afinidade com a água, e duas caudas apolares com propriedades hidrofóbicas, que têm aversão à água. Explique aos estudantes que os lipídios e a maioria das proteínas presentes na membrana plasmática se deslocam, mas não perdem o contato entre si. Isso possibilita a fluidez da membrana, tornando-a elástica e resistente.
- Veja os processos de transporte por meio da membrana plasmática.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação do transporte ativo e passivo através da membrana plasmática. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

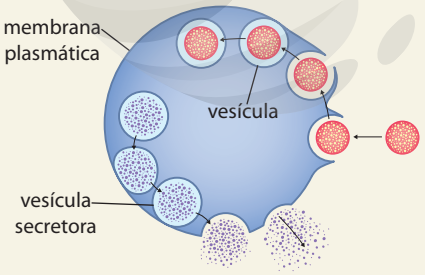
- Ao trabalhar o transporte passivo, auxilie os estudantes a interpretar o esquema de difusão simples. Explique que, na primeira ilustração, o soluto encontra-se somente de um lado. Por meio dos canais presentes na membrana plasmática, o soluto tende a sair do lugar com maior concentração para ir ao lugar com menor concentração. Explique aos estudantes

MODERNA

que o gás oxigênio (O_2), por exemplo, atravessa a membrana por difusão simples. Como sua concentração é maior fora da célula, o movimento aleatório de suas moléculas faz que elas atravessem a bicamada lipídica e entrem na célula. No caso do gás carbônico (CO_2), cuja concentração é maior dentro da célula, tende a sair dela pela difusão através da membrana. O gás carbônico pode ainda ser eliminado da célula por ação da anidrase carbônica, a qual combina CO_2 e H_2O, formando ácido carbônico (H_2CO_3), que, por sua vez, dissocia-se em H^+ e HCO_3^-. Esses íons deixam as células por transportadores presentes na membrana plasmática – bomba e cotransportador, respectivamente.

- Se julgar interessante, apresente aos estudantes o simulador no *site* da *University of Colorado Boulder*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/membrane-channels>. Acesso em: 10 ago. 2020. Nesse simulador, os estudantes podem visualizar quando os canais de membrana estão abertos e quando estão fechados. Assim, é possível perceber como os componentes passam de um lado da membrana para outro, por transporte passivo.
- Quando componentes como monossacarídios, peptídios, aminoácidos e íons são absorvidos, eles fazem a água ser absorvida por osmose. Explique aos estudantes que existem três tipos de solução a serem considerados no estudo da osmose. De maneira geral, a concentração de uma solução é definida pela quantidade de soluto dissolvido em determinada quantidade de solvente. Considere dois meios (**A** e **B**) separados por uma membrana semipermeável. Quando a solução **A** possui concentração de soluto igual à da solução **B**, dizemos que ela é uma solução isotônica em relação à solução **B**. Quando a solução **A** é menos concentrada (menos soluto) do que a solução **B**, dizemos que ela é uma solução hipotônica em relação à solução **B**. Já no caso de a solução **A** ser mais concentrada (mais soluto) do que a solução **B**, dizemos que ela é uma solução hipertônica em relação à solução **B**.
- Explique aos estudantes como ocorre o transporte de substâncias por vesículas e como elas são formadas nas células. Diga que cada membrana celular possui seu conjunto específico de transportadores e que, quando a célula engloba moléculas menores, diluídas no líquido extracelular, a endocitose recebe o nome de pinocitose.

O transporte de substâncias por vesículas, do exterior para o interior das células, recebe o nome de **endocitose**. Nele, porções da membrana plasmática se modificam para formar as vesículas, englobando substâncias presentes no meio extracelular e transportando-as para o interior da célula.



Quando essas vesículas se formam no interior das células e se fundem com a membrana liberando seu conteúdo para o meio extracelular, ocorre um tipo de transporte chamado **exocitose**.

Representação do transporte de substâncias por meio de vesículas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. *Vida*: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 91.

HELOÍSA PINTARELLI

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para avaliar os conhecimentos dos estudantes sobre a osmose, questione o que acontece se colocarmos açúcar e sal em células vegetais.
- Para validar as hipóteses dos estudantes, peça que realizem uma atividade experimental. Para isso, organize a turma em grupos e distribua três batatas, açúcar, sal e guardanapos de papel para cada um.
- Oriente os estudantes a cortar as pontas das batatas para posicioná-las na vertical. Peça que façam um orifício no centro de uma das extremidades das batatas. No orifício da primeira batata, deve-se colocar sal; no orifício da outra batata, açúcar. A terceira batata será o controle.
- Peça aos estudantes que anotem suas observações e comparem os resultados em grupos.
- Aproveite para relacionar o uso de açúcar e sal na conservação de alimentos, como podemos encontrar em alimentos salgados e em compotas, nos quais os vegetais são desidratados para retardar sua decomposição.
- Essa atividade possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** e da **competência geral 2**, pois aborda uma atividade experimental que aplica os passos de uma investigação científica.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar interessante, utilize a estratégia *quick writing* para realizar a atividade proposta no boxe **Acompanhamento da aprendizagem** descrito acima. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento.
- Para isso, cronometre o tempo de cinco minutos para que os estudantes escrevam suas respostas referentes ao açúcar e ao sal colocados em células vegetais. Após o experimento proposto, oriente-os a retomar as respostas da questão inicial a fim de conferir se suas hipóteses foram comprovadas ou não.

- Em algumas situações, determinadas moléculas ou íons atravessam a membrana plasmática, saindo de um local de menor concentração em direção a outro de maior concentração. Esse processo ocorre ativamente, ou seja, com o gasto de energia. Assim, a bomba de sódio-potássio é um exemplo de transporte ativo. Comente com os estudantes que em neurônios no estado polarizado, a concentração de íons sódio (Na^+) é maior fora da célula, enquanto a de íons potássio (K^+) é maior em seu interior. Apesar disso, os íons de sódio são bombeados para o exterior da célula, enquanto os íons potássio são enviados para o interior celular, por meio da ação da bomba de sódio-potássio. Inicialmente, os íons de Na^+ se unem à proteína para que sejam transportados. Depois, a proteína utiliza a energia do ATP para alterar sua configuração, e os íons Na^+ são liberados para fora da célula. Simultaneamente, os K^+ se ligam à proteína e, na sequência, são liberados no interior da célula.

PROVA

A concentração de glicose, por sua vez, é maior no meio extracelular em virtude de sua rápida utilização pela célula, portanto tende a entrar na célula. Por ser uma molécula polar, a glicose não pode atravessar a membrana plasmática e precisa ser transportada por proteínas carreadoras.

- Explique aos estudantes que existe o transporte ativo primário e o transporte ativo secundário. O transporte ativo primário consome ATP diretamente e é mediado por ATPases. Já o transporte ativo secundário consome ATP indiretamente, pela produção de gradiente eletroquímico utilizado para induzir o transporte. Diga que o transporte da glicose, exemplo mostrado na página **70**, refere-se ao transporte ativo secundário, pois o gasto de ATP ocorre indiretamente. Já as bombas de sódio e potássio, também ilustradas na imagem, correspondem ao transporte ativo do tipo primário.

Página 71

BNCC EM DESTAQUE

- Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** e da **competência geral 2**, pois leva os estudantes a elaborar hipóteses e explicações sob uma perspectiva científica e estimula o trabalho com a investigação científica. Além disso, promove a empatia, o diálogo e a cooperação no trabalho em grupo, o que contribui com o desenvolvimento da **competência geral 9**.

Página 71

INVESTIGUE

Objetivos

- Investigar o processo de osmose.
- Verificar o transporte de solvente por meio da membrana semipermeável da célula vegetal, do meio hipotônico para o meio hipertônico, a fim de balancear as concentrações.

Orientações

- Comece o trabalho dessa seção perguntando aos estudantes se eles costumam comer vegetais, como hortaliças e frutas. Explique como é importante para a saúde ingerir esses alimentos.
- Apresente algumas hortaliças e frutas e seus principais nutrientes e componentes, bem como seus benefícios para o corpo humano.
- Pergunte se eles já prepararam uma salada, temperando-a com sal e observando o que ocorreu com os vegetais após algum tempo. Com base no que responderem, pergunte se sabem por que isso ocorre. Aproveite para fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da osmose em células vegetais, verificando se eles conseguem fazer essa relação.
- Oriente-os a responder às questões de **Contextualização**, solicitando que leiam a questão e reflitam sobre a resposta, antes de escrevê-la, compartilhando seus conhecimentos com os colegas.

Respostas das questões de contextualização

a) O objetivo dessa questão é levar os estudantes a identificar as estruturas das células vegetais e perceber que algumas delas são comuns às células animais, como a membrana celular. Incentive-os a perceber que, assim como nas células do corpo humano, a membrana plasmática nas células vegetais também atua no controle dos componentes que entram e saem da célula. Aproveite o momento para questionar os estudantes sobre a importância da parede celular.

Enfatize que a célula vegetal é formada basicamente por uma parede celular que lhe confere resistência e proteção; a membrana plasmática ajuda a controlar a entrada e a saída de substâncias na célula; o citoplasma contém organelas, com diferentes funções que ajudam no funcionamento da célula; o núcleo com material genético e os vacúolos armazenam substâncias de reserva.

b) O objetivo dessa questão é fazer os estudantes elaborarem hipóteses sobre o que acontece com as células vegetais ao colocarmos sal de cozinha em uma salada. Com base em suas vivências, eles podem responder que os vegetais perdem água e murcham. No entanto, espera-se que eles associem essa ocorrência ao processo de osmose e, consequentemente, plasmólise ou turgescência da célula vegetal.

c) O objetivo dessa questão é fazer os estudantes elaborarem hipóteses sobre a possibilidade de reverter possíveis alterações que ocorram na célula vegetal após entrar em contato com o sal de cozinha. Espera-se que eles associem essa ocorrência ao processo de osmose e, consequentemente, desplasmólise da célula vegetal ao ser submetida a uma solução menos concentrada.

- Para essa investigação é importante que os estudantes saibam o que é um solvente, um soluto e uma solução, bem como os tipos de solução (hipotônica, isotônica e hipertônica). Por isso, caso não tenha abordado esse assunto em sala de aula, solicite aos estudantes que o pesquisem para que compreendam esses conceitos.
- De maneira simples, os estudantes podem comentar que, para fazer a investigação, basta temperar as folhas de alface, por exemplo, com sal de cozinha e observar o que acontece: as células vão perder água e as folhas murcharão. Nesse momento, incentive-os a refletir sobre como podem verificar essa alteração em nível microscópico. Assim, leve-os a compreender a necessidade de montar uma investigação na qual seja possível verificar a célula vegetal.

Materiais

- lâmina de vidro
- lamínula de vidro
- pinça de ponta fina
- 1 cebola roxa
- papel absorvente ou filtro
- pipetas Pasteur
- balança de precisão

MODELO

- 100 mL de água destilada ou de torneira
- 2,5 g de cloreto de sódio
- microscópio óptico
- 1 béquer ou recipiente de 100 mL
- 2 béqueres ou recipientes de 10 mL
- etiquetas adesivas
- caneta
- folha de sulfite

Procedimentos

a) Prepare 50 mL de uma solução de cloreto de sódio a 5%. Para isso, coloque 50 mL de água (solvente) no béquer de 100 mL e adicione 2,5 g de cloreto de sódio (soluto). Misture e reserve essa solução.

b) Coloque 10 mL de água em um béquer e cole uma etiqueta com o nome "solvente" (recipiente **1**).

c) Coloque 10 mL da solução de cloreto de sódio a 5% no outro béquer e cole uma etiqueta com o nome "solução" (recipiente **2**).

d) Com o auxílio da pinça, retire da cebola dois fragmentos da película de uma camada dela.

e) Monte duas lâminas com os fragmentos da cebola. Para isso, coloque-os sobre a lâmina de vidro.

f) Com a pipeta, pingue uma gota de água (recipiente **1**) sobre uma das lâminas (lâmina **I**) com o fragmento da cebola e cubra com a lamínula. Coloque a lâmina no microscópio óptico e observe a célula vegetal, nomeando-a como "lâmina **I**" com a etiqueta adesiva. Depois, desenhe no papel sulfite o que observou.

g) Repita o processo para a solução de cloreto de sódio a 5% (recipiente **2**). Coloque a lâmina no microscópio óptico e observe a célula vegetal, nomeando-a como "lâmina **II**". Depois, desenhe no papel sulfite o que observou.

h) Coloque um pedaço de papel absorvente próximo à lamínula da lâmina **II** (com a solução de cloreto de sódio) e seque cuidadosamente a lâmina e o fragmento da cebola. Faça isso sem retirar a lamínula.

i) Com a pipeta, pingue uma gota de água (recipiente **1**) sobre a lâmina, nos cantos da lamínula. Verifique se a solução ficou em contato com o fragmento da cebola.

j) Coloque a lâmina no microscópio óptico e observe a célula vegetal. Depois, desenhe no papel sulfite o que observou.

k) Compare os três desenhos e discuta com os colegas o que vocês observaram.

- Para obter um fragmento de cebola, pode ser necessário o uso de material cortante, como um estilete. Portanto, faça esse procedimento para evitar acidentes com os estudantes.
- Na investigação sugerida foi utilizada a cebola roxa, pois ela possui um pigmento chamado antocianina, o qual favorece a visualização das células desse vegetal no microscópio óptico, sem necessitar de corantes artificiais.
- A investigação sugerida também pode ser feita com folhas de *Elodea* sp., mantendo as mesmas etapas.
- Na investigação com a cebola roxa, será possível ver as membranas celulares se desprenderem e se afastarem das paredes celulares. Na investigação com a *Elodea* sp., essa alteração nas células pode ser evidenciada pela conformação da parede celular e pela distribuição dos cloroplastos na célula. Por exemplo, a perda de água é evidente com a flacidez da parede celular e a aglomeração dos cloroplastos.
- Comente com os estudantes que, diferentemente da célula animal, a célula vegetal tem uma parede celular rígida que não a deixa se romper ao ficar túrgida.
- Caso não haja um microscópio óptico na escola, realize essa atividade em nível macro, de maneira mais simples. Para isso, será necessário preparar os seguintes materiais: folhas de alface novas; água; solução de cloreto de sódio a 5%; dois copos de vidro com a mesma capacidade (suficiente para cobrir uma folha de alface); etiquetas adesivas; caneta.
- Enumere os copos com os números **1** e **2**. Em seguida, coloque em ambos os copos uma folha de alface. No copo **1**, adicione água até cobrir toda a folha de alface. No copo **2**, adicione a solução de cloreto de sódio a 5% até cobrir toda a folha de alface. Aguarde durante algumas horas e observe os resultados.
- Nessa investigação será possível perceber que as folhas em meio hipotônico ganharam água, ficando mais túrgidas, e as folhas em meio hipertônico perderam água, ficando murchas.
- É interessante, ao final do experimento, retirar a folha de alface do meio com cloreto de sódio e colocar em um meio contendo água para observar o que acontece. Também é possível testar outras soluções, como vinagre e solução contendo açúcar.
- Se considerar pertinente e para ampliar a abordagem da atividade, solicite aos estudantes que testem diferentes concentrações de solução de cloreto de sódio, visando identificar a influência dessas concentrações na intensidade da osmose.

Respostas

1. Espera-se que os estudantes observem que, ao entrar em contato com a água, as células do vegetal ficaram mais túrgidas. Já, quando submetidas à solução de cloreto de sódio, as células murcharam, ficando plasmolisadas. Essas células plasmolisadas, ao entrarem em contato com a água, ficaram novamente túrgidas, por causa da desplasmólise.

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes tenham verificado que, ao temperarmos uma salada com sal de cozinha, por exemplo, as células dos vegetais que compõem esse alimento sofrem alteração por causa das mudanças na concentração de solutos no meio. A membrana plasmática das células se retrai, em razão da perda de água para o meio mais concentrado.

3. Espera-se que os estudantes associem a investigação ao processo de osmose, ou seja, ao transporte de solvente através da membrana celular semipermeável. Quando temperamos uma salada com cloreto de sódio, o meio fica mais concentrado,

ou seja, hipertônico, em relação ao meio intracelular dos vegetais que compõem esse alimento. Dessa maneira, a água (solvente) presente nas células vegetais sai do meio menos concentrado, ou seja, hipotônico, em direção ao mais concentrado (solução de cloreto de sódio). Isso faz a célula vegetal perder água, levando a membrana plasmática a se retrair e se afastar da parede celular. Quando a célula vegetal é colocada em um meio com água (hipotônico), ela tende a ganhar água do meio, por ser mais concentrada (hipertônica). Assim, a membrana plasmática se distende, tornando a célula mais túrgida.

4. Espera-se que os estudantes percebam que, ao temperar uma salada com açúcar, os vegetais que compõem esse alimento também vão perder água por osmose, pois o açúcar também aumenta a concentração do meio, tornando-o hipertônico em relação às células vegetais.

Destino dos resíduos

- Lave com água e sabão os béqueres ou frascos, pipetas, lâminas e lamínula, seque-os e guarde-os para serem reaproveitados em outras atividades práticas. A solução de cloreto de sódio pode ser descartada diretamente na pia, e o fragmento de cebola e os pedaços de papel absorvente podem ser jogados no lixo comum.

Páginas 72 a 74

BNCC EM DESTAQUE

- A imagem do rótulo de farinha de trigo, apresentada na página **74**, possibilita aos estudantes interpretar e obter informações nutricionais alimentares disseminadas por meio de um tipo diferente de linguagem, o que contribui com o desenvolvimento da **competência específica 4 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Além disso, a abordagem sobre a doença celíaca, caracterizada pela intolerância ao glúten, favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Saúde**, no qual pode ser debatida a importância de identificar as substâncias, como os alérgenos, no rótulo dos alimentos.

- Comente com os estudantes que os nutrientes absorvidos no intestino delgado também passam por vasos linfáticos. Esses vasos ajudam na drenagem de linfa, que é encaminhada aos linfonodos, bem como auxiliam no transporte de gorduras e de células responsáveis pelas defesas do organismo.
- Comente com os estudantes que o fígado é o órgão que atua no metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas. Além disso, desempenha uma importante função no metabolismo de medicamentos e hormônios, na excreção de bilirrubina, na ativação de vitamina D e no armazenamento de vitaminas e minerais.
- Existem proteínas globulares chamadas hemeproteínas. A mioglobina e a hemoglobina são exemplos dessas proteínas e estão relacionadas à respiração. A mioglobina é encontrada nas células musculares dos animais vertebrados e tem como finalidade armazenar e facilitar o transporte de gás oxigênio nos músculos. A hemoglobina se encontra nos glóbulos vermelhos e é capaz de se ligar a gases, como o gás oxigênio e o gás carbônico.
- Alguns fatores podem interferir no transporte de gás oxigênio pela hemoglobina. Peça aos estudantes que considerem uma situação em que os atletas precisam competir em um local de alta altitude. Averigue se eles se recordam de que os locais nessa condição apresentam baixa pressão atmosférica, portanto têm ar rarefeito. Como consequência, no corpo humano, a taxa de gás oxigênio é menor do que o necessário. Se os atletas permanecerem sob as mesmas condições, haverá aumento na quantidade de hemácias, que ajudam a captar e distribuir gás oxigênio no sangue em um processo de adaptação.
- Retome com os estudantes os movimentos respiratórios. Diga-lhes que, na inspiração, a pressão no interior dos pulmões é inferior à pressão atmosférica. O diafragma se contrai e os músculos intercostais movem as costelas para cima e para fora. Esses movimentos aumentam o espaço interno da caixa torácica, diminuindo a pressão em seu interior. A pressão atmosférica, que nesse momento é maior do que a pressão interna dos pulmões, empurra o ar das narinas para os pulmões.
- Explique que, na expiração, a pressão interna dos pulmões é maior do que a pressão atmosférica, permitindo que o ar seja empurrado para fora do corpo humano. Assim, tanto o diafragma como os músculos intercostais relaxam, fazendo que o ar no interior dos pulmões, que se encontra a uma pressão maior do que a atmosférica, saia para o ambiente por meio das narinas.
- Ao trabalhar com os estudantes o transporte de gases na respiração, retome com eles os processos de transporte de membrana, para explicar a difusão de gases.
- Ao iniciar o trabalho com as transformações de energia, questione os estudantes sobre o que acontece quando há ingestão excessiva de calorias e o que isso pode gerar no corpo humano. Depois, explique que parte dessa energia não é utilizada, ficando armazenada. Sobre isso, leia o trecho do texto a seguir.

> [...] Em um indivíduo com massa corporal saudável, a captação do triacilglicerol (TAG) da dieta iguala sua oxidação para produção de energia. Em indivíduos com sobrepeso, o excesso de ingestão calórica resulta em adipócitos aumentados, repletos de TAG e incapazes de estocar mais. Os adipócitos aumentados secretam MCP-1 (proteína-1 de quimiotaxia de monócitos) e atraem macrófagos. Estes se infiltram no tecido adiposo e produzem TNF-α (fator α de necrose tumoral), que desencadeia degradação dos lipídeos e liberação dos ácidos graxos na corrente sanguínea. Os ácidos graxos liberados do tecido adiposo entram nas células musculares, onde se acumulam como pequenas gotículas de gordura. Este armazenamento ectópico de lipídeos de alguma forma causa resistência à insulina, talvez por engatilhar proteína-cinases ativadas por lipídeos

MODERNA

que inativam algum elemento da via de sinalização da insulina. Os transportadores de glicose GLUT4 deixam a superfície da célula muscular, impedindo a entrada da glicose no músculo; os miócitos tornam-se resistentes à insulina e, por isso, não podem usar a glicose sanguínea como combustível, de modo que os ácidos graxos são mobilizados do tecido adiposo e tornam-se o combustível principal. O influxo de ácidos graxos aumentado no músculo leva a uma deposição ectópica de lipídeos. Em alguns indivíduos a resistência à insulina evolui para diabetes tipo 2. Outros indivíduos são geneticamente menos suscetíveis aos efeitos deletérios da deposição ectópica de lipídeos ou são geneticamente mais equipados para lidar com essa deposição e não desenvolvem o diabetes.

NELSON, D. L; COX, M. M. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. Trad. Ana Beatriz Gorini da Veiga et al. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. p. 969.

- Explique aos estudantes que a afinidade da hemoglobina pelo gás carbônico sob determinadas condições pode causar intoxicação e morte por asfixia.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 66

1. Espera-se que os estudantes respondam: as carnes.

2. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes e levá-los a refletir sobre o tema. Eles podem relacionar a mudança na dieta contendo mais calorias ao aumento do encéfalo, citado na unidade anterior. Além disso, eles podem relacionar a maior disponibilidade de energia à realização de tarefas diversas e ao deslocamento a maiores distâncias.

3. Espera-se que os estudantes respondam que a nutrição envolve, basicamente, os sistemas digestório, circulatório cardiovascular e respiratório. Enquanto o digestório quebra os alimentos em componentes passíveis de serem absorvidos pelas células, o sistema cardiovascular transporta e distribui tais nutrientes para as células, bem como os gases envolvidos na transformação desses nutrientes em energia disponível ao organismo. O sistema respiratório, por sua vez, é responsável por absorver e eliminar os gases envolvidos no processo de respiração celular. Os estudantes também podem citar outros sistemas, como o nervoso e o endócrino, que atuam no controle dos demais sistemas e processos e, no caso do endócrino, auxilia no processo de digestão dos alimentos.

Página 74

9. Espera-se que os estudantes respondam que se refere à energia produzida pelo corpo após processar determinado alimento. Ela pode ser expressa em quilocalorias (kcal) ou quilojoules (kJ). Uma caloria equivale a 4,18 Joules.

10. Espera-se que os estudantes respondam que a energia presente nos alimentos é importante para o funcionamento e a manutenção do corpo, sendo utilizada pelas células em diversas atividades.

11. Espera-se que os estudantes citem que após a digestão dos alimentos são liberados nutrientes que podem ser absorvidos pelo corpo. Determinados nutrientes, como a glicose, são transportados pela corrente sanguínea até as células, onde ocorrem reações químicas com a participação do oxigênio, que transformam a energia dos alimentos em moléculas utilizáveis pelas células (ATP).

Páginas 75 e 76

1. Alternativa **c**. A dieta humana variou muito ao longo do tempo. De acordo com o texto, a Revolução Neolítica estreitou dramaticamente o nicho alimentar ao diminuir a variedade de mantimentos disponíveis, pois a agricultura intensiva visa aumentar a produtividade de um único tipo de cultivo. Além disso, com a industrialização recente do sistema alimentar mundial, o ser humano passou a se alimentar de alimentos com baixa qualidade nutricional, resultando em subnutrição e obesidade. Dessa maneira, os ganhos de produtividade agrícola obtidos com as revoluções Neolítica e Industrial trouxeram simplificação das dietas alimentares humanas.

2. **a)** Espera-se que os estudantes percebam que no recipiente onde foi colocada a folha **2** restou menor volume de água, porque o papel absorveu mais água. Isso ocorreu porque, apesar de apresentar o mesmo comprimento e largura que a folha **1**, a folha **2** apresentava dobras, as quais aumentaram a área da folha de papel **2**, favorecendo, assim, maior absorção.

b) O objetivo dessa questão é fazer os estudantes relacionar esse experimento com a absorção de água e de nutrientes que ocorre no intestino delgado. Eles podem comentar que, assim como as dobras no papel aumentaram a área de absorção de água, as pregas, vilosidades e microvilosidades intestinais observadas no intestino delgado também aumentam a área de absorção de água e nutrientes.

3. **a)** O monóxido de carbono tem elevada afinidade pela hemoglobina, maior inclusive que a do gás oxigênio. Nesse sentido, em uma concentração inferior a 0,1%, o CO é capaz de se combinar com metade das moléculas de hemoglobina disponíveis, reduzindo, assim, 50% da capacidade do sangue em transportar gás oxigênio. Além disso, a ligação do CO à hemoglobina é cerca de 200 vezes mais forte do que a da hemoglobina com o gás oxigênio. Assim, no organismo, o CO se liga prontamente à hemoglobina, formando a carboxi-hemoglobina.

b) Espera-se que os estudantes comentem que o gás oxigênio é transportado pelo sangue para as células e os tecidos, principalmente ligado à hemoglobina. Quando os sítios de ligação desse pigmento estão ocupados por monóxido de carbono, o gás oxigênio não consegue se ligar e, consequentemente, não é transportado até os tecidos, como o nervoso. A falta de oxigênio nas células prejudica a obtenção de energia por meio da respiração celular. Sem essa energia disponível, diversos outros processos celulares são prejudicados, como a manutenção da concentração de íons dentro e fora da célula, o que prejudica o funcionamento das células e, consequentemente, dos tecidos.

MODERNA

c) Espera-se que os estudantes comentem que, ao fornecer gás oxigênio puro (não apenas ar atmosférico, que é uma mistura de gases), aumenta-se a pressão parcial do gás oxigênio nos alvéolos pulmonares. Como a tendência dos gases é se difundirem das áreas nas quais sua pressão parcial é mais elevada em direção às áreas onde essa pressão parcial é menor, o aumento da pressão parcial de O_2 nos alvéolos favorece sua difusão para o interior dos vasos sanguíneos. Isso também eleva a concentração de gás oxigênio no sangue, favorecendo sua ligação com a hemoglobina, em detrimento do monóxido de carbono.

4. Alternativa **a**. O aumento do número de eritrócitos (hemácias) favorece o transporte de mais gás oxigênio para as células musculares. O gás oxigênio junto com os nutrientes são essenciais para a obtenção de energia, o que melhora o desempenho do atleta.

5. **a)** A importância da bile consiste na sua composição, já que contém substâncias que emulsionam a gordura para que possa ser digerida por enzimas. Ela é lançada no intestino delgado (duodeno).

b) A produção de glicogênio ocorre quando os níveis de glicose no sangue estão altos, o que é esperado ocorrer após as refeições. A produção e o armazenamento de glicogênio são importantes, pois, em situações de déficit de glicose, ele pode ser degradado e a glicose pode ser lançada no sangue para servir de fonte de energia. O armazenamento do glicogênio é importante também pois ajuda a controlar os níveis de glicemia no sangue.

6. Alternativa **e**. A imersão de uma célula humana em uma solução 0,20 mol/L de NaCl tem como consequência a transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução. Isso ocorre porque, nesse caso, a solução de cloreto de sódio está mais concentrada do que o interior da célula. Como o solvente é transportado da solução menos concentrada para a mais concentrada, a água (solvente) é direcionada para a solução de cloreto de sódio.

7. Soma: $01 + 02 + 08 = 11$

04 – Incorreta. O processo da hematose ocorre nos alvéolos pulmonares. Nesse processo, o gás oxigênio é transferido dos alvéolos para o sangue por transporte passivo.

16 – Incorreta. O pâncreas é um órgão responsável por secretar enzimas digestórias e hormônios e não tem a função de reabsorver água e sais minerais nem de regular o fósforo no sangue, dessa maneira, uma pancreatite não afetaria essas atividades no corpo.

8. **a)** Espera-se que os estudantes respondam que a casca do ovo contém carbonato de cálcio $(CaCO_3)$, que reage em meio ácido, formando sal e água e liberando gás carbônico. Assim, na presença do vinagre, uma solução de ácido acético, a casca é amolecida por causa da remoção do $CaCO_3$, e pode ser retirada com água, sem precisar quebrar o ovo. Após a remoção da casca o ovo fica envolto apenas por uma membrana.

b) O ovo imerso em água (**A**) é hipertônico em relação ao meio (água), ou seja, é mais concentrado que o meio. Nesse caso, o ovo aumentou de tamanho porque a água se difundiu para dentro dele, até que as concentrações estivessem iguais. Já o ovo (**B**) imerso em água com açúcar é hipotônico em relação ao meio, isto é, apresenta menor concentração que a solução na qual está imerso (água com açúcar). Dessa maneira, o ovo perdeu água para o meio, reduzindo seu volume.

CAPÍTULO 2
Movimentação e coordenação do corpo humano

Objetivos

- Relacionar a evolução do andar bípede nos hominíneos à capacidade de locomoção do ser humano.
- Reconhecer alguns ossos do esqueleto humano.
- Classificar as articulações do corpo humano.
- Conhecer alguns músculos do corpo humano.
- Associar os músculos aos ossos e seu papel na locomoção.
- Relacionar o sistema nervoso à coordenação do corpo humano.
- Conhecer as células e os órgãos do sistema nervoso.
- Analisar como ocorre o impulso nervoso.
- Constatar o papel dos hormônios no corpo humano.
- Analisar o papel de alguns receptores sensoriais (quimiorreceptores, mecanorreceptores, termorreceptores e nociceptores) do corpo humano.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Biologia**.

Página 77

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessa página fornece subsídios para que os estudantes possam analisar a dinâmica da vida, bem como elaborar argumentos e realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos, contribuindo com o desenvolvimento da **competência específica 2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Além disso, favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201**, pois possibilita relembrar a evolução do andar bípede e associá-lo à locomoção humana.

- Para iniciar o trabalho sobre a movimentação do corpo humano, relembre com os estudantes que uma das características do ser humano é a evolução do andar bípede. Peça que citem outros animais capazes de se manter sobre dois membros e que reflitam se outro animal apresenta adaptações que permitem a sustentação dessa postura. Caso os estudantes citem os chimpanzés ou os gorilas, explique que o andar deles oscila de um lado para o outro, pois o centro de gravidade se desloca, a cada passo, para cima da perna que está no chão naquele momento, diferentemente do que ocorre com o ser humano.

MODERNA

- Para obter mais informações sobre o andar bípede, acesse o artigo a seguir publicado na revista científica *ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS*. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/ScientiaTec/article/view/2113>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- Se considerar interessante, apresente aos estudantes o artigo publicado na revista *Arquivos de Ciências da Saúde*. Disponível em: <http://repositorio-racs.famerp.br/racs_ol/Vol-11-2/ac03%20-%20id%2024.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020. Nesse trabalho o autor associa a evolução do bipedalismo com a saúde do aparelho locomotor. Assim, é importante enfatizar que há vantagens e desvantagens na evolução do bipedalismo.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar interessante, imprima imagens grandes de silhuetas de diferentes animais: ser humano, leão, tubarão, tartaruga marinha e rã. Recorte as silhuetas de modo que consiga formar um quebra-cabeça com cada uma. Em seguida, organize os estudantes em grupos e distribua as cinco silhuetas para cada equipe. Peça que montem as silhuetas.
- Solicite que comecem a se locomover pela sala e adote a estratégia *turn and talk*. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento.
- Realize alguns questionamentos aos estudantes. Oriente-os a se virarem para discutir a resposta com o colega que estiver ao lado. Explique que devem compartilhar suas ideias. Essa atividade favorece a interação dos estudantes e o desenvolvimento da argumentação e do respeito a diferentes opiniões, o que contribui para o desenvolvimento das **competências gerais 7** e **9**.
- Questione, por exemplo, a movimentação de cada um dos animais, as características dos membros e os ambientes em que são encontrados. Depois, pergunte como o ser humano se locomove e a posição da coluna vertebral. Pergunte que características estão presentes no corpo humano que permitem a manutenção dessa postura.
- Averigue se os estudantes reconhecem a postura ereta da coluna vertebral, na posição vertical. Os estudantes devem associar o andar bípede à manutenção da coluna vertebral. Questione por que outros primatas não mantêm essa postura o tempo todo. Os estudantes devem constatar que a proporção entre membros superiores e inferiores, a posição de cada vértebra da coluna vertebral e a posição dos músculos do corpo humano são fundamentais para sua locomoção.

- Relembre que o andar bípede pode ter favorecido a sobrevivência do ser humano no ambiente. Para que os estudantes percebam a importância dessa postura, acesse com eles a exposição *on-line Do Sahelanthropus ao Homo sapiens: Como eram nossos antecessores?* no *site* do *Museum of Natural Sciences* (*Royal Belgian Institute of Natural Sciences*). Nessa visita virtual, também é possível analisar as características e os locais em que os hominíneos viveram. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/exhibit/do-sahelanthropus-ao-homo-sapiens-como-eram-nossos-antecessores/kwJCmbqGPWhsKw?hl5pt-BR>. Acesso em: 11 ago. 2020.

Páginas 78 a 80

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem do **boxe complementar** da página **78** favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Saúde**, pois apresenta uma condição comum em idosos, a osteoporose.
- A abordagem do boxe **Trocando ideias** da página **78** possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT304**, já que instiga o debate entre diferentes pontos de vista sobre as aplicações dos conhecimentos em células-tronco e também desenvolve a **competência geral 9**, já que incentiva o diálogo entre os estudantes e a troca de opiniões distintas.

- Comente com os estudantes que, além de auxiliar na movimentação do corpo, os ossos desempenham diferentes papéis no organismo, como proteção de órgãos internos, fonte de minerais, produção de eritrócitos (medula óssea vermelha) e armazenamento de triglicerídios (medula óssea amarela). Descreva que os ossos têm a capacidade de armazenar minerais, como o cálcio (Ca) e o fósforo (P), os quais podem ser distribuídos pelo corpo quando necessário. Por fim, os ossos são fundamentais para a produção das células do sangue, pois, no interior de alguns deles se encontra a medula óssea vermelha, um tipo de tecido conjuntivo responsável pela formação de hemácias, leucócitos e plaquetas.
- Diga aos estudantes que os ossos podem ser classificados em quatro tipos principais, de acordo com o seu formato.

Tipos de ossos	Características	Exemplos
Ossos longos.	Apresentam comprimento maior do que a largura.	Úmero, rádio, ulna, falanges, fêmur, tíbia, fíbula e ossos do metacarpo.
Ossos curtos.	Apresentam comprimento bem próximo à largura.	Ossos do carpo.
Ossos planos.	São finos e fornecem proteção.	Esterno e ossos da pelve.
Ossos irregulares.	Apresentam diferentes formatos, não podendo ser agrupados como outro tipo de osso.	Ossos da coluna vertebral.

- Aproveite a ilustração do esqueleto humano, apresentada na página **78**, para identificar esses ossos. Se houver um modelo de esqueleto na escola, leve-o à sala de aula e peça aos estudantes que tentem identificar esses tipos de ossos nele.

Página 78

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Reconhecer que as células sanguíneas estão relacionadas à medula óssea.
- Analisar a importância das células-tronco.
- Reconhecer a importância do transplante de medula óssea.
- Valorizar a doação de medula óssea.

Orientações

- Comente com os estudantes que as células-tronco podem ser classificadas em embrionárias, encontradas no cordão umbilical, ou adultas, que existem principalmente na medula óssea.
- Explique que as células-tronco embrionárias são consideradas pluripotentes, pois têm capacidade de se transformar em outras células adultas. Já as células-tronco adultas são chamadas multipotentes, pois podem se transformar em outra célula igual ou de mesmo potencial. Existem diversos estudos, em nível mundial, envolvendo as células-tronco e as suas potencialidades.
- Comente com os estudantes que há grande embate ético envolvendo as células-tronco, sobretudo as embrionárias. Peça a eles que, em duplas, realizem uma pesquisa sobre o uso dessas células no tratamento de doenças. Solicite que analisem as possibilidades, as limitações, os custos, as questões éticas e se esses tratamentos estariam acessíveis a quaisquer pessoas ou somente às que pudessem pagar por eles.

Resposta

- O objetivo dessa questão é provocar uma reflexão sobre a importância desse tipo de célula para tratamentos médicos, por exemplo, incentivando a doação de medula. Como resposta, os estudantes podem citar o uso dessas células para o tratamento de doenças que prejudicam a produção e a manutenção de células sanguíneas, como determinados cânceres e anemias, como anemia de Fanconi. Assim, espera-se que eles reconheçam que a doação de medula óssea pode salvar vidas. Se possível, caso algum estudante conheça alguma história de alguém que precisou de transplante de medula óssea, incentive-o a compartilhá-la com os colegas.

Página 78

BOXE COMPLEMENTAR

- Comente com os estudantes que, durante a pandemia de SARS-CoV-2, foi necessário instaurar medidas de proteção, como o uso de máscara e manter distanciamento social, que estão apresentadas na fotografia.
- Comente que a vitamina D é produzida pelo próprio corpo humano e ela contribui para a absorção de cálcio, fundamental à saúde dos ossos. Quando há deficiência dessa substância, os ossos podem se tornar frágeis e desencadear perdas que podem levar à osteoporose. Além disso, a falta dessa vitamina pode causar perda de força muscular, um dos motivos das quedas de adultos. Em crianças, a deficiência acentuada de vitamina D pode comprometer o crescimento e causar raquitismo, condição que leva a deformidades ósseas.
- Se achar conveniente, peça aos estudantes que conversem com idosos de sua convivência e façam as perguntas a seguir.
  > Você já realizou exames, como a densitometria óssea, para acompanhar a saúde dos ossos?
  > Você toma algum(ns) cuidado(s) para evitar a osteoporose? Qual(is)?
  > Você realiza algum tipo de tratamento com essa finalidade?
- Essa atividade possibilita aos estudantes conhecer a saúde de membros da família e incentiva essa prática. Isso permite o desenvolvimento da **competência geral 8**, já que enfatiza a importância de conhecer-se e cuidar-se para manter a saúde física.
- **Veja a seguir a resposta da questão do boxe complementar da página 78.**

  Espera-se que os estudantes respondam que informações verdadeiras contribuem para que sejam tomadas atitudes de prevenção das doenças e que existe a possibilidade de tratá-las. Por vezes, a falta de informação ou informação falsa leva as pessoas a ter hábitos prejudiciais à saúde e a não procurar tratamento. Ao reduzir a ocorrência da osteoporose, melhora-se a qualidade de vida da população e o sistema de saúde não é sobrecarregado.

- Explique aos estudantes que o tecido cartilaginoso ou cartilagem é formado por substâncias como colágeno e outras proteínas. A cartilagem sustenta os tecidos moles do corpo, como o nariz e as orelhas. Ela também está presente nas extremidades de ossos longos, entre as vértebras e na pelve, e pode ser encontrada nas pontas das costelas, nas fossas nasais, na traqueia, nos brônquios e em articulações, como joelho e cotovelo.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Ao iniciar o estudo da movimentação dos ossos, na página **80**, proponha aos estudantes uma dinâmica. Solicite que coloquem a mão esquerda sobre o braço direito e realizem o movimento de flexão, aproximando o antebraço do braço. Em seguida, peça que façam o movimento de extensão do antebraço, distanciando-o do braço. Depois, faça alguns questionamentos, como: o que você pôde perceber com sua mão esquerda ao flexionar seu antebraço direito? O que você pôde perceber ao realizar a extensão do antebraço direito? Quais estruturas do corpo humano são responsáveis pelos movimentos que você realizou?
- Verifique se os estudantes concluíram que, ao flexionar o antebraço, ocorre a contração muscular, o que é comprovado com aumento do volume do músculo e, ao realizar a extensão do antebraço, ocorre o relaxamento muscular. Desse modo, os estudantes podem comprovar que os músculos são fundamentais na movimentação dos ossos.

MODERNA

- Apresente aos estudantes o nome de alguns músculos do corpo humano. Averigue a possibilidade de levar um *banner* com os principais músculos do corpo humano. Os estudantes devem perceber que esses músculos tracionam os ossos. Se possível, tente associar a contração e o relaxamento de alguns desses músculos com os movimentos do corpo humano.

Páginas 82 a 84

SALA DOS PROFESSORES

- É importante relacionar a coordenação do corpo humano à evolução dos hominíneos. Para isso, aborde esse conteúdo com a área de **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, principalmente o componente curricular **História**. O estudo da evolução e a história dos hominíneos são compartilhados pelos dois componentes curriculares, já que é fundamental entender como se deu a transição entre as espécies e quais mudanças ocorreram no comportamento delas, já que isso afetou seu estabelecimento na Terra.
- Relembre aos estudantes que, além do aumento do encéfalo, o ser humano desenvolveu habilidades, como a capacidade de elaborar, produzir e utilizar ferramentas. Isso pode ser visto na evolução das espécies do gênero *Homo*. As primeiras ferramentas feitas por indivíduos desse gênero são atribuídas ao *Homo habilis*. Comente que essas ferramentas eram rudimentares, feitas de pedra lascada e utilizadas para cortar alimentos, por exemplo. Pesquisadores acreditam que o aumento no tamanho do encéfalo favoreceu o desenvolvimento de ferramentas mais complexas.
- Explique que a fabricação de ferramentas é tão importante na evolução humana que, quando descobertas, podem indicar o momento e onde as espécies de hominíneos viveram. Sobre isso, leia com os estudantes o texto no *site* do *Jornal da USP*. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/cientistas-brasileiros-reescrevem-a-historia-do-genero-humano/>. Acesso em: 4 set. 2020. Nessa reportagem, é possível ver exemplos de ferramentas e como suas descobertas, realizadas por pesquisadores brasileiros, afetaram os conhecimentos da evolução humana.
- Verifique se os estudantes constatam que o aumento do encéfalo pode estar relacionado à capacidade de produzir ferramentas mais complexas. Explique que, com o aumento do encéfalo, há uma ampliação na capacidade e na complexidade de raciocínio e de habilidades motoras, desenvolvendo comportamentos mais elaborados. Relembre que o encéfalo também está relacionado ao desenvolvimento de pensamentos e ideias e à execução de atividades, como a construção de ferramentas.
- Essa abordagem favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS102**, pois incentiva os estudantes a analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, sociais e culturais de matrizes conceituais, como a evolução. Além disso, possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS104**, pois os leva a analisar objetos e vestígios da cultura material que caracterizam a identidade e a diversidade cultural de diferentes sociedades inseridas no tempo e no espaço.

- Relembre aos estudantes que os órgãos que compõem a parte central do sistema nervoso são protegidos pelo esqueleto. Comente que o encéfalo se encontra no crânio, e a medula espinal, na coluna vertebral, protegida pelas vértebras.
- Explique que existem membranas formadas por tecido conjuntivo, denominadas meninges, as quais protegem o encéfalo (meninges encefálicas) e a medula espinal (meninges espinais). Comente que as meninges são formadas por três camadas: dura-máter, aracnoide e pia-máter.

  Dura-máter: é a mais externa; é contínua entre o encéfalo e a medula espinal.

  Aracnoide: é contínua entre o encéfalo e a medula espinal, com formato semelhante ao de uma rede, por causa das fibras de colágeno e fibras elásticas.

  Pia-máter: é formada principalmente por fibras colágenas e fibras elásticas, as quais são encontradas aderidas ao encéfalo e à medula espinal, e é rica em vasos sanguíneos.

  Além das meninges, a parte central do sistema nervoso é protegida pelo líquido cerebroespinal e por ligamentos vertebrais.
- O encéfalo humano se divide em: cérebro (telencéfalo e diencéfalo), tronco encefálico (mesencéfalo, ponte e bulbo) e cerebelo.

  Telencéfalo: é a porção anterior do encéfalo e corresponde à maior parte do cérebro. Ele se divide em hemisfério direito e hemisfério esquerdo. Existem três áreas principais: sensitivas, motoras e de associação.

  > As áreas sensitivas recebem e interpretam impulsos provenientes de diferentes partes do corpo, como olhos, orelhas e nariz.

  > As áreas motoras controlam movimentos dos músculos esqueléticos.

  > As áreas de associação conectam as áreas sensitivas e motoras, além de relacionar-se com as emoções, a memória, a inteligência e a personalidade.

  Diencéfalo: é dividido em tálamo e hipotálamo.

  > O tálamo recebe e retransmite impulsos nervosos provenientes de diferentes regiões do corpo humano.

  > O hipotálamo participa da regulação de importantes processos do corpo humano, como o deslocamento de alimentos no sistema digestório; a contração da bexiga urinária; o controle dos batimentos cardíacos; o controle da fome, da saciedade e da sede; o controle da temperatura corporal e a manutenção do nosso estado de consciência.

  Tronco encefálico: é a região mais antiga e mais primitiva do encéfalo. Nela, existem numerosos grupos distintos de corpos de células nervosas, ou núcleos. Esses núcleos estão envolvidos em processos, como o sono, o tônus muscular, a coordenação da respiração, a regulação da pressão arterial e a modulação da dor. O tronco encefálico é dividido em mesencéfalo, ponte e bulbo.

  > O mesencéfalo, junto com a ponte, recebe impulsos nervosos da medula espinal e os transmite para outras partes do encéfalo. Ele atua no controle dos movimentos oculares e retransmite sinais para os reflexos auditivos e visuais.

  > A ponte atua como estação retransmissora de informações entre o cerebelo e o cérebro, além de coordenar o controle da respiração junto aos centros do bulbo.

REPRODUÇÃO

> No bulbo (ou mielencéfalo), localizam-se os centros de controle de várias funções básicas de nosso corpo, como o ritmo e a força dos batimentos cardíacos, a deglutição, a tosse e a frequência respiratória.

Cerebelo: atua na coordenação dos movimentos, na manutenção da postura e do equilíbrio.

- Os nervos motores levam impulsos nervosos da parte central para os diferentes órgãos do corpo humano. Os nervos mistos transmitem tanto os impulsos da parte central do sistema nervoso para os diferentes órgãos quanto dos diferentes órgãos para a parte central. Os nervos também podem ser classificados de acordo com o órgão com o qual se comunicam: os nervos cranianos conectam-se ao encéfalo, e os nervos espinais, à medula espinal.
- Existem alguns tipos de gliócitos ou neuróglias. Veja no quadro a seguir.

Tipos de gliócitos ou neuróglias	Papel desempenhado no corpo humano
Astrócitos.	São responsáveis pela sustentação e proteção dos neurônios, desempenhando papel importante na aprendizagem e na memória.
Células microgliais.	Protegem outras células da parte central do sistema nervoso de doenças.
Oligodendrócitos.	São responsáveis pela produção de extrato mielínico na parte central do sistema nervoso.
Células ependimárias.	Revestem as cavidades do encéfalo que são preenchidas com líquido cerebroespinal.
Células de Schwann.	São responsáveis por produzir e manter o extrato mielínico na parte periférica do sistema nervoso.
Células satélites.	São gliócitos encontrados nos neurônios dos gânglios da parte periférica do sistema nervoso.

- Relembre aos estudantes que alguns movimentos realizados pelo corpo humano são voluntários, ou seja, dependem de nossa vontade para que sejam realizados, como a flexão do antebraço. Outros movimentos, por sua vez, não dependem da vontade do ser humano para ocorrerem e, por isso, são chamados involuntários, como os movimentos peristálticos do sistema digestório. Independentemente de serem voluntários ou involuntários, a ocorrência dos movimentos depende da produção e transmissão de um impulso nervoso, também chamado potencial de ação.
- Explique que os movimentos do corpo são controlados por diferentes porções do sistema nervoso periférico: a parte somática, a divisão autônoma e a parte entérica.

Parte somática	Transmite informações até a parte central e também aos nervos, os quais levam as respostas da parte somática aos músculos esqueléticos. A contração e o relaxamento dos músculos esqueléticos são voluntários, isto é, dependem de nossa vontade. Dessa maneira, a parte somática do sistema nervoso relaciona-se com as respostas voluntárias do corpo humano.
	Transmite impulsos responsáveis pelos atos reflexos, que são movimentos involuntários e rápidos. Por meio de nervos da parte somática, os impulsos nervosos chegam à medula espinal, onde são integrados e encaminhados até determinados músculos. Esses podem se contrair ou relaxar.
Divisão autônoma	Transmite os impulsos nervosos que controlam os músculos lisos, o músculo cardíaco e as glândulas, regulando, assim, a atividade de órgãos, como o coração, os pulmões e os rins, cuja atividade é involuntária.
Parte entérica	Transmite os impulsos nervosos que controlam os músculos lisos presentes no trato gastrointestinal, as secreções de órgãos e as glândulas endócrinas do trato gastrointestinal.

- Comente que o hipotálamo envia impulsos para as suprarrenais, que liberam hormônios relacionados à fuga. Na sequência, hormônios do hipotálamo atuam na hipófise, que libera diversos hormônios, os quais, por exemplo, garantem níveis elevados de glicose disponível no sangue. O hipotálamo aumenta o tônus simpático e diminui o parassimpático e vice-versa.

Páginas 85 a 87

- As glândulas podem ser classificadas em exócrinas, endócrinas ou mistas.

Glândulas exócrinas	Glândulas endócrinas	Glândulas mistas
As glândulas exócrinas secretam seus produtos por meio de ductos até as cavidades do corpo ou para a superfície externa do corpo. Exemplos: glândulas sudoríferas.	As glândulas endócrinas secretam seus hormônios no líquido que envolve as células dos tecidos. Esses hormônios se difundem para os capilares e são transportados pelo corpo por meio da corrente sanguínea até atingirem células com receptores específicos para eles, as quais respondem ao estímulo hormonal. Exemplos: hipófise, glândula tireoide, glândulas paratireoides e glândulas suprarrenais.	As glândulas mistas apresentam uma porção endócrina e uma porção exócrina. O pâncreas, por exemplo, tem porção exócrina que secreta enzimas e uma porção endócrina que secreta hormônios.

MOPERNA

- Além das glândulas endócrinas, alguns órgãos também têm células secretoras de hormônios, como o pâncreas, os ovários, os testículos, o fígado, os rins, o estômago e o intestino delgado.
- Comente com os estudantes que a hipófise se localiza na base do hipotálamo e pode ser dividida em duas regiões, a adeno-hipófise (porção anterior) e a neuro-hipófise (porção posterior).
- Cada calículo gustatório, apresentado na página **86**, é formado por células de sustentação, células basais e células receptoras. A extremidade superior dessas células tem microvilosidades gustativas, que se projetam na região superior dos calículos gustatórios. Comente com os estudantes que, para identificar o sabor dos alimentos, usamos os sentidos do paladar, do olfato e do tato. Ao aproximar um alimento da boca e do nariz, algumas substâncias evaporam e são inaladas, assim sentimos o seu cheiro. Na boca, os receptores gustatórios presentes na língua são estimulados, reconhecendo o gosto (doce, salgado, amargo, umami ou azedo). Ainda na boca, a textura e a temperatura dos alimentos são percebidas. A união desses sentidos é que nos permite sentir o sabor dos alimentos.
- Explique aos estudantes que algumas regiões do corpo apresentam maior quantidade de receptores relacionados ao tato e às sensações térmicas, como as extremidades dos dedos, as palmas das mãos, as plantas dos pés e determinadas regiões da língua. Relembre que o tato é o sentido que permite sentir a textura dos objetos. Os receptores sensoriais relacionados ao tato estão presentes na pele, no tecido conjuntivo abaixo dela e na mucosa da boca, por exemplo. Essas regiões que também apresentam receptores relacionados à percepção das sensações térmicas (quente ou frio). Os nociceptores são encontrados em praticamente todos os tecidos do corpo.
- Comente com os estudantes que a orelha pode ser dividida em três regiões: orelha externa, orelha média e orelha interna.

  Orelha externa: é formada pela concha da orelha, pelo meato acústico externo e pela membrana timpânica.

  Orelha média: comunica-se com a faringe por meio de um canal chamado tuba auditiva. Esse canal faz a pressão na orelha média ser igual à pressão do ambiente.

  Orelha interna: é formada pelo labirinto, que consiste em canais ósseos e dividido em três regiões: o vestíbulo, a cóclea e os canais semicirculares.

  Comente com os estudantes que a audição humana é capaz de perceber frequências entre 20 Hz e 20 000 Hz e, assim, não conseguimos perceber infrassons e ultrassons.
- Mostre aos estudantes um esquema ampliado do olho humano, identificando suas partes.

  Íris: é a parte colorida do olho, formada por camadas de fibras musculares. Ela regula a quantidade de luz que penetra nos olhos por meio da abertura chamada pupila.

  Bulbo do olho: sua parte externa é formada pela parte anterior, a córnea, e pela parte posterior, a esclera do olho. Parte da esclera é revestida internamente por uma membrana fina denominada corioide, rica em vasos sanguíneos e pigmentos.

  Córnea: é uma camada fibrosa e transparente e, assim como a parte interna da pálpebra, é recoberta por um tecido epitelial chamado conjuntiva.

  Lente: localiza-se atrás da íris e é responsável por focalizar os raios de luz na retina.
- **Retina**: encontra-se na parte da região anterior da esclera. É formada por células receptoras de estímulos luminosos. Da retina, parte o nervo óptico, que transmite impulsos nervosos ao encéfalo.

  Entre a íris e a lente, encontra-se um espaço denominado câmara anterior, preenchido por um líquido chamado humor aquoso. Entre a lente e a retina encontra-se a câmara posterior, preenchida pelo humor vítreo. Quando estimulados pelos raios luminosos, os cones e bastonetes enviam um impulso nervoso ao encéfalo por meio do nervo óptico. No encéfalo, ocorre a formação e a interpretação da imagem. Nos seres humanos, as informações vindas dos dois olhos são interpretadas em conjunto pelo encéfalo, o que resulta na formação de uma única imagem. Esse tipo de visão é denominado binocular simples e facilita a percepção da profundidade do ambiente e dos objetos.
- Explique aos estudantes que a contração e o relaxamento dos músculos que formam a íris resultam em maior ou menor abertura da pupila. Em um ambiente pouco iluminado, os músculos encontram-se relaxados e a pupila tende a estar mais aberta, o que possibilita a entrada de maior quantidade de luz. Em ambientes muito iluminados, os músculos se contraem e a pupila tende a estar mais fechada, evitando que o excesso de luz atinja a retina. O formato da lente pode ser levemente alterado por meio da contração e do relaxamento de alguns músculos presentes no bulbo do olho. A mudança de formato da lente é importante porque permite direcionar os raios de luz provenientes de diferentes distâncias até a retina.

Página 88

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com essa seção favorece o desenvolvimento das **competências gerais 2** e **9**, pois incentiva os estudantes a exercitar a curiosidade intelectual por meio da investigação, elaborando e testando hipóteses, bem como a desenvolver a empatia e o diálogo, fazendo-se respeitar e respeitando o colega.

Página 88

INVESTIGUE

Objetivos

- Refletir sobre a importância da sensação tátil para deficientes visuais.
- Verificar a variação de sensibilidade da pele em diferentes partes do corpo.
- Verificar, na prática, a atuação dos receptores sensoriais.

Orientações

- Inicie a abordagem dessa seção questionando os estudantes sobre o que sabem sobre o sistema Braille. Incentive-os a refletir sobre a importância desse sistema para os deficientes visuais, o qual lhes possibilita ter acesso a informações. Motive também o respeito às diferenças.

MODERNA

- Se julgar interessante, aproveite o momento e promova uma conversa sobre a acessibilidade e a inclusão das pessoas com deficiência.

Respostas das questões de contextualização

a) Espera-se que os estudantes respondam que, no sistema Braille, o estímulo tátil é a pressão das pontas dos dedos sobre os pontos em alto-relevo. Os responsáveis por responder a esse tipo de estímulo são os mecanorreceptores presentes na pele.

b) O objetivo dessa questão é levar os estudantes a refletir sobre a influência da quantidade e dos tipos de mecanorreceptores distribuídos em cada parte do corpo para a sensibilidade, formulando hipóteses sobre o tema.

c) O objetivo dessa questão é levar os estudantes a refletir sobre a influência do tamanho do campo de recepção do estímulo dos mecanorreceptores distribuídos em cada região do corpo, formulando hipóteses sobre o tema.

- Incentive os estudantes a refletir sobre como poderão investigar a sensibilidade de diferentes partes do corpo a respostas a estímulos mecânicos.

Materiais

- compasso
- régua
- folha de sulfite ou de caderno
- lápis
- caneta hidrográfica
- venda para os olhos

Procedimentos

a) Defina as regiões do corpo nas quais será realizado o teste, bem como as distâncias entre os pontos. Em seguida, faça uma tabela no caderno com as seguintes colunas: Abertura do compasso; Dedo indicador; Dedo médio; Polegar; Palma da mão; Dorso da mão; Antebraço; Braço; Costas. Na coluna "Abertura do compasso", inserir as seguintes linhas: 3 mm; 5 mm; 10 mm; 20 mm; 30 mm; 50 mm.

b) Peça aos estudantes que elejam um colega para ser testado. Vende os olhos desse estudante e coloque-o sentado de maneira confortável. Meça com a régua os pontos nas regiões do corpo que serão testadas, marcando tais pontos com a caneta hidrográfica.

c) Observe se a ponta de fixação do compasso e o grafite estão alinhados. Em seguida, encoste, simultaneamente, as duas pontas do compasso nos pontos marcados na pele do estudante testado. Essa etapa deve ser feita cuidadosamente para não machucar o colega, por isso é melhor que ela seja realizada por um adulto.

d) Depois de realizado o teste, pergunte ao estudante vendado se ele sentiu apenas um ponto ou os dois, anotando a resposta na tabela. Para isso, marque (X) quando o estudante perceber os dois pontos, (1) quando perceber apenas um ponto e (-) quando não houver percepção.

e) Oriente-os a realizar esses procedimentos em todas as áreas do corpo que serão testadas, aumentando a abertura do compasso conforme aumenta o distanciamento entre os dois pontos.

- Explique aos estudantes que quanto maior a capacidade de percepção de dois pontos, maior o número de receptores de determinada região. Cada receptor sensorial tem um campo de recepção de estímulo, o qual corresponde à sua área de inervação. Assim, quanto mais receptores com campos de recepção pequenos, maior a capacidade de percepção de dois pontos.
- Ao final da investigação, verifique se os estudantes percebem que as pontas dos dedos das mãos são mais sensíveis ao estímulo mecânico. Explique que isso ocorre porque essa região apresenta maior quantidade de mecanorreceptores, os quais apresentam campos receptivos menores. Essa característica é explorada pelos deficientes visuais, que utilizam a ponta dos dedos das mãos para realizar a leitura no sistema Braille.

Respostas para as questões

1. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é que os estudantes analisem os seus resultados e verifiquem se suas hipóteses foram aceitas ou refutadas. Espera-se que eles tenham verificado que a capacidade de discriminação de dois pontos pode variar entre as diferentes áreas do corpo humano.

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes tenham notado diferenças na percepção do estímulo mecânico nas diferentes áreas do corpo, verificando que as mãos e os dedos são mais sensíveis do que os braços e as costas, por exemplo.

Nesse momento, você pode sugerir aos estudantes que passem um pedaço de algodão nos lábios, na face, nas pernas e nos pés e verifiquem quais regiões foram mais sensíveis ao toque do algodão. Observe se eles percebem que os lábios e a face são mais sensíveis que as pernas e os pés.

3. Espera-se que os estudantes citem: discos de Merkel, localizados na epiderme e relacionados à percepção de toque e pressão; bulbos terminais de Krause, localizados nas regiões entre a pele seca e a mucosa e relacionados à percepção de pressão.

4. Espera-se que os estudantes reconheçam que a sensação tátil possibilita identificar superfícies ou situações que representem riscos ao corpo, como de perfuração. Nesse caso, ao tocar em uma superfície com estruturas pontiagudas, elas podem ser interpretadas como um risco ao corpo e o membro tirado rapidamente desse local, evitando mais prejuízos ao organismo.

Destino dos resíduos

- Essa investigação não gera resíduos, pois os materiais utilizados são, em geral, objetos escolares, os quais devem ser guardados em local adequado para outros usos.

MODERNA

Respostas e orientações para as Atividades

Página 77

1. O objetivo dessa questão é que os estudantes analisem a imagem e, mesmo que intuitivamente, identifiquem alterações estruturais que possibilitaram o andar bípede em seres humanos. Além disso, é possível retomar parte do conteúdo abordado no capítulo anterior. Anote na lousa os principais itens citados pelos estudantes e utilize-os para fomentar a discussão com a turma.

Página 79

2. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito das características dos ossos que são associadas ao movimento realizado pelo corpo humano.

Página 81

1. a) A porção orgânica do osso é composta, basicamente, por colágeno. Já a porção inorgânica engloba grande quantidade de sais minerais, principalmente íons cálcio e fosfato.

b) Após a exposição à chama, o osso quebra-se facilmente porque, quando exposto ao calor, o colágeno, um tipo de proteína, sofre desnaturação, deixando o osso mais fraco.

2. a) De acordo com o texto, os cientistas descobriram que o barulho do estalar está relacionado à formação de uma bolha na substância que lubrifica as articulações.

b) A substância citada no texto é a sinóvia ou líquido sinovial, que está contida na cavidade articular.

c) As articulações são o ponto de contato entre os ossos. Por meio delas, os ossos permanecem unidos de maneira que os movimentos possam ser executados.

Aproveite o momento e pergunte aos estudantes se a substância citada no item **b** é encontrada em todos os tipos de articulação. Verifique se eles respondem que não. As articulações imóveis e as semimóveis não apresentam cavidade articular e, portanto, não têm o líquido sinovial, o qual está presente em articulações que possibilitam movimentos amplos.

Questione-os também sobre o que é o método científico citado no texto e qual é a importância de sua aplicação para o conhecimento científico. O método científico pode ser definido como um conjunto de procedimentos que orientam a produção do conhecimento científico. Entre esses procedimentos, temos a observação, o levantamento de hipótese, a experimentação, a aceitação ou a refutação das hipóteses e a elaboração de uma conclusão. O método científico possibilita que o conhecimento científico seja elaborado de modo mais consistente, sem a interferência de opiniões ou crenças, auxiliando, por exemplo, na produção de conhecimentos científicos universais.

3. a) Espera-se que os estudantes citem que há maior quantidade de mitocôndrias no tecido muscular estriado cardíaco, pois o bombeamento de sangue para todas as células do corpo exige que o coração mantenha um ritmo adequado de batimentos. Para isso, o músculo cardíaco se contrai rápida e constantemente, garantindo que o sangue seja distribuído por todo o corpo. Essa dinâmica de funcionamento requer um suprimento constante de ATP, exigido para a contração muscular e que é produzido nas mitocôndrias. Em contrapartida, o bíceps é um músculo especializado em determinados movimentos, os quais não ocorrem na mesma frequência dos batimentos cardíacos. Desse modo, não há necessidade de tantas mitocôndrias em suas células, como no músculo cardíaco.

Se achar conveniente, comente com os estudantes que as células do músculo cardíaco têm 40% do seu citoplasma ocupado por mitocôndrias, enquanto, nas células do músculo esquelético, elas ocupam apenas 2% do citoplasma.

b) O objetivo dessa questão é que os estudantes reflitam sobre a respiração celular em cada tecido. Espera-se que eles comentem que, aliado à maior quantidade de mitocôndrias presentes no músculo estriado cardíaco, há maior consumo de gás oxigênio (O_2) por esse tipo muscular. Isso porque a respiração celular realizada por essa organela utiliza gás oxigênio.

4. Alternativa **b**. Os músculos esqueléticos, como os músculos gêmeos, estão diretamente relacionados aos movimentos, pois se ligam aos ossos por meio dos tendões. Os ligamentos são estruturas que contribuem para que os ossos se mantenham unidos. Dessa maneira, quando elevamos o corpo sobre as pontas dos pés, os músculos gêmeos são contraídos, transmitindo a força ao calcâneo por meio de tendões, o que movimenta os demais ossos dos pés que estão conectados por ligamentos.

Páginas 89 e 90

1. a) Os neurônios são células excitáveis, capazes de gerar e transmitir informações entre as células por meio de impulsos nervosos, gerando respostas a estímulos tanto internos quanto externos.

b) **A**: dendrito; **B**: corpo celular; **C**: extrato mielínico; **D**: axônio. Os dendritos (**A**) são prolongamentos curtos e altamente ramificados, que atuam na recepção de estímulos e na sua condução ao corpo celular do neurônio. O corpo celular (**B**) abriga o núcleo do neurônio e a maioria de suas organelas. O extrato mielínico (**C**) envolve o axônio e aumenta a velocidade de condução dos impulsos nervosos nos neurônios. O axônio (**D**) é um prolongamento que conduz o impulso nervoso ao longo do neurônio até as células. Além disso, sua porção final é o local de armazenamento dos neurotransmissores.

c) O extrato mielínico protege o axônio e auxilia na condução do impulso nervoso, aumentando a sua velocidade de condução. Isso porque os canais iônicos relacionados à despolarização/repolarização do neurônio se abrem e se fecham apenas nas áreas sem bainha de mielina, os denominados nódulos de Ranvier, possibilitando uma condução do tipo saltatória. Nos neurônios amielínicos, por sua vez, a transmissão do impulso nervoso ocorre ao longo de cada porção da membrana celular, o que reduz a velocidade de condução.

2. Alternativa **d**. A medula espinal é um cordão cilíndrico presente no interior da coluna. Ela é revestida, assim como o encéfalo, por três membranas fibrosas, as meninges, denominadas dura-máter, aracnoide e pia-máter.

MODERNA

3. Alternativa **b**. O tecido nervoso é composto de células especializadas na condução de impulsos nervosos denominadas neurônios, que podem ser classificados em sensitivos, motores e associativos. Os neurônios são envolvidos pelos gliócitos, os quais os protegem e os nutrem.

   Os neurônios são células capazes de responder a estímulos físicos, químicos e mecânicos, transformando-os em impulsos nervosos e transmitindo-os a outros neurônios. O impulso nervoso geralmente é transmitido do axônio de um neurônio aos dendritos de outro por meio de sinapses, chamadas axodendríticas. Entretanto, existem outros tipos de sinapses químicas, como axo-axônica (entre dois axônios), dendrodendrítica (entre dois dendritos) e dendrossomática (entre dendrito e soma ou corpo celular).

4. **a)** Essas células são responsáveis por nutrir, proteger, sustentar e manter os neurônios.

   b) De acordo com pesquisas, os astrócitos atuam na manutenção dos níveis iônicos no meio extracelular, o qual sofre alterações após o desenvolvimento dos potenciais de ação dos neurônios. Além disso, esse tipo de gliócito auxilia na captação e na liberação de muitos neurotransmissores, essenciais às sinapses químicas. Por fim, eles também atuam na diferenciação e no direcionamento de neurônios em formação.

   c) Espera-se que os estudantes comentem que esse tipo de conhecimento ajuda a compreender melhor as doenças e seus sintomas, bem como os modos de agravamento. Estes, por sua vez, podem auxiliar no desenvolvimento tanto de diagnósticos precoces quanto de tratamentos mais eficientes, que possibilitam melhor qualidade de vida ao paciente.

5. Soma: $01 + 02 + 04 + 16 = 23$

   08 – Incorreta. Durante o processo de despolarização da membrana plasmática, a superfície interna da membrana torna-se momentaneamente mais positiva que a externa, na fase de repolarização, a superfície interna retorna ao potencial de repouso.

6. Alternativa **e**. **a)** Os receptores sensoriais humanos responsáveis pelos sentidos do olfato e da gustação são classificados como quimiorreceptores. A percepção tátil é realizada por receptores sensoriais de pressão, que se localizam na pele, em várias regiões do corpo. **b)** As células fotorreceptoras cones e bastonetes do olho humano concentram-se na retina, onde ocorre a formação da imagem. **c)** A percepção do tato é realizada por receptores sensoriais distribuídos em toda a superfície do corpo, especialmente nas palmas das mãos e nas plantas dos pés. **d)** A orelha média humana inclui três ossículos (martelo, bigorna e estribo), que amplificam as ondas sonoras, transmitindo-as para a orelha interna.

7. **a)** Espera-se que os estudantes comentem que os materiais e as peças substituem os sistemas esquelético, muscular, cardiovascular, respiratório e nervoso, uma vez que eles, em conjunto, são responsáveis pela realização dos movimentos voluntários, como a abertura e o fechamento dos dedos e a movimentação das mãos e dos membros superiores.

   b) Espera-se que os estudantes respondam que a tecnologia pode auxiliar no desenvolvimento de materiais cada vez mais leves e resistentes, bem como no aprimoramento de sistemas que possibilitem movimentos cada vez mais precisos e controlados pelo pensamento do usuário.

   c) Espera-se que os estudantes comentem que esses sensores dos membros biônicos representam os receptores sensoriais da pele, como mecanorreceptores, termorreceptores e nociceptores, pois são eles que captam as sensações táteis e as transformam em potencial de ação ou em impulsos nervosos. Já os sinais elétricos são representados, nos seres humanos, pelos impulsos nervosos ou potenciais de ação, possibilitando que a informação seja transmitida entre as células e chegue ao encéfalo, onde as sensações são interpretadas.

   Aproveite o momento e questione os estudantes sobre a importância do desenvolvimento de membros biônicos para os deficientes físicos. Incentive-os a perceber que esse tipo de tecnologia torna possível que os deficientes voltem a realizar movimentos e atividades que faziam antes da perda do(s) membro(s). Isso possibilita maior independência do deficiente e maior acessibilidade e inclusão na sociedade.

8. **a)** Os hormônios envolvidos nessa situação são o cortisol e a adrenalina. Nessa situação, o cortisol atua indiretamente no fornecimento de energia. Isso porque ele estimula a liberação de glicose pelas células hepáticas, a quebra de triglicerídios em ácidos graxos e de proteínas em aminoácidos, deixando tais moléculas disponíveis às células para a produção de ATP. Já a adrenalina atua aumentando as frequências cardíaca e respiratória, favorecendo a irrigação de tecidos, como coração e músculos esqueléticos, e as trocas gasosas. Além disso, esse hormônio atua promovendo a degradação do glicogênio em glicose.

   b) Tanto o cortisol quanto a adrenalina são produzidos e liberados pelas glândulas suprarrenais.

   Incentive os estudantes a perceber que outras situações de estresse podem gerar essas mudanças fisiológicas, como quando nos assustamos ao ouvir um som alto ou a voz de alguém de repente, rompendo o silêncio, com o latido de um cachorro e em brinquedos que fazem uso de grandes alturas e velocidades exageradas nos parques de diversões.

CAPÍTULO 3
Movimentos do corpo humano

Objetivos

- Relacionar alguns movimentos realizados pelo corpo humano com o funcionamento de alavancas.
- Conhecer e descrever os tipos de alavanca: interpotente, interfixa e inter-resistente.
- Compreender o conceito de momento de uma força.
- Reconhecer quando um corpo extenso está em equilíbrio estático ou dinâmico.
- Identificar o centro de gravidade e o centro de massa em situações do cotidiano.
- Conhecer as aplicações do centro de gravidade e do centro de massa em práticas do cotidiano.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Física**.

MODERNA

Páginas 91 e 92

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**, pois leva os estudantes a elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos e partes do corpo humano, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.
- A análise dos movimentos apresentados nas páginas **91** e **92** contribui para desenvolver as **competências gerais 1** e **2**, pois incentiva os estudantes a recorrer a conceitos físicos para compreender a ação conjunta de ossos, músculos e articulações.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Usando a estratégia *think-pair-share* peça aos estudantes que expliquem a função de cada um dos sistemas do corpo humano e discuta as questões orais **1** e **2**. Em seguida, peça a cada dupla que compartilhe esses conhecimentos com o restante da sala. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento.

- Utilizando o conhecimento prévio dos estudantes apresentado na atividade proposta, explique que, nos movimentos do corpo humano, o ponto fixo dos sistemas de alavancas são as articulações, isto é, o movimento de rotação do corpo extenso (braço, pé, perna etc.) ocorre em torno das articulações.
- Apresente a definição de alavanca e use os outros exemplos citados no livro sobre os exercícios físicos para mostrar como algumas partes do corpo funcionam como alavancas, com os seus respectivos pontos fixos. Explique o que são a força potente e a força resistente em uma alavanca.
- Utilizando as imagens do **Livro do estudante**, explique o que é uma alavanca interpotente. Para esse tipo de alavanca, mostre onde são aplicadas as forças potente e resistente e a localização do ponto fixo.
- Use as imagens que mostram o treinamento do tríceps para explicar o conceito de alavanca interfixa. Para esse tipo de alavanca, mostre onde são aplicadas as forças potente e resistente e a localização do ponto fixo.
- Aproveite as ilustrações que mostram o treinamento da panturrilha para explicar o conceito de alavanca inter-resistente, apresentando onde são aplicadas as forças potente e resistente e a localização do ponto fixo.
- Para definir o momento da força ou torque, use o exemplo de uma gangorra. Pergunte aos estudantes se a massa das crianças interfere no movimento ao brincar na gangorra. Provavelmente, eles dirão que uma criança com maior massa oferece maior dificuldade para ser erguida pela criança que está na outra ponta. Com base nisso, explique que nesse movimento estão aplicadas as forças potente e resistente da alavanca. Quanto maior a massa da criança a ser erguida, maior será a força resistente. Assim, a outra criança, que aplica a força potente, precisa fazer uma força maior que a força resistente.
- Pergunte então qual seria uma maneira de facilitar o trabalho da criança que aplica a força potente. Encaminhe a discussão para que eles percebam que o local onde senta a criança de maior massa influi na força que precisa ser aplicada. Use o exemplo de uma chave de roda. Explique aos estudantes que em um ônibus ou caminhão é mais difícil afrouxar os parafusos de uma roda, do que em um carro. Para auxiliar nessa tarefa, os mecânicos encaixam um tubo de ferro na ponta da chave. Dessa forma, é possível conduzir a discussão de forma que os estudantes percebam que a distância entre o ponto de aplicação da força e o ponto fixo é relevante.
- Explique que a grandeza que engloba a força e a distância em uma alavanca refere-se ao momento da força ou torque. Apresente a expressão matemática para o seu cálculo e mostre que aumentar a distância, como no caso do tubo de ferro e da chave de roda, tem o mesmo efeito de aumentar a força realizada.
- Analise com os estudantes a expressão $M = F \cdot d \cdot \text{sen } \theta$, para o cálculo da intensidade do torque. Espera-se que eles percebam que a intensidade do torque será máxima quando o ângulo entre a força e a linha que une o ponto de apoio ao ponto onde é aplicada a força é igual a 90°. A intensidade do torque será nula quando $\text{sen } \theta = 0$, ou seja, quando a força é aplicada na mesma direção da linha que une o ponto de apoio ao ponto onde é aplicada a força.

Páginas 93 e 94

BNCC EM DESTAQUE

- A análise do equilíbrio nos movimentos apresentados nas páginas **93** e **94** e a discussão promovida no boxe **Trocando ideias** da página **94** contribui para desenvolver as **competências gerais 1** e **2**, pois incentiva os estudantes a recorrer a conceitos físicos para compreender a ação conjunta de ossos, músculos e articulações. Além disso, o tema abordado nessas páginas também possibilita promover uma discussão sobre a importância das atividades físicas para a manutenção da saúde, incentivando os estudantes a fazer uma autoavaliação de seus hábitos. Isso contribui para desenvolver a **competência geral 8**, além de trabalhar o tema contemporâneo transversal **Saúde** e promover a saúde mental dos estudantes.
- O boxe **Trocando ideias** incentiva os estudantes a respeitar as opiniões dos colegas, por meio de uma discussão em grupo.

- Apresente a convenção para o sinal do torque de acordo com o sentido de rotação em torno do eixo.
- Pergunte aos estudantes o que eles entendem por corpo em equilíbrio. Ouça as opiniões de todos e conduza a discussão de modo que eles compreendam que para um corpo estar em equilíbrio a resultante das forças aplicadas sobre ele deve ser nula.
- Geralmente, os estudantes associam um corpo em equilíbrio a um corpo parado. Usando o diagrama do **Livro do estudante**, explique a diferença entre o equilíbrio estático e o equilíbrio dinâmico.
- Peça aos estudantes que observem a imagem do praticante de *slackline* e comentem o que sabem sobre essa atividade física. Essa discussão contribui para aproximar os conteúdos científicos do universo da **cultura juvenil**.

EM OBRA

METODOLOGIAS ATIVAS

- Usando a estratégia *one minute paper*, peça aos estudantes que respondam às questões orais **3** e **4**. Em seguida, peça a cada um que compartilhe esses conhecimentos com o restante da sala, e anote as hipóteses apresentadas para a resposta da questão **4**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XX** deste suplemento.

- Apresente o conceito de centro de gravidade e explique por que ficar de braços abertos sobre o *slackline* ajuda a manter o equilíbrio.
- Use a ilustração do **Livro do estudante** para explicar que, se o centro de gravidade se localizar fora da sua linha de ação, tem-se o desequilíbrio.
- Explique para os estudantes que o centro de gravidade depende da aceleração gravitacional local, enquanto o centro de massa depende da distribuição de massa do objeto. Portanto, se a aceleração gravitacional que age sobre o objeto não for uniforme, os pontos de centro de gravidade e centro de massa não vão coincidir. Isso ocorre com corpos muito grandes, nos quais, em partes distintas, a aceleração da gravidade sentida é consideravelmente diferente, o que não ocorre em corpos pequenos.

Página 94

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Conhecer as aplicações do centro de gravidade e do centro de massa em práticas do cotidiano.
- Identificar o centro de gravidade e o centro de massa em situações do cotidiano.

Orientações

- Inicie esse boxe perguntando aos estudantes em quais situações do cotidiano se aplicam os conceitos de centro de gravidade e centro de massa.
- Oriente os estudantes durante a pesquisa, a fim de que as informações sejam adquiridas em *sites* confiáveis.

Resposta

- Espera-se que os estudantes citem ações e atividades simples, como analisar e corrigir o movimento, executar exercícios com a quantidade de carga adequada e prevenir quedas.

Página 95

BNCC EM DESTAQUE

- Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois estimula os estudantes a analisar e a explicar dados experimentais sob uma perspectiva científica. Além disso, possibilita o desenvolvimento da **competência geral 2** pelo trabalho com investigação científica, da **competência geral 9**, por incentivar os estudantes a trocar ideias e trabalhar em grupo, desenvolvendo o respeito e a empatia e da **competência geral 5**, ao propor que os estudantes utilizem tecnologias digitais para divulgar informações.

Página 95

INVESTIGUE

Objetivos

- Investigar as condições de equilíbrio do corpo humano.
- Construir o conceito de centro de gravidade e contextualizá-lo às situações do dia a dia.
- Investigar a localização do centro de gravidade do corpo humano.
- Reconhecer o papel das forças determinantes para estabelecer o equilíbrio dos corpos.
- Investigar fatores que interferem nas condições de equilíbrio dos corpos.

Orientações

- Organize os estudantes em grupos e peça que discutam as questões da **Contextualização**.
- Utilizando a imagem do **Livro do estudante**, converse com eles sobre as artes circenses que exigem equilíbrio. Compare a situação discutida anteriormente a respeito do equilíbrio sobre o *slackline* com a do artista na corda bamba.
- Ajude-os a seguir as **Orientações** para a atividade de gravar o vídeo. Depois de discutir as respostas das questões propostas, faça a apresentação dos vídeos.

Respostas das questões de contextualização

a) Resposta pessoal. Os estudantes podem citar: construções civis, pontes, edifícios; esportes (de maneira geral); andar de bicicleta; entre outros.

b) Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a relacionar os conceitos de força, centro de gravidade, ponto de apoio e torque às condições de equilíbrio de um corpo, mesmo que de forma intuitiva, ao analisar situações de seu cotidiano.

- Em seguida, certifique-se de que os estudantes compreenderam o objetivo da atividade e aproveite sua abordagem para desenvolver o **pensamento computacional**. As questões de **Orientação** podem ajudá-los a dividir o problema em etapas a fim de facilitar a investigação e a elaboração de soluções. Incentive os estudantes a encontrar maneiras de manter o equilíbrio do corpo diante dos movimentos executados e identificar os motivos que não permitiram sua execução.
- Oriente-os a executar alguns movimentos do corpo e, em seguida, executá-los novamente com alguma condição que os altere, como tocar, com as mãos, as pontas dos pés sem dobrar os joelhos. Instrua-os a fazer o movimento normalmente e depois repeti-lo com os calcanhares encostados em uma parede. Na segunda situação, eles não conseguirão realizar a tarefa, pois não será possível deslocar o centro de gravidade do corpo para manter o equilíbrio.

  Outra situação é levantar lateralmente uma das pernas. Se essa tarefa for realizada com um ombro e um braço encostados na parede, eles verificarão que não será possível executá-la.
- Incentive os estudantes a observar a situação-problema e conversar sobre ela, anotando as possíveis maneiras de fazer a investigação. Os estudantes devem registrar no caderno

MODERNA

todas as etapas da investigação de modo que possam analisar os dados e formular suas conclusões, assim como devem anotar as respostas para as questões sugeridas.

Respostas para as questões

1. Resposta pessoal. A resposta dependerá dos movimentos realizados pelos estudantes. Determinados movimentos, como se levantar de uma cadeira sem o auxílio das mãos e sem inclinar o tronco para a frente, são impossíveis, pois o centro de gravidade não pode ser deslocado. Inclinar o tronco para a frente faz com que o centro de gravidade mude de local, de modo que a linha de ação da força peso passe pela área delimitada pelos pés e não realize o torque.
2. Resposta pessoal. A resposta depende dos movimentos realizados pelos estudantes. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a uma experiência em que seu corpo seja, ao mesmo tempo, objeto e instrumento de experimentação, buscando compreender, na prática, ao realizar alguns movimentos corporais, a construção inicial do conceito de centro de massa e de centro de gravidade.
3. Resposta pessoal. A resposta depende dos movimentos realizados pelos estudantes. Eles podem responder que, na medida em que foi possível deslocar o centro de gravidade do corpo, a linha de ação da força peso passou pela área responsável por seu apoio, não permitindo a ocorrência de torque e mantendo seu equilíbrio.
4. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que, para um corpo se manter em equilíbrio estático corporal, as resultantes das forças e o torque que atuam sobre ele (no centro de gravidade do corpo) ao realizar determinado movimento devem ser nulos, independentemente de seu vigor muscular.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 96

1. **a)** 3 N • m, anti-horário.
$M_{F_p} = F_p \cdot d_{F_p} \Rightarrow M_{F_p} = 25 \cdot 0{,}12 \therefore M_{F_p} = 3\ \text{N} \cdot \text{m}$

b) 18 N • m, anti-horário.
$M_{F_{res}} = F_{res} \cdot d_{F_{res}} \Rightarrow M_{F_{res}} = 60 \cdot 0{,}3 \therefore M_{F_{res}} = 18\ \text{N} \cdot \text{m}$

c) A força do bíceps, localizada a 4 cm do cotovelo, deve gerar um torque suficiente para equilibrar os dois torques calculados anteriormente. Ou seja:
$M_{po} = F_{po} \cdot d_{po} \Rightarrow 3 + 18 = F_{po} \cdot 0{,}04 \therefore F_{po} = 525\ \text{N}$

d) Pescoço, calcanhar, joelho, ombro, entre outros.

e) Resposta pessoal. O objetivo é levar os estudantes a perceber a importância da prática de atividades físicas para ter uma boa saúde.

2. Em relação às gavetas, os puxadores são fixados no centro das placas para garantir que a força aplicada seja distribuída uniformemente ao longo do encaixe. No caso das portas, que normalmente giram em torno de um eixo, quanto mais afastado das dobradiças estiver o puxador, maior será o torque, devido à força aplicada. Isso minimiza o esforço necessário para abrir e fechar portas.
3. Alternativa **a**. Como o atleta tem 70 kg e abre as pernas fazendo um ângulo de 120° entre elas, o ângulo interno formado entre as pernas e o solo é 30°. Dessa forma, a componente vertical do vetor força peso $\left(F_{P_y}\right)$, em cada pé, e a força normal $\left(F_N\right)$ têm intensidades iguais a 350 N $\left(F_N = F_{P_y} = F_P \cdot \text{sen } 30° \therefore F_N = F_{P_y} = 350\ \text{N}\right)$. Como o vetor força normal atua na direção vertical para cima, ela faz um ângulo de 60° com a perna do atleta, portanto, o módulo do torque gerado por ela é dado por:
$M = F_N \cdot d \cdot \cos 60° \Rightarrow M = 350 \cdot 1 \cdot \cos 60° \therefore$
$\therefore M = 350 \cdot \cos 60°$
4. Sabendo que $d = 54\ \text{cm} = 0{,}54\ \text{m}$, temos:
$M = F \cdot d \Rightarrow 270 = F \cdot 0{,}54 \Rightarrow F = \frac{270}{0{,}54} \therefore F = 500\ \text{N}$

CAPÍTULO 4
Prática de esportes

Objetivos

- Reconhecer os diferentes tipos de movimento realizados pelos corpos.
- Diferenciar movimento uniforme e movimento retilíneo uniforme, reconhecendo suas especificidades e as características comuns entre eles.
- Diferenciar movimento uniformemente variado e movimento retilíneo uniformemente variado, reconhecendo suas especificidades e as características comuns entre eles.
- Descrever o movimento circular uniforme, reconhecendo suas especificidades e características.
- Identificar a posição angular e compreender o conceito de deslocamento angular.
- Ser capaz de estabelecer uma relação entre os conceitos de período e de frequência.
- Diferenciar velocidade angular de velocidade linear e compreender a relação entre elas.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Física**.

Páginas 97 a 103

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois possibilita aos estudantes investigar situações-problema e avaliar a aplicação do conhecimento científico e tecnológico para justificar o uso de equipamentos de proteção em atividades cotidianas, como na prática de esportes, além de avaliar a necessidade de adotar comportamentos de segurança visando à integridade física individual e coletiva, o que permite desenvolver a habilidade **EM13CNT306**.

MODERNA

- É possível abordar a habilidade **EM13CNT204** ao elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra com base nas interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.
- Esse estudo também possibilita enfatizar aos estudantes as relações entre a prática correta e habitual de exercício físico e a melhoria da saúde, abordando o tema contemporâneo transversal **Saúde**.

- Se julgar interessante, inicie o trabalho com esse capítulo acessando com os estudantes a reportagem *Esporte e ciência*, da revista *Scientific American Brasil*. Disponível em: <https://sciam.com.br/esporte-e-ciencia/>. Acesso em: 4 set. 2020.

  Após a leitura da reportagem, peça a eles que formem duplas e pesquisem outras notícias ou artigos sobre esse assunto. Em seguida, oriente-os a conversar e registrar suas opiniões no caderno a respeito da influência da Física nas atividades esportivas, reconhecendo que as pesquisas nessa área podem ser uma grande aliada dos atletas, uma vez que analisa seus resultados a fim de melhorar seu desempenho. Finalize a atividade solicitando às duplas que apresentem suas conclusões aos outros colegas da turma.
- Antes de iniciar a abordagem dos tipos de movimentos e suas especificidades, chame a atenção dos estudantes quanto à prática de atividades físicas e à sua importância para manter a saúde, desenvolvendo, assim, o tema contemporâneo transversal **Saúde**.

  Enfatize as relações entre a prática correta e habitual de exercício físico e a promoção da saúde, ressaltando que em muitas modalidades esportivas é necessário usar equipamentos de proteção que preservam a integridade física e individual dos praticantes.

  A prática regular de atividades físicas contribui para a qualidade de vida dos cidadãos, mas, embora essencial, para ter uma vida saudável as atividades devem ser bem planejadas, e feitas sob orientação especializada.

  Sem esses cuidados, corre-se o risco de executar exercícios exagerados ou inadequados, o que possivelmente ocasiona lesões. Portanto, o ideal seria manter o acompanhamento médico constante e a orientação de um profissional de educação física.
- Explore as imagens das modalidades esportivas na página **97** e questione os estudantes a respeito de suas práticas esportivas, a fim de que exponham para o restante da turma sua experiência com o esporte, seja apenas como lazer e manutenção da saúde, seja acompanhada por um profissional.

  Aproveite para destacar os tipos de trajetórias em cada uma das modalidades apresentadas na página e os tipos de movimento em que elas são classificadas: uniforme, ou uniformemente variado, ou circular.
- Leia com os estudantes o trecho de reportagem da página **98** destacando que o módulo da velocidade é praticamente constante ao longo de toda a maratona, algo difícil de ser alcançado.

  Confira se eles compreenderam que o termo uniforme, na linguagem científica, representa uma regularidade, ou seja, algo que não sofre variação.

  É muito importante que os estudantes construam intuitivamente o conceito de movimento uniforme e percebam que, em situações envolvendo esse tipo de movimento, o valor da velocidade não sofre alterações ao longo de todo o percurso.

  Questione-os sobre a ocorrência desse tipo de movimento em situações do cotidiano e liste suas respostas na lousa. Eles podem citar, por exemplo, que esses movimentos ocorrem em escadas rolantes, esteiras de transporte em indústrias, na velocidade do som que se propaga no espaço a 340 m/s, entre outras situações.
- É importante esclarecer que tanto o deslocamento $(\Delta\vec{s})$ quanto a velocidade $(\vec{v})$ são grandezas vetoriais, portanto têm módulo (intensidade), direção e sentido. Nos movimentos unidimensionais, a direção já está definida pela trajetória escolhida, de modo que podemos trabalhar somente com o módulo (intensidade) e o sentido dessas grandezas. Dessa maneira, o sentido do movimento pode ser mostrado por um sinal positivo ou negativo.
- Trabalhe o exemplo da prova dos 100 metros rasos disputada no dia 16 de agosto de 2009, em que Usain Bolt quebrou o recorde mundial completando a prova em 9 segundos e 58 centésimos. Se julgar conveniente, resolva na lousa o cálculo da aceleração desenvolvida pelo atleta.
- Converse com os estudantes sobre as diferenças e as semelhanças entre o movimento retilíneo uniforme e o movimento circular uniforme.
- Explore a imagem da página **99** e destaque a função horária das posições. É importante que os estudantes entendam que a proporcionalidade é um elemento principal e que existe uma relação de dependência entre a posição e o tempo de movimento.

  Na prática, é necessário que os estudantes tenham em mente que a função é definida quando o movimento uniforme se estabelece, desconsiderando possíveis variações de velocidade no início do movimento.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Nessa atividade, será estabelecida uma relação entre o conteúdo estudado e o componente curricular **Educação física**.
- Para realizá-la, providencie os seguintes materiais: cones, cronômetro digital e trena.
- Com a ajuda do professor de Educação Física, forme grupos de cinco estudantes, dispostos em fileiras. O objetivo da atividade é percorrer cada parte de determinado percurso com a mesma velocidade, verificando se isso é possível.
- A ideia também é promover, na prática, uma investigação sobre o comportamento da velocidade nos movimentos. Para isso, demarque o trajeto com os cones e peça que, individualmente, cada estudante realize um percurso de ida e volta caminhando.

  No final de cada percurso, o estudante responsável pelas anotações deverá registrar o tempo gasto para cada integrante do grupo percorrer as distâncias previamente estipuladas.

  Oriente-os a fazer o percurso novamente mantendo o mesmo tamanho dos passos. Em seguida, calcule novamente a velocidade de cada estudante.

EM MODERNA

Por fim, promova uma discussão sobre os valores obtidos, perguntando-lhes se foi possível realizar um movimento aproximadamente uniforme em cada parte do percurso. Após a discussão, fale sobre as dificuldades em manter um movimento uniforme percorrendo sempre distâncias iguais no mesmo intervalo de tempo.

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade anterior contribui para o desenvolvimento da **competência geral 2**, pois possibilita aos estudantes exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das Ciências, incluindo a investigação, a reflexão e a análise crítica para investigar causas e elaborar hipóteses.

- Inicie a abordagem do movimento uniformemente variado na página **100** questionando os estudantes sobre movimentos variados, comuns no cotidiano, em que se observa o conceito de aceleração, como na prática de esportes, e a função do acelerador dos veículos.

  Eles já devem ter percebido que, ao acionar o acelerador de um veículo engrenado, o motorista provoca uma variação na velocidade dele. Essa é uma situação em que se observa o conceito da aceleração.

  Se julgar conveniente, comente que o pedal do acelerador é um dos componentes que controlam a mistura ar/combustível que entra no motor, porém o automóvel apenas adquire aceleração quando o módulo de sua velocidade sofre alteração.
- Trabalhe a imagem da página e chame a atenção dos estudantes para o aumento nos valores da velocidade do atleta durante a prova de atletismo. É essencial que eles percebam que os valores aumentam de forma proporcional ao valor da sua aceleração. Se julgar adequado, faça na lousa, com a ajuda da turma, a definição da função horária das velocidades.
- Se julgar conveniente, ao trabalhar a função horária das posições na página **101**, explore o gráfico com os estudantes e diga que para definir tal equação é necessário calcular a área sob a curva. Essa área é numericamente igual ao valor de deslocamento realizado pelo atleta, pois trata-se de um gráfico da velocidade em função do tempo ($v \times t$).

  Ao calcularmos a "área sob a curva" de um gráfico que expressa aceleração x tempo, estaremos efetuando a seguinte operação: $(m/s^2) \cdot s = m/s$. Desse modo, o valor obtido será numericamente igual à intensidade da velocidade. Se realizarmos essa operação em um gráfico que expressa velocidade x tempo, estaremos efetuando a operação $(m/s) \cdot s = m$ e obteremos um valor numericamente igual à intensidade do deslocamento realizado pelo móvel.
- Enfatize para os estudantes que, ao analisarmos a função horária das posições do MRUV, a única variável presente é o tempo. Isso é o que define o nome da função, sendo os valores de posição e velocidade inicial, assim como da aceleração, definidos no começo do problema.

  Diga a eles que a função horária das posições de um MUV é escrita de forma genérica. Se a aceleração for zero, a função do MUV recai na função horária das posições do MU.

TROCANDO IDEIAS

Objetivo

- Reconhecer e avaliar o uso de conceitos e equações do movimento em situações do cotidiano.

Orientações

- Antes de realizar a atividade, pergunte aos estudantes em quais profissões é necessário identificar a velocidade, a aceleração, o deslocamento e a posição dos corpos. Isso auxilia no desenvolvimento da atividade, uma vez que direciona a pesquisa.
- Comente que as atividades como transportes de pessoas e cargas levam em conta esses conceitos, pois precisam seguir horários definidos e evitar atrasos. Para montar um itinerário de transporte, por exemplo, os profissionais analisam a trajetória, a distância a ser percorrida (ou deslocamento), a velocidade média que o automóvel consegue desenvolver, entre outras variáveis. Assim, é possível determinar o horário de uma entrega ou de desembarque em certa cidade.

Resposta

- Espera-se que os estudantes citem o emprego das equações de movimento por profissionais ligados ao automobilismo, por peritos criminais, controladores de voo etc. Por meio das análises de movimento utilizando suas equações matemáticas, tais profissionais são capazes de fazer previsões. Isso também possibilita descrever o que ocorreu em uma cena de crime, por exemplo.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar conveniente, aplique a estratégia de metodologias ativas *quick writing* ao trabalhar a página **102**, orientando os estudantes a responder à questão **4**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento.

  Para isso, peça a eles que respondam à questão proposta em, no máximo, cinco minutos, possibilitando a livre expressão, a fluência na escrita e a capacidade de síntese.
- Aproveite as respostas dos estudantes para iniciar uma conversa sobre os tipos de movimentos circulares mais comuns em situações do cotidiano.

- É interessante esclarecer para os estudantes que, ainda que os estudos priorizem os movimentos de modo a compreender um por vez, os princípios básicos são os mesmos para todos eles. Explique que a única diferença entre os movimentos circulares e retilíneos consiste na direção de sua aceleração.

  A componente da aceleração que possui a mesma direção da velocidade do móvel é chamada aceleração tangencial. Nos casos em que o corpo possui apenas aceleração tangencial, ele vai descrever movimentos retilíneos.

  Já a componente da aceleração orientada perpendicularmente à velocidade do corpo é definida como aceleração centrípeta. Nos casos em que o móvel possui apenas essa aceleração, ele vai descrever movimentos circulares uniformes, e o vetor aceleração centrípeta sempre será orientado ao centro da curvatura descrita.

MODERNA

- Ao abordar o conceito de deslocamento angular, é importante informar que, semelhante à definição de referencial no plano cartesiano, em que os sentidos de um movimento eram diferenciados por seu sinal, ocorrem os movimentos circulares.

  Convencionalmente, o movimento que ocorre no sentido anti-horário é considerado positivo, e os movimentos horários, negativos.
- Verifique se os estudantes conseguem perceber que, quando o móvel completa uma volta, sua posição angular não é reajustada para zero, como ocorreria em um movimento retilíneo. Por exemplo, ainda que uma posição de $\theta = 30°$ seja equivalente a uma posição de $\theta = 390°$, é mantida aquela de maior valor a fim de indicar quantas voltas foram executadas desde o começo do movimento.
- Se julgar interessante, ao trabalhar os conceitos de período e de frequência abordados na página **103**, acesse com os estudantes o vídeo *O que é período e frequência?* do grupo *Ciência em Show* que trata desses e de outros conceitos, aproximando-os de situações do cotidiano. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0LhQUbxcHCI>. Acesso em: 7 ago. 2020. Essa estratégia contribui para desenvolver a **competência geral 5**, incentivando os estudantes a utilizar tecnologias digitais de forma crítica.

  Os vídeos informativos disponíveis na internet, como o citado acima, são ferramentas que fazem parte da **cultura juvenil** e promovem a aproximação do conhecimento científico às situações do dia a dia dos estudantes.
- Em seguida, explique a eles que, como período corresponde ao tempo gasto para determinado objeto efetuar uma volta completa, sua unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o segundo (s).

  Já a frequência corresponde ao número de voltas que o objeto efetua em uma unidade de tempo, resultando em uma grandeza que mede a rapidez da rotação em números de voltas por intervalo de tempo. Assim, 1 volta/s é denominada 1 hertz. Essa unidade de frequência denominada hertz homenageia o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), cujo campo de atuação era o das ondas de rádio, de maneira que as descobertas relacionavam-se à emissão e à detecção dessas ondas.
- Para trabalhar o conceito de velocidade angular e velocidade linear, explore a imagem da página **103**, que mostra a largada de uma prova de atletismo de 800 metros, chamando a atenção dos estudantes para as posições em que se encontram os atletas em cada uma das raias. Com base nisso, pergunte por que cada um deles ocupa uma posição diferente.

  Explique que essas posições compensam um maior deslocamento dos atletas que estão na raia com raio maior em relação ao centro da pista de corrida.

  Comente que, ao observar a distância entre eles, podemos ser surpreendidos pela aproximação daqueles que percorrem as raias internas. Esses atletas não necessariamente estão mais rápidos (maior velocidade linear), pois na verdade eles descrevem maior velocidade angular graças à menor curvatura de seus trajetos.
- Ressalte para os estudantes que, no movimento circular, o termo "uniforme" indica que os módulos da velocidade linear e da velocidade angular são constantes, embora a direção da velocidade linear se altere. Se julgar interessante, acesse com eles o *site Phet Interactive Simulations* e explore o recurso que permite visualizar o vetor velocidade linear em um movimento circular. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/ladybug-motion-2d/latest/ladybug-motion-2d.html?simulation5ladybug-motion-2d&locale5pt_BR>. Acesso em: 7 ago. 2020.
- Os simuladores digitais disponíveis na internet, como o citado anteriormente, são ferramentas da **cultura juvenil** e contribuem para aproximar o conhecimento científico do cotidiano dos estudantes.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Nosso cotidiano está repleto de movimentos definidos como circulares, principalmente os relacionados a rodas (como carros, trens, bicicletas, esqueites, entre outros). Como esses movimentos são fáceis de serem reconhecidos no dia a dia, peça aos estudantes que façam uma lista de movimentos que considerem circulares e identifiquem quais estão relacionados a movimentos circulares uniformes e quais estão relacionados a movimentos circulares variados.
- Comente com os estudantes que o movimento circular obtido por meio do acoplamento de correias e engrenagens se estabelece pela capacidade de transmissão de movimento entre sistemas. Esses mecanismos fazem parte da base do funcionamento de motores, os quais são essenciais para o dia a dia das pessoas.

  Para finalizar a atividade, promova uma discussão com os estudantes sobre os exemplos citados por eles.
- Atividades como essa contribuem para desenvolver o **pensamento computacional**. Incentive-os a usar fundamentos da computação para encontrar possibilidades de observar movimentos do cotidiano que se enquadram em movimentos classificados como circulares, percebendo suas principais características.

Página 104

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Se julgar conveniente, aplique a estratégia de metodologias ativas *polling* para os estudantes responderem às atividades **3** e **5** da página **104**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento.

  Solicite a eles que votem nas alternativas que considerarem mais adequadas para responder às atividades. Essa votação pode ser feita de forma anônima. Se julgar conveniente, promova um momento para os estudantes resolverem as atividades antes de escolherem as alternativas.

  Por fim, oriente-os a discutir suas ideias com os colegas e depois votar novamente na resposta que julgar mais adequada.
- Aproveite as respostas das questões para conferir se é necessário retomar alguns dos temas já trabalhados.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 104

1. A primeira metade é desenvolvida com velocidade de 0,5 m/s, portanto, o tempo gasto foi:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 0{,}5 = \frac{25}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{25}{0{,}5} \therefore \Delta t = 50 \text{ s}$$

Para o tempo restante, isto é, 62,5 s − 50 s = 12,5 s, o nadador desenvolve a velocidade:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{25}{12,5} \therefore v_m = 2 \text{ m/s}$$

2. a) O deslocamento realizado durante 2 min (120 s) de caminhada com velocidade constante de 7,2 km/h (2 m/s) é dado por:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 2 = \frac{\Delta s}{120} \Rightarrow \Delta s = 2 \cdot 120 \therefore \Delta s = 240 \text{ m}$$

Sendo a caminhada repetida 8 vezes, tem-se:

$$\Delta s_{caminhada} = 8 \cdot 240 \therefore \Delta s_{caminhada} = 1\,920 \text{ m}$$

Para os momentos de corrida, a pessoa percorre 1 km, repetindo 8 vezes também. Assim:

$$\Delta s_{corrida} = 8 \cdot 1\,000 \therefore \Delta s_{corrida} = 8\,000 \text{ m}$$

Assim, a distância total é dada por:

$$\Delta s_{total} = \Delta s_{caminhada} + \Delta s_{corrida} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \Delta s_{total} = 1\,920 + 8\,000 = 9\,920 \therefore \Delta s_{total} = 9\,920 \text{ m}$$

b) Sendo $v_0 = 0$ e $v = 10,8$ km/h $= 3$ m/s, utilizando a equação de Torricelli para o movimento uniformemente variado, tem-se:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow 3^2 = 0^2 + 2 \cdot a \cdot 3 \therefore a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

3. Alternativa **b**. Sendo 36 km/h = 10 m/s e utilizando a equação de Torricelli, tem-se:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow 0^2 = 10^2 + 2 \cdot a \cdot 10 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 20 \cdot a = -100 \Rightarrow a = -\frac{100}{20} \therefore a = -5 \text{ m/s}^2$$

4. Utilizando $g = 10$ m/s^2 e definindo $s_0 = 0$ no local do abandono da plataforma de salto, com o referencial vertical com sentido para baixo e velocidade inicial nula, o tempo total para o salto é dado por:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \Rightarrow 10 = 0 + 0 \cdot t + \frac{10 \cdot t^2}{2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 10 = 5 \cdot t^2 \Rightarrow t^2 = \frac{10}{5} \Rightarrow t = \sqrt{2} \therefore t \simeq 1,41 \text{ s}$$

Para a velocidade, utilizando a equação horária da velocidade, tem-se:

$$v = v_0 + g \cdot t \Rightarrow v = 0 + 10 \cdot 1,41 \therefore v \simeq 14,1 \text{ m/s}$$

5. Alternativa **a**. O tempo de queda livre do corpo é calculado pela equação horária da posição do movimento uniformemente variado, em que a aceleração corresponde à aceleração gravitacional e o início do movimento corresponde à origem das marcações. Portanto, tem-se:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t_1 + \frac{g \cdot t_1^2}{2} \Rightarrow 45 = 0 + 0 \cdot t_1 + \frac{10 \cdot t_1^2}{2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow t_1 = \sqrt{9} \therefore t_1 = 3 \text{ s}$$

Com o tempo de subida do som, que se propaga com velocidade constante e descreve um movimento uniforme, tem-se:

$$v_{som} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 360 = \frac{45}{t_2} \Rightarrow t_2 = \frac{45}{360} \therefore t_2 = 0,125 \text{ s}$$

Assim, o tempo total é dado por:

$$t_{total} = t_1 + t_2 \Rightarrow t_{total} = 3 + 0,125 \therefore t_{total} = 3,125 \text{ s}$$

6. Alternativa **b**. O comprimento de uma circunferência é dado por $2 \cdot \pi \cdot R$. Como são duas voltas, a distância total foi $4 \cdot \pi \cdot R$. Assim, como a velocidade é constante, ou seja, o movimento é uniforme, tem-se:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\Delta t} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 5}{12} \therefore v \simeq 5,2 \text{ m/s}$$

7. a) O período do movimento é 0,5 s. Portanto, a frequência é dada por:

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{0,5} \therefore f = 2 \text{ Hz}$$

b) Em uma volta completa, o atleta varre o ângulo de $2 \cdot \pi$ rad. Logo:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow \omega = \frac{2 \cdot \pi}{0,5} \therefore \omega = 4 \cdot \pi \text{ rad/s}$$

c) Considerando que a posição inicial é $\theta_0 = \pi$ rad e $\omega = 4 \cdot \pi$ rad/s, tem-se:

$$\theta = \theta_0 + \omega \cdot t \therefore \theta = \pi + 4 \cdot \pi \cdot t$$

d) Considerando o raio do giro do martelo como a soma do comprimento do cabo e o braço do atleta, tem-se:

$$v = \omega \cdot R \Rightarrow v = 4 \cdot \pi \cdot (1,2 + 0,75) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v = 4 \cdot \pi \cdot 1,95 \therefore v = 7,8 \cdot \pi \text{ m/s}$$

CAPÍTULO 5
Energia e impulso

Objetivos

- Compreender o conceito de trabalho e determinar o trabalho realizado por uma força.
- Conhecer e identificar os tipos de energia presentes em certos fenômenos.
- Compreender as características e calcular a energia cinética, potencial elástica e potencial gravitacional para um corpo.
- Identificar as transformações de energia em um sistema e compreender a conservação da energia mecânica.
- Compreender os conceitos de potência instantânea e potência média, analisando algumas aplicações e efetuando o cálculo do rendimento.
- Compreender os conceitos de impulso e quantidade de movimento.
- Compreender as leis de conservação da energia e do momento linear.
- Classificar as colisões em elástica, parcialmente elástica e inelástica, e calcular o seu coeficiente de restituição.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Física**.

Páginas 105 e 106

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** e da **competência geral 2**, pois permite 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 energia

MODERNA

e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas. Assim como permite elaborar hipóteses e resolver problemas a partir da abordagem própria das Ciências, com base nos conhecimentos de diferentes áreas.

- Inicie a aula exibindo o vídeo da competição de *bobsled* nas Olimpíadas de inverno de 2018. Durante a exibição, peça aos estudantes que fiquem atentos à maneira como os atletas empurram o trenó e como se posicionam após entrar nele para realizar a descida. Peça também que observem, no vídeo, as velocidades do trenó registradas nos diversos pontos da pista. Vídeo do *Olympic Channel*. Disponível em: <https://www.olympicchannel.com/pt/video/detail/4o-heat-bobsleigh-four-man-replays-de-pyeongchang-2018/>. Acesso em: 8 ago. 2020. Essa estratégia contribui para desenvolver a **competência geral 5**, incentivando os estudantes a utiliza tecnologias digitais de forma crítica.
- Caso os estudantes não percebam a importância das forças aplicadas na direção horizontal para empurrar o trenó, faça a seguinte pergunta a eles: se forças oblíquas em relação à pista fossem aplicadas sobre o trenó, que efeitos elas teriam? Os estudantes devem perceber que forças oblíquas têm componentes verticais, que atuariam pressionando o trenó contra a pista ou elevando-o, desse modo, parte da força não atuaria na aceleração do trenó.
- Mostre a expressão matemática que possibilita calcular o trabalho realizado por uma força ($\tau = F \cdot \Delta s \cdot \cos \theta$). Explique que, quando a força tem a mesma direção e o mesmo sentido do deslocamento, temos $\cos 0^\circ = 1$ e, portanto, o trabalho fica ($\tau = F \cdot \Delta s$). Em seguida, discuta os casos em que o ângulo entre a força e o deslocamento mede 90° e 180°.
- Retome a situação do trenó e mostre aos estudantes que, como o $\cos 60^\circ = 0{,}5$, se os atletas aplicassem sobre o trenó uma força que faz esse ângulo com a horizontal, para causar nele a mesma aceleração na direção da pista, a força precisaria ter o dobro da intensidade daquela aplicada na horizontal.
- Pergunte aos estudantes se o trenó aceleraria em uma pista plana depois que os atletas parassem de empurrá-lo. Em seguida, questione se ele aceleraria na pista em declive. Pela observação da velocidade que foi mostrada no vídeo, eles concluirão que sim, o trenó acelera na pista em declive. Peça a eles que expliquem o que causa a aceleração do trenó durante a descida. Conduza a discussão para que eles percebam que a ação da gravidade acelera o trenó. O senso comum pode fazer com que alguns estudantes pensem que, pelo fato de a pista ser feita de gelo, e o gelo ser escorregadio, o trenó aceleraria no gelo. Explique que, no gelo, a velocidade do trenó diminui de forma mais lenta em um percurso plano porque a força de atrito é menor, mas ele não ganha velocidade, a não ser que seja aplicada uma força na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento.
- Peça aos estudantes que observem a ilustração do levantamento do haltere. Explique que, ao levantar ou descer o haltere, o atleta faz uma força na direção vertical e com sentido para cima. Mas a força peso do haltere é na vertical com sentido para baixo. Portanto, o trabalho do atleta é contrário ao trabalho da força peso.

Enfatize que as acelerações no início e no final dos movimentos de subida e de descida, para retirar o haltere do repouso e para levá-lo novamente ao repouso, foram desprezadas. Dessa maneira, a intensidade da força aplicada pelo atleta é a mesma da força peso do haltere.

Comente ainda que, caso haja uma diferença entre essas forças, o movimento será acelerado no sentido da força resultante.

Páginas 107 a 109

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois permite 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 energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas.

- Use a imagem do atleta do salto com vara, destacando os instantes em que se pode caracterizar cada tipo de energia. Antes de iniciar a corrida, explique aos estudantes que a energia química armazenada no corpo dele será utilizada como fonte de energia para todas as transformações de energia posteriores durante a atividade.
- Ao explicar o conceito de energia cinética, dê outros exemplos de corpos que tenham energia cinética, mostrando que ela sempre está relacionada ao movimento (velocidade).
- No instante em que o atleta inicia a subida, a vara enverga, acumulando energia potencial elástica. Explique aos estudantes que parte da energia da corrida é convertida em potencial elástica na vara, ficando armazenada. Essa energia armazenada impulsionará o atleta verticalmente para cima na parte final do salto. Dê outros exemplos de energia potencial elástica, que estabeleçam relação com elásticos e molas.

  Complemente que parte da energia cinética da corrida que antecede o salto com vara é convertida em energia potencial gravitacional à medida que a altura em relação ao solo aumenta.
- Quando o atleta atinge o ponto mais alto, explique aos estudantes que, por um instante, o movimento na direção vertical cessa e a componente vertical da velocidade do atleta é nula. Nesse ponto, a energia cinética e a energia potencial elástica se converteram em energia potencial gravitacional. Explique que essa energia está relacionada à altura em que o corpo se encontra em relação a um referencial, geralmente utilizamos a superfície da Terra como referencial, no qual a energia potencial gravitacional é zero.
- Explique aos estudantes que essas conversões de energia citadas consideram um sistema ideal, e que na prática nem toda a energia da corrida consegue ser utilizada para envergar a vara e impulsionar o atleta para cima. Durante esse trajeto, existem perdas de energia na forma de vibração, calor e som.
- Apresente a expressão matemática para o cálculo da energia cinética $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$. Mostre que essa energia está associada ao movimento de um corpo. Portanto, se a velocidade do corpo for nula, a sua energia cinética também será. Analise a influência da massa e da velocidade do corpo sobre o valor da energia.

MODERNA

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com o conteúdo do boxe **Trocando ideias** da página **108** possibilita o desenvolvimento das **competências gerais 2** e **4**, pois exercita a curiosidade, a reflexão e a análise crítica para resolver problemas, além de estimular o uso de diferentes tipos de linguagens para se expressar e compartilhar informações em diferentes contextos. A habilidade **EM13CNT101** também é contemplada por causa da análise de transformações e conservações de energia em situações do cotidiano.
- Além disso, permite o trabalho do tema contemporâneo transversal **Educação para o trânsito** ao avaliar os problemas do desrespeito aos limites de velocidade.

Página 108

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Identificar e analisar a energia cinética em uma situação do cotidiano.
- Conscientizar para o respeito aos limites de velocidade no trânsito.

Orientações

- Enfatize para os estudantes que a energia cinética depende da massa e da velocidade do corpo em movimento. Assim, os danos causados por um carro pequeno em alta velocidade podem ser equivalentes aos gerados por um veículo de maior massa em baixa velocidade, porque, ao combinar a massa e a velocidade dos veículos, as energias cinéticas dos corpos antes da colisão são semelhantes.
- Comente também que a energia cinética é diretamente proporcional à velocidade ao quadrado, portanto, quando um corpo dobra o valor de sua velocidade, a energia cinética fica quatro vezes maior. Portanto, o impacto de um corpo com o dobro da velocidade tem quatro vezes mais energia.
- Explique aos estudantes que, em uma colisão, a energia cinética de um automóvel será convertida em outros tipos de energia, de maneira que uma parte da energia dissipada pode ser transferida para os ocupantes do carro, por isso é importante o uso dos cintos de segurança e a presença de *airbags* nos automóveis.
- Essa atividade proporciona uma oportunidade para desenvolver o **pensamento computacional** dos estudantes. Esse pensamento inclui a decomposição do problema em partes menores e o reconhecimento de padrões, que podem facilitar a construção do infográfico, mostrando o comportamento da energia cinética à medida que a velocidade aumenta.

Resposta

- Os estudantes podem comentar que, à medida que a velocidade aumenta, os danos também aumentam no caso de uma colisão. Isso porque a energia cinética dos corpos envolvidos na colisão é proporcional ao quadrado da velocidade. Eles podem montar um infográfico, mostrando como a energia cinética se comporta à medida que a velocidade dobra, triplica, quadruplica e assim por diante.

- Apresente a expressão matemática para o cálculo da energia potencial elástica $\left(E_{pe} = \frac{K \cdot x^2}{2}\right)$. Usando a ilustração, mostre que o corpo preso à mola precisa de energia externa para ser puxado para baixo, e que essa energia fica armazenada na mola. Por essa razão, ao ser solto, ele volta para a posição inicial.
- Explique que a constante elástica é uma característica que depende exclusivamente do material e da conformação da mola, do elástico ou de outro dispositivo que consiga armazenar energia potencial elástica.
- Chame a atenção dos estudantes para as unidades de medida ao realizar os cálculos. Geralmente, os problemas apresentam a deformação em centímetros, que devem ser convertidos em metros para obter a energia potencial elástica em joules.
- Apresente a expressão matemática para o cálculo da energia potencial gravitacional $\left(E_{pg} = m \cdot g \cdot h\right)$. Explique que, para calcular essa energia, é necessário definir um referencial em que a altura seja zero.
- Analise como a energia potencial gravitacional pode variar com a massa e com a altura. Como a energia é diretamente proporcional a essas duas grandezas, mostre, por exemplo, que, dobrando a altura de queda de um corpo, a energia potencial gravitacional dele também dobrará.
- Explique o conceito de sistema conservativo. Utilizando a imagem do esqueitista, explique como existe a transformação de energia cinética em energia potencial gravitacional e depois, novamente, em energia cinética. Mostre que, considerando o sistema conservativo, a energia mecânica do esqueitista permanece constante.
- Comente com os estudantes que em situações reais não existem sistemas conservativos, pois sempre ocorre dissipação de energia. No caso do esqueitista, a principal forma de dissipar energia é pelo atrito com a pista ou entre os componentes do esqueite. Para reduzir a dissipação de energia nas peças do esqueite, utilizam-se lubrificantes.
- Apresente a expressão que relaciona o trabalho com a variação da energia cinética $\left(\tau = \Delta E_c\right)$. Mostre que esse trabalho pode ser tanto o trabalho da força peso ou de uma força elástica em um sistema conservativo como o atrito em um sistema em que ocorre dissipação.
- Use, em sala de aula, o simulador indicado na página **109**, para que os estudantes vejam como ocorrem as transformações de energia no movimento de um esqueitista. Esse tipo de abordagem possibilita que eles entrem em contato com o conhecimento científico por meio de ferramentas que fazem parte das **culturas juvenis**.

Página 110

- Discuta com os estudantes os exemplos dados sobre o tempo que leva para percorrer uma distância de 100 m ou subir uma escada. Nessas situações, é importante que eles percebam a diferença de tempo para a realização das atividades, isto é, para a utilização da energia, de modo que, quanto menor o tempo, maior será o cansaço físico.
- Em seguida, apresente a definição de potência, relacionando-a com a taxa de energia consumida pelos atletas na corrida.

EM ABERTA

- Comente que a potência desenvolvida pelos atletas varia durante o percurso, pois a velocidade deles também muda.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Se achar conveniente, para que os estudantes entendam a potência total, a útil e a dissipada, resolva com eles a atividade a seguir.

  Um guindaste tem um motor que desenvolve uma potência de 7 500 W e ergue verticalmente, a partir do solo e com velocidade constante, uma carga de 600 kg até uma altura de 20 m. Sabendo que o intervalo de tempo gasto para isso foi de 2 minutos:

  a) determine a potência útil e a dissipada pelo guindaste.

Resposta

Como a carga foi elevada com velocidade constante, o trabalho realizado pela máquina tem valor igual ao trabalho da força peso, portanto:

$\tau = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \tau = 600 \cdot 10 \cdot 20 \therefore \tau = 120\,000$ J

Como 2 min = 120 s, a potência útil vale:

$$P_u = \frac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow P_u = \frac{120\,000}{120} \therefore P_u = 1\,000 \text{ W}$$

Dessa maneira, a potência dissipada pode ser encontrada por:

$P_t = P_u + P_d \Rightarrow 7\,500 = 1\,000 + P_d \therefore P_d = 6\,500$ W

b) Qual é o rendimento do guindaste?

Resposta

O rendimento do guindaste é dado por:

$$\eta = \frac{P_u}{P_t} \Rightarrow \eta = \frac{1\,000}{7\,500} \therefore \eta = 0{,}13 \text{ ou } 13\%$$

- Explique o conceito de rendimento, comentando que nenhum equipamento real consegue converter toda a potência fornecida em trabalho.

Páginas 111 a 114

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois permite 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 energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas.
- A **competência geral 2** também pode ser desenvolvida, pois permite realizar previsões sobre situações cotidianas, elaborar hipóteses e resolver problemas a partir da abordagem própria das Ciências, com base nos conhecimentos de diferentes áreas.

- Ao abordar a quantidade de movimento, enfatize o caráter vetorial dessa grandeza, pois ele é importante para a análise de colisões entre corpos, uma vez que a orientação dos movimentos antes e depois da colisão pode influenciar essa análise.
- Em alguns casos, a grandeza quantidade de movimento é chamada momento linear, mas optamos por utilizar quantidade de movimento para não confundi-lo com o momento de uma força.
- Reproduza, na lousa, o exemplo dado para o cálculo da quantidade de movimento de uma bola de futebol.
- Explique o conceito de impulso, retomando a ideia da força e do tempo de aplicação dela para que um corpo adquira movimento. Mostre que o teorema do impulso é uma consequência da variação da quantidade de movimento.
- O impulso sofrido por um corpo é um conceito presente no cotidiano dos estudantes pela ideia de "amortecer" um impacto. Leve-os a concluir que a diferença entre colidir com um corpo rígido ou macio consiste no tempo em que esses corpos permanecem interagindo.

  Esse é o princípio de funcionamento dos *airbags*. Esse dispositivo aumenta o tempo de interação com o passageiro, de modo que a variação na quantidade de movimento resulta em intensidade de força menor atuando sobre ele.
- Além desses exemplos, o colchão utilizado no salto com vara, as luvas de boxe e outros equipamentos de proteção almofadados são utilizados para aumentar o tempo de interação e diminuir a intensidade da força trocada.
- Embora os conceitos de quantidade de movimento e de energia tenham sido propostos historicamente como concorrentes, o estudo da quantidade de movimento não é um substituto do estudo da energia do corpo. Dessa forma, é válido destacar que a conservação dessas duas grandezas constitui, em conjunto, os dois principais pilares do estudo da Mecânica.
- Utilizando as imagens do livro, discuta com os estudantes como as colisões entre as bolas de bilhar podem modificar as suas direções. Utilize exemplos demonstrando também a conservação da quantidade de movimento realizado vetorialmente.
- Explique a lei da conservação do momento linear, citando algumas das suas aplicações práticas, como é utilizado o cálculo da velocidade de recuo de uma arma ao disparar um projétil, prever o movimento de foguetes espaciais, no estudo de partículas subatômicas e em choques entre corpos celestes, entre outros.
- Comente com os estudantes que a conservação da quantidade de movimento é válida para todos os tipos de colisão, seja quando os corpos permanecem unidos após o impacto (colisão inelástica), seja quando se separam após colidirem (colisão elástica). Nas colisões inelásticas, a energia não é conservada.
- Aproveite a oportunidade e comente que a elasticidade de um corpo consiste na capacidade de retomar a forma inicial após ser deformado. É justamente essa tendência que faz com que os corpos se lancem um para longe do outro após colidirem elasticamente.
- Diga que, no cotidiano, raramente as colisões são elásticas ou perfeitamente inelásticas. Em sua maioria, são parcialmente elásticas.
- Discuta com a sala sobre a resistência das carrocerias de automóveis em acidentes. Explique como o processo de deformação faz com que a força aplicada seja atenuada em uma colisão, protegendo os ocupantes do veículo. Esclareça que, como os intervalos de tempo em uma colisão são bastante pequenos, o tempo necessário para deformação pode diminuir pela metade, ou até mais, a força recebida na colisão.

MODERNA

Página 116

- Se julgar adequado, proponha aos estudantes uma roda de conversa sobre o tipo de esporte abordado na atividade **8** e aproveite para aproximar o conteúdo do cotidiano deles. Diversos esportes fazem parte das **culturas juvenis**, como o *parkour* e o esqueite, e podem representar relações de identidade para diversos jovens, seja no lazer, no esporte ou na educação.

Respostas e orientações para as Atividades *Páginas 115 e 116*

2. Para determinar aumento, verificamos a razão entre a energia cinética final e a inicial:

$$\frac{E_c}{E_{c_0}} = \frac{\frac{m \cdot v^2}{2}}{\frac{m \cdot v_0^2}{2}} \Rightarrow \frac{E_c}{E_{c_0}} = \frac{v^2}{v_0^2} \Rightarrow \frac{E_c}{E_{c_0}} = \frac{30^2}{10^2} \therefore \frac{E_c}{E_{c_0}} = 9$$

Portanto, a energia cinética fica nove vezes maior. No caso de uma colisão, essa quantidade de energia a mais pode ser transferida para os passageiros no interior do carro, podendo causar lesões graves ou até a morte. A menor energia cinética significa maior segurança para os ocupantes do veículo em caso de acidente.

3. Alternativa **b**. O atleta parte do repouso e adquire energia cinética referente à velocidade de 10 m/s. O trabalho realizado para a impulsão será:

$$\tau = \Delta E_c \Rightarrow \tau = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \tau = \frac{m \cdot v^2}{2} - 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{70 \cdot 10^2}{2} \therefore \tau = 3\,500 \text{ J}$$

4. Pela imagem, a deformação causada na mola vale $x = 0{,}1$ m, portanto, a energia potencial elástica é de:

$$E_{pe} = \frac{k \cdot \Delta x^2}{2} \Rightarrow E_{pe} = \frac{800 \cdot (0{,}1)^2}{2} \therefore E_{pe} = 4 \text{ J}$$

5. $\tau_{AB} = -405$ J; $\tau_{BC} = 135$ J; $\tau_{AC} = -270$ J.

Considerando $g = 10$ m/s² e como a força peso atua na vertical, levamos em conta apenas o deslocamento na vertical. Assim, de *A* para *B*, temos:

$$\tau_{AB} = F_P \cdot \Delta s \cdot \cos 180^\circ \Rightarrow \tau_{AB} = m \cdot g \cdot \Delta s \cdot (-1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau_{AB} = -45 \cdot 10 \cdot 0{,}9 \therefore \tau_{AB} = -405 \text{ J}$$

De *B* para *C*:

$$\tau_{BC} = F_P \cdot \Delta s \cdot \cos 0^\circ \Rightarrow \tau_{BC} = m \cdot g \cdot \Delta s \cdot 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau_{BC} = 45 \cdot 10 \cdot 0{,}3 \therefore \tau_{BC} = 135 \text{ J}$$

De *A* para *C*:

$$\tau_{AC} = \tau_{AB} + \tau_{BC} \Rightarrow \tau_{AC} = -405 + 135 \therefore \tau_{AC} = -270 \text{ J}$$

6. Como o intervalo de tempo é de um dia, temos que transformar 24 horas em segundos:

$$\Delta t = 24 \text{ h} \Rightarrow \Delta t = 24 \cdot 60 \cdot 60 \therefore \Delta t = 86\,400 \text{ s}$$

A potência da pessoa é dada por:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{8\,400\,000}{86\,400} \therefore P \simeq 97{,}2 \text{ W}$$

7. **a)** Como entre os instantes 7 s e 10 s o atleta se move com velocidade constante, podemos calcular graficamente o deslocamento realizado nesse intervalo e subtrair do percurso total:

$$\Delta s = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta s = 11 \cdot 3 \therefore \Delta s = 33 \text{ m}$$

Então:

$$d = 100 - \Delta s \Rightarrow d = 100 - 33 \therefore d = 67 \text{ m}$$

b) No instante 1 s, a aceleração era 4 m/s² sobre o atleta de peso 700 N (portanto, massa de 70 kg), então:

$$F = m \cdot a \Rightarrow F = 70 \cdot 4 \therefore F = 280 \text{ N}$$

c) A energia cinética do atleta no instante 10 s, com velocidade de 11 m/s, é:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{70 \cdot 11^2}{2} \therefore E_c = 4\,235 \text{ J}$$

d) A potência leva em conta a variação da energia cinética (de 0 a 4 235 J) em 10 s.

$$P = \frac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{4\,235}{10} \therefore P = 423{,}5 \text{ W}$$

8. **a)** A altura da escada é $100 \cdot 0{,}18 = 18$ m, então o trabalho da força peso será:

$$\tau_{F_P} = -m \cdot g \cdot h \Rightarrow \tau_{F_P} = -50 \cdot 10 \cdot 18 \therefore \tau_{F_P} = -9\,000 \text{ J}$$

b) Caso o competidor caia de 3,2 m de altura, podemos supor que a energia mecânica se conserva, portanto:

$$E_{m_0} = E_m \Rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10 \cdot 3{,}2 = \frac{v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 64 \therefore v = 8 \text{ m/s}$$

c) O impulso é dado pela variação da quantidade de movimento do esportista, que vai da velocidade calculada em **b** até o repouso.

$$I = \Delta Q \Rightarrow I = m \cdot v - 0 \Rightarrow I = 50 \cdot 8 \therefore I = 400 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$I = F \cdot \Delta t \Rightarrow 400 = 800 \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{400}{800} \therefore \Delta t = 0{,}5 \text{ s}$$

Dobrando os joelhos, o esportista deve amortecer a queda por, ao menos, meio segundo, para não ultrapassar o limite de 800 N de força.

9. Alternativa **a**. **I)** Falsa. A conservação do momento linear e da energia cinética são características da colisão elástica.

II) Falsa. O momento linear é conservado em qualquer tipo de colisão, portanto, na colisão inelástica, apenas a energia cinética não é conservada.

III) Verdadeira.

IV) Falsa. Na colisão inelástica a energia cinética não se conserva.

10. Sendo conservativo o sistema esfera/Terra, a energia mecânica se conserva. Na altura de 9,8 m, a energia mecânica é dada pela energia potencial gravitacional, e no solo é dada pela energia cinética.

$$E_{m_0} = E_m \Rightarrow E_{pg_0} = E_c \Rightarrow m \cdot g \cdot h_0 = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v^2 = 2 \cdot g \cdot h_0 \Rightarrow v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 9{,}8 \therefore v = 14 \text{ m/s}$$

No instante exato em que a esfera toca o solo, sua velocidade é de 14 m/s, possuindo, assim, energia cinética e quantidade de movimento.

$$Q = m \cdot v \Rightarrow Q = 1 \cdot 14 \therefore Q = 14 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

11. **a)** Aplicando a conservação da quantidade de movimento, temos:

$$Q_0 = Q \Rightarrow Q_{0_A} + Q_{0_B} = Q_A + Q_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_A \cdot v_{0_A} + m_B \cdot v_{0_B} = m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot 6 + 2 \cdot m \cdot (-4) = m \cdot (-4) + 2 \cdot m \cdot v_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6 - 8 = -4 + 2 \cdot v_B \therefore v_B = 1 \text{ m/s}$$

MODERNA

b) A colisão é inelástica.

O coeficiente de restituição é:

$$e = \frac{v_{af}}{v_{ap}} \Rightarrow e = \frac{v_B - v_A}{v_{0_A} - v_{0_B}} \Rightarrow e = \frac{1 - (-4)}{6 - (-4)} \Rightarrow e = \frac{5}{10}$$

c) O sistema perde 50 J de energia cinética.

$$E_{c_0} = \frac{m_A \cdot v_{A_0}^2}{2} + \frac{m_B \cdot v_{B_0}^2}{2} \Rightarrow E_{c_0} = \frac{2 \cdot 6^2}{2} + \frac{4 \cdot (-4)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{c_0} = 36 + 32 \therefore E_{c_0} = 68 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{m_A \cdot v_A^2}{2} + \frac{m_B \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{2 \cdot (-4)^2}{2} + \frac{4 \cdot 1^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_c = 16 + 2 \therefore E_c = 18 \text{ J}$$

Assim:

$$\Delta E_c = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \Delta E_c = 18 - 68 \therefore \Delta E_c = -50 \text{ J}$$

12. a) Pelo princípio da conservação da quantidade de movimento, temos:

$$Q_0 = Q \Rightarrow m_A \cdot v_{A_0} + m_B \cdot v_{B_0} = m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1{,}6 \cdot 5{,}5 + 2{,}4 \cdot 2{,}5 = 1{,}6 \cdot v_A + 2{,}4 \cdot 4{,}9 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 8{,}8 + 6 = 1{,}6 \cdot v_A + 11{,}76 \Rightarrow 14{,}8 - 11{,}76 = 1{,}6 \cdot v_A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3{,}04 = 1{,}6 \cdot v_A \therefore v_A = 1{,}9 \text{ m/s}$$

b) Calculando o coeficiente de restituição, temos:

$$e = \frac{v_B - v_A}{v_{A_0} - v_{B_0}} \Rightarrow e = \frac{4{,}9 - 1{,}9}{5{,}5 - 2{,}5} \therefore e = 1$$

Como $e = 1$, temos que a colisão é elástica.

13. Alternativa **e**. Como se trata de uma colisão elástica, há conservação do momento linear (quantidade de movimento) e de energia cinética.

14. Alternativa **b**. Em uma colisão perfeitamente inelástica, há conservação do momento linear do conjunto (quantidade de movimento total) porque os corpos formam um sistema isolado. No entanto, haverá redução de energia cinética total devido à colisão entre os corpos, que é parcialmente transformada em energia térmica, energia sonora e trabalho de deformação.

CAPÍTULO 6
Equilíbrio químico e a saúde bucal

Objetivos

- Observar os arcos dentais na evolução humana.
- Relacionar as características da dentição humana à sua composição química.
- Analisar o processo de formação de cáries de acordo com as reações químicas que ocorrem na boca.
- Diferenciar reações químicas reversíveis de reações químicas irreversíveis.
- Conceituar equilíbrio químico a partir da reação química de desmineralização dentária.
- Conhecer a expressão da constante de equilíbrio em termos de concentração dos componentes e de suas pressões parciais.
- Diferenciar equilíbrio homogêneo de equilíbrio heterogêneo.
- Identificar fatores que afetam o equilíbrio químico.
- Reconhecer o princípio de Le Chatelier em um sistema em equilíbrio.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Química**.

Páginas 117 e 118

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT208**, pois permite estudar a evolução biológica da dentição humana, além de analisar reações químicas relacionadas à composição dentária e à ocorrência da cárie.
- O boxe **Trocando ideias** contribui para desenvolver a **competência geral 9**, pois incentiva os estudantes a respeitar as opiniões dos colegas.
- A abordagem da estrutura dos dentes e da formação de cáries contribui para desenvolver a **competência geral 8**, além do tema contemporâneo transversal **Saúde**. Além disso, a análise do processo de formação da cárie incentiva os estudantes a recorrer ao conhecimento científico, contribuindo para desenvolver a **competência geral 1**.

- Ao abordar a evolução da dentição humana (página **117**), explique aos estudantes que isso favoreceu a sobrevivência de nossa espécie, e as diferenças encontradas em relação às dentições de outros primatas permitem uma alimentação onívora. Explique a eles que, se não tivéssemos desenvolvido determinadas técnicas, como o cozimento, somente a anatomia bucal não possibilitaria, por exemplo, que nos alimentássemos da carne de grandes animais. Sobre a dentição humana, leia o texto a seguir para a turma.

> […] Uma "assinatura" na anatomia de nossa espécie, muito útil na pesquisa paleontológica, são nossos molares com cinco saliências ou coroas, enquanto os molares dos macacos têm só quatro. Nossas mandíbulas são relativamente pequenas. Esta tendência na diminuição da robustez coincide no registro fóssil ao uso de fogo, e portanto a substituição de uma característica física decorrente da aquisição de técnicas culturais que acabaram por assumir algumas das funções biológicas básicas, como mastigar materiais duros para torná-los digestíveis.
>
> Se fizermos uma análise restrita das características da mandíbula e dentes, poderíamos concluir que nós, os humanos, tínhamos que sobreviver com uma dieta bastante restringida, pois a nossa anatomia nos limitaria para comidas suaves, como frutas e baga, e uma raiz ocasionalmente, e completadas com os ovos de pássaros e insetos (de fato, esta era a provável dieta das *A. afarensis*) nunca imaginaríamos que os seres humanos são os predadores mais ferozes e prósperos no planeta, e que nós comemos regularmente não só a carne de presas muito maiores bem como grãos duros, raízes e vegetais.
>
> Devemos considerar estes pontos com cautela, pois nossa anatomia em alguns aspectos não prediz nosso estilo de vida atual. Ou ainda que não estamos limitados por nossa anatomia como a maioria das criaturas. Processamos a carne dura através do cozimento, e moemos grãos e outras sementes entre pedras e

processamos isto com calor facilitando a mastigação e digestão, ou seja, superamos as limitações físicas com a utilização de técnicas culturais. Nossa cultura sob esta ótica é uma extensão, um suplemento, até para nossa anatomia. [...]

Evolução Humana e Aspectos Socioculturais. *Unesp*. Disponível em: <http://www2.assis.unesp.br/darwinnobrasil/humanev3.htm>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Página 117

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Analisar as causas da cárie dentária.
- Identificar hábitos que auxiliam na prevenção da cárie dentária.
- Estimular a divulgação de informações de prevenção de cárie dentária.

Orientações

- Essa atividade permite aos estudantes conversar sobre seus conhecimentos prévios sobre a cárie dentária. Questione a turma sobre os hábitos de higiene bucal e peça que digam com que frequência vão ao dentista, quantas vezes por dia escovam os dentes, se usam fio dental e se já tiveram cárie, placa ou tártaro dental.
- Organize a turma em grupos e peça que listem o que deve ser apresentado no *podcast* e de que maneira. Sugira formas diferentes de gravar o conteúdo, como uma entrevista, a criação de um *jingle* ou a paródia de uma música famosa. Trata-se de uma maneira de estimular hábitos corretos, bem como a criatividade, o que possibilita trabalhar as **competências gerais 3**, **5** e **8**.

Resposta

- O objetivo dessa questão é incentivar os estudantes a argumentar com base em informações científicas, a fim de analisar situações e identificar medidas que contribuem para evitar a formação de cáries, além de elaborar um material de divulgação por meio de áudio. Eles podem citar escovar os dentes logo após cada refeição, ao se levantarem e antes de dormirem, passar fio dental após as refeições, evitar alimentos ricos em açúcar e consultar o dentista com frequência.

- Relembre os estudantes que bactérias, principalmente a *Streptococcus mutans*, são capazes de colonizar a boca. Elas realizam fermentação, utilizando a sacarose $\left(C_{12}H_{22}O_{11}\right)$ como nutriente, e nesse processo produzem ácidos, os quais, em contato com o esmalte, causam danos. Essas bactérias são capazes de sintetizar polissacarídeos extracelulares aderentes, com base na sacarose, nos polissacarídios intracelulares e em outros carboidratos fermentáveis.
- Tais bactérias contêm uma enzima conhecida como glicosil-transferase, capaz de quebrar a sacarose, transformando-a em moléculas, de glicose $\left(C_6H_{12}O_6\right)$. Após o rearranjo dessas moléculas, são formados os polissacarídios extracelulares, produtos do metabolismo bacteriano. Eles tendem a se aglutinar, formando a placa dental, que mantém o pH da saliva baixo (caráter ácido) por tempo prolongado. Aproveite para retomar o conceito de pH com os estudantes. Explique a eles que, para que as bactérias sejam capazes de causar cárie dental, é necessário que o pH da saliva esteja abaixo de 5,5.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Aproveite esse momento para abordar os hábitos alimentares dos estudantes. Para isso, utilize a metodologia ativa *polling*. Faça questionamentos a eles e peça a um ou dois estudantes da turma que respondam. Os demais devem levantar as mãos votando na resposta mais verdadeira. Dessa maneira, todos podem opinar e participar. Mais orientações sobre essa estratégia estão na página **XXIII** deste suplemento.
- Veja algumas sugestões de questionamentos.
  - > Você ingere sacarose, presente no açúcar refinado? Em que quantidade?
  - > Você ingere frutos, alimentos ricos em um açúcar chamado frutose? Quantos por dia?
  - > Você ingere pães e massas, que contêm grande quantidade de glicose? Quantas porções diárias?

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade sugerida anteriormente permite também que os estudantes avaliem seus hábitos alimentares e as consequências para a saúde bucal. Trata-se de uma maneira de abordar a **competência geral 8**, pois trabalha o autocuidado.

- Explique aos estudantes que os ácidos causam perda de íons no esmalte dos dentes. Se houver continuidade da perda, outros tecidos podem ser atingidos, aumentando a desmineralização. Diga à turma que a dentina é a região mais mineralizada do dente e, assim, a mais afetada pelos ácidos podendo resultar em necrose tecidual. A cárie também pode alcançar a região da raiz, o que é mais comum em pessoas idosas, fumantes ou que não mantêm boa higiene oral.
- Também explique aos estudantes que a reação da hidroxiapatita $\left(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2\right)$ com o íon H_3O^+ (página **118**), este proveniente dos ácidos formados pelas bactérias presentes na boca, representa a desmineralização do esmalte, em que o mineral sólido é dissolvido pelo ácido.
- Peça aos estudantes que observem a imagem dos dentes que sofreram desmineralização. Explique a eles que isso acontece quando a velocidade da reação direta é maior do que a velocidade da reação inversa, permitindo que essa reação química se mantenha em equilíbrio, o que garante a manutenção da saúde bucal.

Páginas 119 a 123

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessa página contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois permite o estudo do equilíbrio químico.
- A análise dos gráficos das páginas **120** e **121** incentiva os estudantes a obter informações científicas por meio de recursos visuais, contribuindo para desenvolver a **competência geral 4**.

- Antes de abordar o equilíbrio químico (página **119**), leia o artigo *Analogias no ensino do equilíbrio químico*. Disponível

EDITORIA

em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc27/04-ibero-3.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020. Nele são sugeridas possíveis analogias para abordar o ensino de equilíbrio químico. Tais analogias podem auxiliar no ensino de conceitos de difícil abstração. Como são situações cotidianas, os estudantes podem visualizar e reelaborar as ideias. Além disso, traz recomendações sobre a formação de concepções alternativas. É importante observar a formação dessas concepções para reconstruir o processo de aprendizagem.

SALA DOS PROFESSORES

- A abordagem com o equilíbrio químico permite o estudo conjunto com a área de **Linguagens e suas Tecnologias**, especialmente com o componente curricular **Arte**, pois o trabalho com materiais alternativos permite o desenvolvimento da linguagem artística. Para auxiliar na explicação do que é e como ocorre o equilíbrio químico, é importante buscar estratégias diferenciadas e didáticas. Para isso, acesse o artigo *Modelagem e o "fazer ciência"*. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- Nesse artigo é sugerido o uso de materiais alternativos a fim de construir e reconstruir modelos na reação química. Com esse trabalho os estudantes, reunidos em grupos, são levados a elaborar ideias com base em modelos que eles mesmos devem montar.
- Providencie os materiais, como massa de modelar, palitos, bola de isopor, lápis de cor e tintas guache. Divida a turma em grupos e deixe-os livres para escolher que materiais serão utilizados e como farão seus modelos. Caso não consigam completar a atividade corretamente, oriente-os a reorganizar as ideias e reelaborar seus modelos. É importante incentivar o trabalho em grupo e a troca de ideias entre os estudantes.

- Auxilie os estudantes na interpretação dos gráficos das páginas **120** e **121**. Explique-lhes que há uma curva representando os reagentes e outra, os produtos. Explique também que a constante de equilíbrio para uma reação varia apenas com a temperatura e independe das quantidades iniciais de reagentes e produtos. Auxilie a turma com a leitura e a interpretação dos gráficos. Para isso, mostre que a concentração está em mol/L e varia com o tempo em minutos. Comente que a curva dos reagentes diminui enquanto a dos produtos se eleva, conforme os reagentes são transformados em produtos, até atingir o equilíbrio.
- Diga aos estudantes que, para várias reações químicas conhecidas, há valores de constante de equilíbrio em diferentes temperaturas. Diga-lhes que, quando realizamos o cálculo com os valores das concentrações, em mol/L, de reagentes e produtos presentes no equilíbrio químico, o resultado desse cálculo é igual ao valor da constante de equilíbrio. Se isso não ocorrer, pode-se afirmar que a reação ainda não atingiu o equilíbrio.
- Auxilie os estudantes na compreensão da reação de formação da amônia. Para isso, mostre-lhes que a reação química se inicia apenas com a presença dos reagentes. Pergunte a eles se é possível identificar o instante em que a reação química entra em equilíbrio e denote esse instante à turma.
- Relembre a notação científica, pois os estudantes precisam calcular potências de base dez, o que é fundamental para o entendimento desse conceito.
- Para o cálculo da constante de equilíbrio, é importante orientar os estudantes a montar um quadro com as informações sobre as concentrações em quantidade de matéria das reações químicas (página **122**). Esse quadro ajuda a visualizar o que ocorre durante uma reação química até que ela atinja o equilíbrio químico.
- Mostre à turma que, para calcular a constante de equilíbrio, não são consideradas as substâncias na fase sólida e solventes. Explique que as concentrações ou as pressões de vapor dos sólidos e solventes não são omitidas do cálculo dessa constante – por serem valores praticamente constantes, elas estão englobadas no valor de K_c ou K_p.
- Explique aos estudantes que a reação química de calcinação (página **123**) tem relação com a extração e o uso de calcário. Explique que o calcário é extraído de rochas sedimentares e é base para a produção de cal virgem, utilizada na agricultura e na construção civil.

Páginas 125 a 127

- Retome a reação de desmineralização dentária e explique aos estudantes que uma reação química, após atingir o equilíbrio (nesse caso dinâmico porque as reações químicas continuam ocorrendo), só é retirada do equilíbrio por uma perturbação externa. Diga-lhes que há formas de diminuir a desmineralização dentária, alterando esse equilíbrio.
- Diga aos estudantes que o princípio de Le Chatelier (página **125**) aplica-se à alteração do equilíbrio químico, pois as alterações na concentração dos reagentes ou dos produtos alteram o equilíbrio, favorecendo a reação direta ou a reação inversa. Para isso, é necessário que os estudantes identifiquem os reagentes e produtos.
- Durante a discussão sobre o princípio de Le Chatelier, explique para os estudantes que eles podem se deparar com outra expressão para indicar o efeito de uma ação externa. Em alguns casos, em vez de se dizer que o equilíbrio é favorecido no sentido dos reagentes ou produtos, pode-se dizer que o equilíbrio é deslocado para a esquerda ou para a direita, respectivamente. Esse termo normalmente é utilizado, pois, em uma equação química, os reagentes se encontram à esquerda da seta de equilíbrio, e os produtos, à direita.
- Ao trabalhar a figura dos sistemas contendo gases (página **126**), solicite aos estudantes que, inicialmente, a interpretem. Comente que, ao entrar novamente em equilíbrio após uma perturbação, o valor da constante de equilíbrio da reação não se altera e enfatize que a variação de pressão altera o equilíbrio químico apenas de sistemas gasosos. Lembre os estudantes que o aumento da pressão favorece o sentido da reação onde há a menor quantidade de matéria de substâncias gasosas, resultando na redução do volume.
- Explique à turma que a introdução de um gás que não participa da reação não causa alteração no equilíbrio químico.
- Ao trabalhar a reação de síntese da amônia (página **127**) solicite que os estudantes interpretem a reação e o valor do ΔH, prevendo o comportamento do equilíbrio sob alteração de temperatura. Associe o aumento da temperatura ao sentido endotérmico e sua diminuição ao sentido exotérmico da reação química. Explique aos estudantes que o ΔH dado com a reação refere-se sempre à reação direta.

EDIÇÃO PARCIAL

- Por conta dos efeitos cinéticos, o aquecimento aumenta a rapidez tanto da reação direta como da reação inversa. Contudo, somando-se a isso o efeito da alteração do equilíbrio, a reação endotérmica é afetada de forma mais significativa. Portanto, explique aos estudantes que a variação da temperatura provoca alteração no valor da constante de equilíbrio.
- Também explique à turma que os catalisadores (página **127**) reduzem o tempo necessário para chegar ao equilíbrio, mas não provocam qualquer deslocamento. Peça aos estudantes que observem o gráfico que está no livro para mostrar a diminuição na energia de ativação provocada pelo uso do catalisador.

Página 128

INVESTIGUE

Objetivos

- Investigar a reversibilidade de algumas reações químicas.
- Analisar o equilíbrio químico das reações.
- Identificar o momento que a reação atinge o equilíbrio.
- Identificar os fatores que alteram o equilíbrio químico das reações.

Orientações

- Explique aos estudantes que a fabricação de lentes fotocromáticas é uma aplicação do conhecimento científico no desenvolvimento de objetos tecnológicos, mostrando a relação que existe entre Ciência, tecnologia e sociedade. O entendimento sobre as reações químicas envolvidas no funcionamento das lentes fotocromáticas contribui para a formação dos estudantes em uma perspectiva de alfabetização científica, e o conhecimento construído é útil para que eles possam fazer uma leitura crítica do mundo e compreender o que acontece à sua volta.
- Peça aos estudantes que evidenciem a relação entre as lentes fotocromáticas e o equilíbrio químico. Verifique se eles percebem que o funcionamento das lentes tem como base a alteração de equilíbrio das reações que ocorrem em seu interior. Mostre as reações envolvidas e solicite aos estudantes que interpretem a reação de equilíbrio e constatem que a alteração dele depende da exposição à luz.
- Explique aos estudantes que na estrutura das lentes fotossensíveis há cristais de cloreto de prata $(AgCl)$ e íons cobre(I) (Cu^+). Esses cristais são responsáveis pelas reações de equilíbrio químico que ocorrem nas lentes, alterando sua coloração.

  Apresente aos estudantes o seguinte equilíbrio químico.

$$\underbrace{Ag^+ + Cl^-}_{\text{lente clara}} \rightleftharpoons \underbrace{Ag + Cl}_{\text{lente escura}}$$

  A incidência da luz na lente favorece a reação da formação da prata metálica (Ag), deixando a lente escura. Quanto maior a intensidade da luminosidade, maior a produção de prata metálica e mais escura fica a lente.

  Concomitantemente, os íons cobre(I) reagem com o cloro (Cl), regenerando os íons cloreto (Cl^-).

$$Cu^+ + Cl \rightleftharpoons Cu^{2+} + Cl^-$$

  Quando a lente é retirada da exposição à luminosidade, ela volta à tonalidade clara, pois os íons cobre(II) (Cu^{2+}) reagem com a prata metálica, produzindo íons prata (Ag^+).

$$Cu^{2+} + Ag \rightleftharpoons Cu^+ + Ag^+$$

- Os íons prata formados tendem a se unir aos íons cloro formando novamente os cristais de cloreto de prata, o que reestabelece o primeiro equilíbrio apresentado. Dessa maneira, as lentes escurecem na presença da luz ultravioleta e permanecem claras quando essa luz está ausente ou com baixa intensidade.

Respostas das questões de contextualização

a) Espera-se que os estudantes respondam que o funcionamento das lentes fotocromáticas tem como base reações reversíveis, envolvendo cristais de cloreto de prata $(AgCl)$ e íons cobre(I) (Cu^+). Esses cristais são os responsáveis pelas reações de equilíbrio químico que ocorrem no interior das lentes, alterando sua coloração. Quando elas ficam expostas à luz ultravioleta, ocorre deslocamento do equilíbrio no sentido da formação da prata metálica (Ag), deixando-as escuras. Já quando a lente não está exposta à luz ultravioleta, os íons cobre(II) (Cu^{2+}) reagem com a prata metálica, produzindo íons prata (Ag^+).

b) A presença e a ausência de luz ultravioleta.

c) Os estudantes podem citar: variação da concentração dos reagentes e produtos do sistema; variação da pressão do sistema; variação da temperatura do sistema; e influência do catalisador.

d) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes comentem que as lentes com proteção ultravioleta agem como uma barreira protetora, reduzindo a intensidade da radiação UV que penetra no tecido ocular, protegendo a retina e evitando possíveis danos aos olhos.

- Nessa investigação será possível analisar uma reação química reversível e alguns dos fatores que alteram seu equilíbrio.
- Essa atividade incentiva os estudantes a utilizar fundamentos do **pensamento computacional**, a fim de organizar as etapas para compreender e encontrar a solução para o problema.
- Peça aos estudantes que anotem todas as etapas realizadas durante a investigação, como a escolha dos materiais, o preparo das soluções, os métodos, a observação e coletas de dados, a limpeza dos objetos utilizados e o descarte correto dos resíduos.
- Durante a execução da atividade, oriente-os a solicitar a ajuda de um responsável nas etapas que envolvam objetos cortantes ou nocivos.
- Incentive-os a anotar todas as observações e dúvidas que surgirem no decorrer da realização da atividade, para que possam ser pesquisadas e respondidas posteriormente.
- Veja a seguir uma sugestão de reação química em que é possível observar sua reversibilidade e a alteração do equilíbrio químico.

Materiais

- água
- hidrogenocarbonato de sódio $(NaHCO_3)$, conhecido como bicarbonato de sódio
- solução de indicador ácido-base (fenolftaleína)
- 2 copos transparentes
- pedaço de mangueira fina, com cerca de 15 cm de comprimento
- colher de café

MODERNA

Procedimentos

a) Despeje água nos copos até a metade de suas capacidades.

b) Acrescente uma colher de hidrogenocarbonato de sódio em cada copo e mexa até sua completa dissolução.

c) Adicione 5 gotas do indicador ácido-base às soluções e observe a coloração das soluções indicando caráter básico.

d) Reserve um dos copos com a solução preparada, que será a solução controle.

e) No outro copo, coloque uma extremidade do pedaço de mangueira na solução e assopre-a pela outra extremidade, até que ocorra a mudança na coloração.

f) Compare a solução assoprada com a solução controle.

g) Adicione mais hidrogenocarbonato de sódio na solução assoprada e observe o que acontece.

h) Refaça o experimento aplicando variáveis que alteram o equilíbrio químico, como temperatura e concentração dos reagentes.

i) Para verificar a influência da temperatura, monte amostras com água aquecida, fria e em temperatura ambiente.

j) Para verificar a influência da concentração dos reagentes, monte amostras variando a quantidade de hidrogenocarbonato de sódio e a intensidade com que o canudo é assoprado.

> **!** Ao assoprar a solução, cuidado para não aspirá-la erroneamente. Caso isso ocorra, cuspa-a de imediato e enxágue a boca com água corrente. Caso ocorra a ingestão, procure ajuda médica.

- Explique aos estudantes que inicialmente a solução de hidrogenocarbonato de sódio é básica devido à formação de íons OH^-. Ao assoprar o canudo, o dióxido de carbono (CO_2) é adicionado à solução, favorecendo a formação de ácido carbônico (H_2CO_3). O aumento da concentração de H_2CO_3 faz o equilíbrio da reação se alterar, favorecendo a formação dos reagentes, consumindo os íons OH^- e alterando o pH e a coloração da solução.
- Durante a execução da proposta de investigação, continue atuando como mediador, incentivando os estudantes a encontrar soluções para eventuais problemas e dúvidas.
- Auxilie a turma nos materiais de pesquisa que podem ser utilizados como referenciais teóricos.
- Oriente os estudantes a escrever um roteiro de experimento que apresente as informações de maneira clara e objetiva, contendo observações e resultados obtidos no decorrer da investigação.

Respostas para as questões

1. As reações de equilíbrio envolvidas no experimento são:

- equilíbrio de hidrólise do hidrogenocarbonato de sódio

$$NaHCO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

- equilíbrio de dióxido de carbono e ácido carbônico

$$CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

2. O equilíbrio químico de uma reação pode ser evidenciado quando a taxa da reação direta é idêntica à da reação inversa.

3. Concentração, temperatura, pressão e presença de catalisador. Possivelmente os estudantes vão testar a variação da temperatura e da concentração da reação.

Destino dos resíduos

- Todos os materiais utilizados devem ser limpos e guardados para serem reaproveitados em outras atividades práticas. Já as soluções podem ser descartadas diretamente na pia.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 117

3. O objetivo dessa questão é resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes. Cárie é um dano no esmalte do dente causado por ácidos produzidos por algumas bactérias, geralmente encontradas na boca.

4. O objetivo dessa questão é aproximar o conteúdo do cotidiano dos estudantes, levando-os a perceber que esse conteúdo pode ajudá-los a compreender um problema que pode ter ocorrido com eles ou com pessoas próximas a eles. Os estudantes podem comentar que o tratamento da cárie geralmente é realizado por um dentista, que limpa e esteriliza o dano no dente causado pela cárie e preenche o espaço com um material, geralmente resina ou amálgama.

Página 124

1. Alternativa **d**. O tempo de equilíbrio vai acontecer quando as concentrações dos reagentes e dos produtos se tornarem constantes, ou seja, a partir de t_3.

2. Alternativa **b**.

I) Incorreta. B e C (curvas descendentes) são reagentes e A (curva ascendente) é o produto da reação estudada.

II) Correta.

III) Correta.

IV) Incorreta. A constante de equilíbrio (K_c) dessa reação, no sentido da formação de A, nas condições do experimento, é maior do que 1.

$$B + 2\,C \rightleftharpoons A$$

$$K_c = \frac{[A]}{[B] \cdot [C]^2} \Rightarrow K_c = \frac{0{,}4}{0{,}6 \cdot (0{,}2)^2} \therefore K_c \simeq 16{,}67$$

3. Alternativa **e**.

$$K_c = \frac{\overbrace{[SO_3]^2}^{\text{produto}}}{\underbrace{[SO_2]^2 \cdot [O_2]^1}_{\text{reagentes}}}$$

O valor do expoente é proveniente do coeficiente estequiométrico da equação química, portanto:

$$2\,SO_2(g) + 1\,O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g)$$

4. Alternativa **b**.

Dados: $n_{A_2(g)} = 1$ mol; $n_{B_2(g)} = 2$ mol; $V = 10$ L.

COMODERNA

$$\left[A_2(g)\right] = \frac{n_{A_2(g)}}{V} = \frac{1\ mol}{10\ L} = 0{,}1 \therefore \left[A_2(g)\right] = 0{,}1\ mol \cdot L^{-1}$$

$$\left[B_2(g)\right] = \frac{n_{B_2(g)}}{V} = \frac{2\ mol}{10\ L} = 0{,}2 \therefore \left[B_2(g)\right] = 0{,}2\ mol \cdot L^{-1}$$

$A_2(g)$	+	$B_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2\,AB(g)$	
0,1		0,2		0	início $(mol \cdot L^{-1})$
$-x$		$-x$		$+2x$	durante $(mol \cdot L^{-1})$
$(0{,}1 - x)$		$(0{,}2 - x)$		$2x$	equilíbrio $(mol \cdot L^{-1})$

$2x = 0{,}1 \Rightarrow x = 0{,}05$

$A_2(g)$	+	$B_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2\,AB(g)$	
0,1		0,2		0	início $(mol \cdot L^{-1})$
−0,05		−0,05		+0,1	durante $(mol \cdot L^{-1})$
0,05		0,15		0,1	equilíbrio $(mol \cdot L^{-1})$

$$K_c = \frac{[AB]^2}{[A_2] \cdot [B_2]} \Rightarrow K_c = \frac{(0{,}1)^2}{(0{,}05) \cdot (0{,}15)} \therefore K_c \simeq 1{,}33$$

5. a) $2\,NH_3(g) \rightleftharpoons 3\,H_2(g) + N_2(g)$

b) 50 minutos

c) $K_p = \dfrac{(p_{H_2})^3 \cdot (p_{N_2})}{(p_{NH_3})^2}$ **d)** $K_c = \dfrac{[H_2]^3 \cdot [N_2]}{[NH_3]^2}$

e) $K_c = \dfrac{[H_2]^3 \cdot [N_2]}{[NH_3]^2} \Rightarrow K_c = \dfrac{(1{,}8)^3 \cdot (0{,}6)}{(0{,}4)^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow K_c = \dfrac{5{,}832 \cdot 0{,}6}{0{,}16} \therefore K_c = 21{,}87$

CAPÍTULO 7
Equilíbrio iônico e pH

Objetivos

- Analisar a relação entre a acidez bucal e a desmineralização dentária.
- Conceituar ácido e base segundo as definições de Arrhenius e de Brønsted-Lowry.
- Representar as equações químicas de ionização dos ácidos e dissociação iônica das bases.
- Compreender a reação de autoionização da água e identificar as espécies que participam desse equilíbrio químico.
- Conceituar constante de equilíbrio iônico (K_i) e relacionar seu valor com a temperatura.
- Determinar o pH e o pOH com base nos valores das concentrações de H_3O^+ e OH^-.
- Identificar os valores de pH e de pOH de materiais presentes no cotidiano.
- Escrever as constantes de acidez e basicidade, K_a e K_b, respectivamente.
- Relacionar e interpretar os valores das constantes K_a e K_b com a força dos ácidos e das bases.
- Conceituar grau de ionização e relacioná-lo à força dos ácidos e das bases.
- Compreender a relação da constante de equilíbrio, grau de ionização e concentração estabelecida pela lei da diluição de Ostwald.
- Entender como ocorre o efeito tampão de uma solução em equilíbrio químico.
- Analisar o efeito tampão que controla o pH do sangue.

Esse capítulo pode ser trabalhado pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Química**.

Páginas 130 e 131

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessa página contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT104**, pois permite avaliar os benefícios e os riscos à saúde, considerando a composição 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.
- A relação da acidez da boca com a desmineralização dos dentes contribui para desenvolver a **competência geral 8**, pois incentiva os estudantes a avaliar sua alimentação a fim de evitar cáries.
- A análise do gráfico da página **130** contribui para desenvolver a **competência geral 4**, incentivando os estudantes a obter informações científicas com base em linguagens verbo-visuais.
- A discussão sugerida na questão **1** da página **130** contribui para desenvolver a **competência geral 9**, pois incentiva os estudantes a respeitar a opinião dos colegas.

- Retome o conteúdo do capítulo anterior falando da relação entre a ingestão de doces e frutas cítricas e a desmineralização dentária.
- Peça aos estudantes que discutam em duplas a questão **1** da página **130**. Em seguida, peça que compartilhem suas opiniões com o restante do grupo.
- Explique que a desmineralização e a formação de cáries são problemas que podem ser minimizados fazendo corretamente a higiene bucal.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Use a metodologia *think-pair-share* para trabalhar a questão **2** da página **130**. Após a discussão em duplas, peça que compartilhem as ideias com todos os grupos. Mais orientações sobre essa estratégia estão na página **XXII** deste suplemento.

- Retome a reação da desmineralização dentária, lembrando que o íon H_3O^+, responsável pelo ataque à hidroxiapatita $\left(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2\right)$, é proveniente dos ácidos formados na boca.
- Apresente a definição de Arrhenius para os ácidos e as bases, explicando que essa é uma das definições a respeito desses

MODELO

conceitos. Comente que essa definição é válida somente para os componentes dissolvidos em água (H_2O), mas ela é suficiente para embasar e explicar vários conceitos da Química. Explique que as outras definições sobre ácidos e bases são mais abrangentes, porém são mais complexas.

- Se julgar conveniente, peça aos estudantes que acessem o artigo disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/historia.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020. Nele, os estudantes obtêm mais informações sobre a definição de Arrhenius e outras definições relacionadas a ácidos e bases. Durante a leitura, verifique se os estudantes identificam elementos que caracterizam artigos científicos, como o tipo de linguagem, informações adicionais, referências bibliográficas, entre outros.
- A análise do texto sugerido anteriormente contribui para desenvolver a **competência geral 1**, pois permite aos estudantes perceber que o conhecimento científico é uma construção humana, passível de diferentes interpretações e modificações ao longo do tempo.
- Ainda na página **130**, equacione na lousa as reações de ionização do ácido clorídrico (HCl), formando os cátions H^+ ou H_3O^+. Explique que o H^+ é uma forma simplificada de representar H_3O^+ e que ambas devem ser conhecidas, pois podem ser usadas em textos sobre o assunto.
- Equacione também a reação de dissociação iônica do hidróxido de sódio (NaOH). Aproveite para retomar com os estudantes a diferença entre a ionização e a dissociação iônica.
- Na página **131**, apresente a definição de Brønsted-Lowry para ácidos e bases. Explique que nessa definição uma substância é classificada em ácido ou base de acordo com a forma como ela participa de uma reação química. Na definição de Brønsted-Lowry não é possível classificar uma substância isoladamente como ácido ou base.
- Escreva na lousa as reações dadas como exemplo, mostrando detalhadamente a perda ou a incorporação do H^+ para cada espécie química. Comente que, de acordo com Brønsted-Lowry, a definição de ácido e base expande para além de soluções aquosas.
- Mostre como são formados os pares conjugados ácido-base. Mencione que os produtos formados sempre são mais fracos do que os reagentes.
- Explique o que são espécies anfipróticas, mostrando os exemplos da água e do hidrogenocarbonato de sódio $(NaHCO_3)$.

Páginas 132 a 134

- Discuta com a turma a questão **4** da página **132**. Explique que, embora o sabor seja um indicativo do caráter ácido ou básico de uma substância, nunca devemos fazer esse teste com substâncias desconhecidas a fim de evitar intoxicação ou danos em tecidos do corpo. Leia em conjunto com os estudantes a informação do boxe sugerido da página.
- Escreva na lousa a reação de autoionização da água. Mencione que, como foi visto, os íons H^+ são associados ao caráter ácido e os íons OH^- são associados ao caráter básico.
- Retome a equação química de autoionização da água e escreva a expressão da sua constante de equilíbrio. Peça aos estudantes que observem na página **132** a ilustração que representa essa reação e apresente os valores das concentrações dos íons H^+ e OH^- na água pura a 25 °C.
- Ressalte quão pequenas são as concentrações dos íons, reproduzindo na lousa os cálculos do início da página **133**. Calcule o valor do K_w e mostre como ele varia com a temperatura. Explique para os estudantes que todas as situações do livro envolvem o K_w a 25 °C.
- Ao trabalhar as equações da constante de equilíbrio da água, ressalte para os estudantes que as constantes de equilíbrio são valores adimensionais, ou seja, não possuem unidades.
- Explique para os estudantes que como o K_w é constante a uma dada temperatura, para qualquer concentração conhecida de íons H^+ é possível calcular a concentração de íons OH^-, e vice-versa.

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem da página **134** contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois permite analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, para prever seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável e o uso consciente dos recursos naturais.
- A questão **5** da página **134** contribui para trabalhar as **competências gerais 1** e **9**, pois possibilita aos estudantes relacionar o conhecimento científico às situações do cotidiano e trocar ideias com os colegas sobre essa relação.

- Converse com os estudantes sobre a questão **5** da página **134**. Peça a eles que observem a imagem do estojo medidor de pH e comente a importância da manutenção do pH correto na água da piscina. Cite as substâncias que podem ser usadas para corrigir o pH e aproveite para diferenciar a aplicação do cloro (Cl), cuja função é desinfetar a água.
- Explique quais foram os objetivos do químico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen (1868-1939) ao criar a escala de pH e defina os potenciais hidrogeniônico e hidroxiliônico.
- Usando as concentrações dos íons H^+ e OH^-, deduza os valores de pH e pOH para a água pura e mostre por que, a 25 °C, a soma dos valores de pH e pOH vale 14.
- Usando alguns exemplos dados na escala de pH representada no livro, use as fórmulas deduzidas para apresentar como elas devem ser utilizadas para obter os valores de concentração com base no pH e pOH, e vice-versa. Se considerar necessário, faça uma breve revisão sobre logaritmos de base 10 e suas propriedades. Mas lembre-se de que o foco não é executar muitos cálculos ou cálculos complexos, e sim garantir que os estudantes saibam avaliar

MODERNA

os valores dados e relacioná-los com as propriedades dos materiais e soluções.

Página 135

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessa página contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois permite 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.

- Se a escola dispuser de um peagômetro, faça uma atividade prática para que os estudantes testem algumas soluções. Podem ser soluções de produtos do dia a dia, como vinagre, suco de limão, detergente diluído, entre outros. Essa atividade contribui para desenvolver as **competências gerais 1** e **2**, incentivando os estudantes a recorrer aos conhecimentos científicos para analisar situações do cotidiano.
- Explique o que são indicadores ácido-base e apresente a imagem que mostra a escala de cores do papel indicador universal.
- Explique como funciona o papel de tornassol, dizendo que esse indicador consiste apenas em um teste qualitativo, ao contrário do papel indicador universal.
- Ao apresentar os demais indicadores, explique como funciona a faixa ou intervalo de viragem de um indicador. Diga que, de acordo com a faixa de viragem de cada um, eles serão adequados em testes específicos.
- Retome o problema da desmineralização dentária, já abordado nesse capítulo, e pergunte aos estudantes por que a hidroxiapatita não está representada na expressão da constante de equilíbrio, a fim de verificar se eles compreendem que se trata de um composto sólido.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Peça aos estudantes que elaborem um texto de um parágrafo explicando por que, entre os indicadores citados no capítulo, apenas o papel indicador universal é indicado para testar a água das piscinas.

  Verifique se eles compreendem que a água da piscina tem uma faixa de tolerância bastante restrita no seu pH. Portanto, não basta definir sua acidez ou basicidade.

Página 136

- A atividade **4** da página **136** contribui para desenvolver a **competência geral 8** e está relacionada ao tema contemporâneo transversal **Saúde**, pois possibilita aos estudantes analisar aspectos relacionados à manutenção da própria saúde.

Páginas 137 e 138

- Use as ilustrações da página **137** para apresentar os aspectos microscópicos dos fenômenos de ionização e de dissociação iônica.
- Explique para os estudantes que, para soluções aquosas de ácidos e bases, as equações químicas de dissociação e de ionização são reversíveis.
- Apresente as reações genéricas mostradas no livro e dê mais alguns exemplos com fórmulas reais de ácidos e bases.
- Escreva as expressões para as constantes de equilíbrio para esses exemplos. Explique que as constantes K_a e K_b também variam com a temperatura.
- Em conjunto com os estudantes, interprete o que representam valores altos ou baixos para essas constantes por meio da análise das expressões matemáticas.
- Na página **138**, explique o conceito de grau de ionização. Em seguida, mostre a relação entre o grau de ionização e a força de ácidos e bases.
- Apresente e explique a lei da diluição de Ostwald. Mostre que ele também deduziu uma equação que permite calcular a constante de equilíbrio por meio do grau de ionização ou de dissociação.
- Mostre a simplificação que pode ser feita nessa equação para eletrólitos fracos.
- Utilizando o quadro da página **138**, que apresenta o grau de ionização do ácido etanoico $\left(CH_3COOH\right)$ em função da concentração da solução, mostre que a diluição da solução provoca um aumento no grau de ionização.
- Explique a interpretação da lei da diluição de Ostwald baseada na teoria das colisões, dizendo que um ácido diluído tem mais moléculas de solvente próximas a ele, portanto, a interação mais frequente é entre moléculas de ácido com moléculas de solvente. Utilize as ilustrações da página **137** para auxiliar na explicação.

Páginas 139 e 140

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**, pois permite 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.
- Além disso, a abordagem dessas páginas também contribui para desenvolver a **competência geral 8** e está relacionada ao tema contemporâneo transversal **Saúde**, pois incentiva os estudantes a avaliar aspectos relacionados à manutenção da própria saúde.

- Explique para os estudantes que, igualmente aos fatores como a temperatura e a pressão arterial, o pH de alguns sistemas do corpo humano também apresenta uma estreita faixa de valores que indicam seu bom funcionamento.

MODERNA

- Peça aos estudantes que discutam em duplas a questão **1** da página **139**, para depois compartilhar suas opiniões com o restante da sala. Essa estratégia contribui para desenvolver a **competência geral 9** ao incentivar a empatia.
- Solicite aos estudantes que pesquisem reportagens sobre situações em que atletas perceberam alterações no organismo ao realizar suas atividades em locais de altitude elevada. Em seguida, peça que expliquem como a diminuição da quantidade de ar disponível em altas altitudes pode aumentar o pH sanguíneo. Comente em seguida os sintomas e as consequências da alcalose sanguínea.
- Após a leitura da página **139**, peça aos estudantes que definam sistema tampão e expliquem como ele funciona. Use o exemplo do sistema formado por ácido etanoico e acetato de sódio (CH_3COONa) mostrado na página **140** para complementar a explicação dos estudantes. Escreva as equações químicas na lousa e mostre como os deslocamentos de equilíbrio têm seus efeitos atenuados por esse sistema. A página **140** traz o funcionamento do sistema tampão para a adição de um ácido forte e de uma base forte.
- Peça aos estudantes que prestem atenção nos termos utilizados para fazer referência ao processo de formação de íons para o ácido e para o sal, no início da página **140**. Enfatize o porquê da distinção dos termos, explicando que nos sólidos iônicos os íons se separam da estrutura sólida, dispersando-se pela solução, ou seja, eles se dissociam nos íons que os formam. Já, quando um composto molecular é dissolvido em água, separando-se em íons, diz-se que a molécula se ioniza.
- Explique como o efeito tampão mantém estável o pH do sangue. Depois, mostre como funciona o tamponamento pelo sistema composto de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogenocarbonato de sódio.

METODOLOGIAS ATIVAS

- O sistema tampão composto de ácido carbônico e hidrogenocarbonato de sódio também é bastante importante na manutenção do pH da água dos oceanos. Peça aos estudantes que façam uma pesquisa sobre a acidificação dos oceanos, atendendo aos aspectos a seguir.
  - **a)** Fontes de poluição que aumentam a acidez dos oceanos.
  - **b)** O funcionamento do sistema tampão composto de ácido carbônico e hidrogenocarbonato de sódio nos oceanos.
  - **c)** As ameaças à vida marinha pela acidificação dos oceanos.
  - **d)** As consequências da acidificação além da vida marinha.

  Organize os estudantes em grupos e distribua os temas. Para a apresentação, é possível aplicar a metodologia de seminário ou *gallery walk*. Mais orientações sobre essas estratégias nas páginas **XXI** e **XXII**, respectivamente, deste suplemento.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- A acidez ou basicidade de um solo influencia diretamente as características das plantas. Um exemplo no qual podemos observar essa influência são as hortênsias (*Hydrangea macrophylla*), mostradas a seguir.

M.Y.M09/SHUTTERSTOCK

Hortênsia rosa. Quanto mais básico for o solo, mais clara será a inflorescência das hortênsias.

M.Y.M09/SHUTTERSTOCK

Hortênsia azul. Quanto mais ácido for o solo, mais azulada será a inflorescência das hortênsias.

Assim, não podemos afirmar que:

a) a diferença observada nas fotografias são as cores das flores, influenciadas pela acidez ou basicidade do solo.

b) se em um jardim houver hortênsia com flores azuis, pode ser necessário fazer a calagem, tornando o solo mais básico e mais produtivo.

c) a diferença observada nas fotografias refere-se aos tipos diferentes dessas plantas.

d) se em um jardim houver flores mais claras significa que o solo está mais básico, o que pode ser avaliado pelo valor de pH.

Resposta

Alternativa **c**. Trata-se da mesma espécie de planta, cuja coloração da floração é influenciada pelo pH do solo.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 130

1. Essa recomendação é feita porque o alimento ácido pode ser neutralizado ou diluído pelo alimento não ácido.

2. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a perceber que os casos de cáries reduzem ao longo dos anos. Promova uma discussão sobre esses dados e verifique se eles percebem que os casos reduziram por causa da melhoria nas políticas de prevenção, que envolvem mais acesso a tratamento dentário, campanhas de conscientização sobre a alimentação, aplicação de flúor nos dentes e no tratamento da água, entre outros fatores.

3. Resposta pessoal. Com essa questão, os estudantes fazem uma autoavaliação de sua alimentação referente ao consumo de alimentos ácidos e sua relação com o processo de desmineralização dos dentes. Além disso, essa questão incentiva os estudantes a expor seus conhecimentos prévios sobre o conceito de ácidos. Muitos podem responder com base no sabor azedo característico de alimentos ácidos, no entanto, esclareça que essa é uma característica dos ácidos, mas não pode ser aplicada para identificar

MODERNA

esses compostos porque não é seguro provar substâncias desconhecidas. Além disso, existem diferentes definições para os ácidos.

Página 136

1. Alternativa **b**. De acordo com a definição de Arrhenius o ácido fosfórico produz o íon hidrônio, não o gás hidrogênio. E na definição de Brønsted-Lowry, o ácido é aquele que cede o próton para a água.

2. Alternativa **a**.

Solução 1:

$$\left[HNO_3\right] = \left[H^+\right] = 0{,}0001\ mol/L = 10^{-4}\ mol/L$$

$$pH = -\log\left[H^+\right] \Rightarrow pH = -\log(10^{-4}) = 4 \therefore pH = 4$$

Solução 2:

$$\left[HNO_3\right] = \left[H^+\right] = 0{,}1\ mol/L = 10^{-1}\ mol/L$$

$$pH = -\log\left[H^+\right] \Rightarrow pH = -\log(10^{-1}) = 1 \therefore pH = 1$$

O indicador 1, púrpura de m-cresol, apresentará coloração vermelha para solução de HNO_3 0,1 mol/L (pH 1 < 1,2) e coloração amarela para solução 0,0001 mol/L (pH 4 > 2,8).

3. Concentração de íon hidrônio em mol/L:

$$10\ \mu mol/L = 10 \cdot 10^{-6}\ mol/L = 1 \cdot 10^{-5}\ mol/L$$

Aplicando esse valor na fórmula do pH, obtemos:

$$pH = -\log\left[H_3O^+\right] = -\log(10^{-5}) = 5 \therefore pH = 5$$

4. **a)** Espera-se que os estudantes identifiquem que a *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Clostridium botulinum* são microrganismos prejudiciais que podem causar doenças como salmonelose, infecção intestinal e botulismo, respectivamente. Já a *Saccharomyces cerevisiae* é benéfica, podendo ser utilizada na fabricação de pães, bolos e bebidas fermentadas.

b) No gráfico observamos que são as faixas abaixo de pH = 4 e acima de pH = 9. Mas, por se tratar de alimentos, o mais adequado para manter o sabor é abaixo de 4, pois os de caráter mais básicos apresentam uma sensação desagradável, por ser adstringente.

c) Para fabricar vegetais em conservas, pode-se adicionar, por exemplo, soluções ácidas como vinagre (ácido etanoico ou acético diluído).

d) Espera-se que os estudantes respondam que sim, pois, se em uma faixa esses microrganismos não se desenvolvem adequadamente, diminui-se a propagação dos agentes responsáveis pela decomposição dos alimentos.

Página 141

1. Considere que CH_3COOH = HAc e CH_3COO^- = Ac^-.

Antes da adição do sal, o equilíbrio presente na solução de ácido etanoico é:

$$HAc(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons Ac^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

Como o ácido etanoico é um ácido fraco, e a quantidade de matéria de acetato ionizado é a mesma do íon hidrônio, a equação química que demonstra esse equilíbrio é:

$$K_a = \frac{\left[H_3O^+\right] \cdot \left[Ac^-\right]}{\left[HA\right]} = \frac{\left[H_3O^+\right]^2}{\left[HA\right]} \Rightarrow \left[H_3O^+\right] = \sqrt{K_a \cdot \left[HA\right]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[H_3O^+\right] = \sqrt{1{,}8 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}3} = \sqrt{5{,}4 \cdot 10^{-6}} \simeq 2{,}3 \cdot 10^{-3}\ mol/L$$

$$pH = -\log\left[H_3O^+\right] \Rightarrow pH = -\log(2{,}3 \cdot 10^{-3}) \therefore pH \simeq 2{,}64$$

O íon comum é o acetato, e o pH da solução é controlado pelo equilíbrio de dissociação do ácido acético, conforme o quadro.

Aplicando esses dados da tabela na expressão de constante de equilíbrio, temos:

$$K_a = \frac{\left[H_3O^+\right] \cdot \left[Ac^-\right]}{\left[HA\right]} \Rightarrow 1{,}8 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot (0{,}30 + x)}{(0{,}30 - x)}$$

	HAc	⇌	H_3O^+	+	Ac^-
Concentração (inicial)	0,30 mol/L		0		0
Concentração antes da adição do sal	$-x$ mol/L		$+x$ mol/L		$+x$ mol/L
Concentração com a adição do sal	$(0{,}30 - x)$ mol/L		$+x$ mol/L		$(0{,}30 + x)$ mol/L

Nessa atividade, podemos considerar que a causa se refere ao valor muito pequeno da constante de equilíbrio. O valor de *x* em relação aos valores das concentrações iniciais de outros componentes, como o ácido acético e o acetato, também será pequeno. Assim, podemos considerar que a concentração do íon hidrônio seja igual ao valor da constante, conforme a demonstração a seguir.

$$K_a = \frac{\left[H_3O^+\right] \cdot \left[Ac^-\right]}{\left[HA\right]} \Rightarrow \left[H_3O^+\right] = \frac{K_a \cdot \left[HA\right]}{\left[Ac^-\right]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[H_3O^+\right] = 1{,}8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{(0{,}30 + x)}{(0{,}30 - x)} =$$

$$= 1{,}8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{\cancel{0{,}3}}{\cancel{0{,}3}} = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$$

Assim, podemos obter o pH:

$$pH = -\log\left[H_3O^+\right] = -\log(1{,}8 \cdot 10^{-5}) \therefore pH \simeq 4{,}74$$

Então, com a adição do íon comum, o pH da solução subiu de 2,64 para 4,74.

2. $\alpha = \frac{380}{400} \therefore \alpha = 0{,}95$ ou 95%

3. Alternativa **d**. Está incorreta, pois, se forem adicionados íons H^+ ao tampão do sangue, esses íons irão reagir com o hidrogenocarbonato e formar ácido carbônico.

4. Alternativa **e**. A melhor expressão da constante de ionização do ácido (K_a) é a que apresenta os produtos da ionização $(CH_3COO^-$ e $H^+)$ no numerador e o ácido etanoico (CH_3COOH) no denominador.

MODERNA

5. Alternativa **a**. Quanto maior for o valor da constante de equilíbrio ácida, mais forte será o ácido.

a) Correta.

b) Incorreta. A solução de ácido hipocloroso $\left(HClO(aq); K_a = 3{,}2 \cdot 10^{-8}\right)$ apresentará caráter ácido mais acentuado do que a solução aquosa de ácido hipobromoso $\left(HBrO(aq); K_a = 6{,}0 \cdot 10^{-9}\right)$, pois sua constante de equilíbrio ácida é maior.

c) Incorreta. A solução aquosa de ácido carbônico $\left(H_2CO_3(aq); K_a = 4{,}4 \cdot 10^{-7}\right)$ apresentará caráter ácido menos acentuado do que a solução aquosa de ácido nitroso $\left(HNO_2(aq); K_a = 5{,}0 \cdot 10^{-4}\right)$, pois sua constante de ionização ácida é menor.

d) Incorreta. O ácido bromídrico $\left(HBr(aq)\right)$ entre as soluções listadas apresenta maior grau de ionização.

e) Incorreta. Entre as soluções listadas, a solução aquosa de ácido bromídrico $\left(HBr(aq)\right)$ é a que apresentará maior grau de ionização e a que será a melhor condutora de eletricidade.

CAPÍTULO 8
Hidrólise salina e produto de solubilidade

Objetivos

- Analisar o processo de hidrólise salina e relacionar a composição do sal hidrolisado com a acidez ou com a basicidade da solução final.
- Identificar problemas estomacais causados pela ingestão excessiva de alimentos ácidos ou de medicamentos antiácidos.
- Refletir sobre a necessidade de correção de pH do solo para o cultivo de algumas plantas e compreender como é feito esse tipo de correção.
- Compreender como ocorre a formação de cálculos renais.
- Adotar hábitos alimentares saudáveis, incluindo um nível adequado de hidratação, a fim de prevenir a formação de cálculos renais.
- Relacionar o produto de solubilidade de uma substância com a concentração de eletrólitos na água e com a saturação da solução.

Esse capítulo pode ser trabalho pelo professor da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Química**.

Páginas 142 a 144

BNCC EM DESTAQUE

- Essas páginas abordam o conteúdo de hidrólise salina e o teor de acidez de uma solução após a reação de hidrólise, de acordo com a composição do sal inicial. Com base nisso, o estudante será capaz de identificar como se dá a ação de medicamentos antiácidos no estômago. Também poderá entender que há valores ideais de pH para a plantação de determinados cultivos e conseguirá selecionar o melhor método de tratamento de um solo de acordo com o valor de pH desejado. Essa abordagem contribui para desenvolver a **competência geral 2** da educação básica e as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT207**, **EM13CNT301** e **EM13CNT307**.
- A questão **1** da página **142** incentiva os estudantes a analisar hábitos que podem prejudicar a saúde, contribuindo para desenvolver a **competência geral 8**.

- Antes de iniciar a leitura do capítulo, pergunte aos estudantes se alguém já teve sensações de azia. Em caso positivo, peça que relate o que sentiu. Provavelmente, o estudante dirá que sentiu como se seu estômago estivesse queimando, de uma dor aguda e desconfortante.

  Pergunte, então, o que ele fez para aliviar os sintomas da azia. Possivelmente, dirá que procurou um médico, que lhe indicou um comprimido de antiácido. Esse medicamento, depois de ingerido, elimina, aos poucos, a sensação de queimação.

  Caso nenhum estudante diga que sofreu de azia, relate a sua própria experiência pessoal, ou explique, de modo genérico, como é essa sensação.
- Após essa discussão inicial, promova a leitura da página **142**. Nessa página, há a explicação de que a azia é causada pela acidez excessiva do suco gástrico, e que o antiácido, como o nome sugere, reduz esse excesso. Pergunte, então, se os estudantes sabem por que o suco gástrico é ácido. Verifique se eles relacionam a acidez excessiva do estômago à digestão de muitos alimentos, especialmente os gordurosos.
- O ideal é que o valor do pH do suco gástrico fique entre 1,5 e 2. Relembre aos estudantes que isso indica um meio ácido, pois o pH é menor do que 7. O valor 7 representa um meio neutro e, acima de 7, um meio básico.
- Explore, com cuidado, a equação química da reação do antiácido com água. Comente que a composição dos antiácidos varia bastante, mas podemos encontrar hidrogenocarbonato de sódio $\left(NaHCO_3\right)$, também denominado bicarbonato de sódio, carbonato de sódio $\left(Na_2CO_3\right)$, hidróxido de magnésio $\left(MgOH_2\right)$, conhecido como leite de magnésia e hidróxido de alumínio $\left(Al(OH)_3\right)$. Mostre como os íons hidroxila $\left(OH^-\right)$ formados reagem com os íons hidrônio $\left(H_3O^+\right)$, logo, diminuem a acidez estomacal.
- Um ponto que pode confundir os estudantes é quanto à formação de ácido carbônico pela reação do hidrogenocarbonato com água. Afinal, como a acidez diminui se é formado o ácido carbônico $\left(H_2CO_3\right)$? Relembre que a acidez de uma solução é dada pela concentração de íons H^+ $\left(\text{ou } H_3O^+\right)$ em solução, e não de substâncias ácidas, como o ácido carbônico ou o ácido etanoico.
- Comente também que o ácido carbônico se decompõe facilmente em água e em dióxido de carbono $\left(CO_2\right)$, segundo a equação química a seguir:

MODERNA

$$H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons H_2O(l) + CO_2(g)$$

Aproveite essa discussão para conversar com os estudantes sobre hábitos alimentares saudáveis. Nosso organismo funciona em equilíbrio dinâmico com as substâncias presentes, incluindo as que ingerimos. Portanto, se nos alimentarmos mal, podemos causar o desequilíbrio do nosso organismo.

- Ao abordar os diferentes tipos de hidrólise nas páginas **143** e **144**, leve os estudantes a relembrar o conceito de equilíbrio químico em meio aquoso. Ele é fundamental para compreender o assunto. Relembre também como é feito o cálculo do valor de pH e pOH de uma solução, reforçando que, em meio aquoso, podemos ver a representação do cátion do ácido como H^+ ou H_3O^+.

$$pH = -\log[H^+] \text{ ou } pH = -\log[H_3O^+]$$
$$pOH = -\log[OH^-]$$
$$pH + pOH = 14$$

- Logo, quanto maior a concentração de H^+ ou H_3O^+, menor o valor de pH, e quanto maior a concentração de OH^-, maior o valor de pH.
- Como curiosidade, e contribuindo para a compreensão dos estudantes, comente que a palavra "hidrólise" vem do grego *hidro* = água + *lysis* = quebra, separação. Ou seja, a hidrólise é a quebra de uma substância a partir da ação da água, justamente o que é observado nas equações químicas.
- Se julgar conveniente, reproduza, na lousa, o quadro apresentado ao final da página **144**, mas sem os dados, e solicite aos estudantes que o preencham antes de observar a página **144**. Esse quadro apresenta um resumo dos tipos de hidrólise, contribuindo para a revisão dos conteúdos estudados no capítulo.

Página 145

BOXE COMPLEMENTAR

- No trabalho com o conteúdo desse boxe, é esperado que os estudantes percebam que os conceitos de hidrólise podem ser aplicados na agricultura. Essa é uma aplicação bastante importante, uma vez que a agricultura é parte essencial do processo de produção de alimentos, além de ser uma atividade amplamente desenvolvida no território brasileiro.
- Caso a escola fique próxima à zona rural ou seja comum a presença de fazendas no município, pergunte aos estudantes se já viram o processo de tratamento de solo e, caso tenham presenciado isso, que expliquem como ele é feito.
- O artigo *Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto* apresenta um estudo interessante sobre métodos de correção de acidez do solo por meio da calagem. Se julgar conveniente, sugira aos estudantes que leiam esse artigo e promova uma discussão mais aprofundada sobre a correção do solo, com base nas informações do artigo indicado no *link* a seguir. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n4/19.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 145.**

a) Na correção da acidez do solo, como visto no exemplo do uso de carbonato de cálcio, observa-se a hidrólise salina de um sal de ácido fraco e base forte, liberando no solo íons hidroxila. Já na correção da basicidade, como no exemplo do uso de sulfato de alumínio, a hidrólise salina é de um sal de ácido forte e base fraca, liberando no solo íons hidrônio.

b) O NaCl não é efetivo para corrigir o pH do solo, pois é um sal de ácido forte (HCl) e base forte (NaOH), o que faz com que o pH final não se altere.

c) A faixa ótima de pH para o cultivo de pera é entre 6,0 e 7,5. Portanto, o pH atual está menor do que o ideal. Para resolver o problema, o agricultor deve corrigir a acidez do solo adicionando carbonato de cálcio, isto é, calcário.

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade sugerida anteriormente contribui para desenvolver as **competências gerais 7** e **9**, pois incentiva os estudantes a argumentar com base em informações confiáveis e respeitar as opiniões dos colegas, desenvolvendo também a empatia.

Páginas 147 a 149

BNCC EM DESTAQUE

- Essas páginas do capítulo abordam o coeficiente de solubilidade de substâncias, trazendo, como exemplo e reflexão, a formação de pedras renais, uma condição dolorosa e comum agravada pela ingestão de alimentos ricos em sais. Novamente, o estudante é incentivado a refletir sobre hábitos saudáveis de alimentação. Dessa maneira, são trabalhadas as **competências gerais 2** e **8** e as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT207** e **EM13CNT301**.
- Além disso, esse tópico possibilita trabalhar os temas contemporâneos transversais **Educação alimentar e nutricional** e **Saúde**, pois incentiva os estudantes a analisar hábitos alimentares que contribuem para evitar a formação de cálculos renais.
- O trabalho com o conteúdo do boxe **Trocando ideias** contribui para desenvolver as **competências gerais 7** e **9**, pois incentiva os estudantes a argumentar com base em informações científicas confiáveis e a respeitar as opiniões dos colegas, por meio de uma discussão em grupo.

- A página **147** traz informações sobre a formação de pedras nos rins devido à ingestão de alimentos ricos em sais e outras substâncias. Aborde esse tema incentivando os estudantes a realizar uma avaliação de seus hábitos alimentares, reforçando a importância de uma dieta equilibrada e aconselhada por um nutricionista.
- Reforce a importância de ingerir água em quantidades adequadas a fim de evitar a formação de cálculos renais.
- Obtenha mais informações sobre cálculos renais no *site* do *Ministério da Saúde*. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/dicas-em-saude/3199-calculo-renal-pedra-no-rim>. Acesso em: 22 ago. 2020.

EDIÇÃO MODERNA

TROCANDO IDEIAS

Objetivo

- Discutir e refletir sobre a importância de manter hábitos alimentares saudáveis, incluindo manter-se hidratado e substituir alimentos ultraprocessados por outros menos prejudiciais ao organismo.

Orientações

- Os grupos devem ser formados, de preferência, por três estudantes.
- Oriente uma pesquisa em artigos científicos, os quais divulguem informações sobre hábitos e alimentos que favorecem a formação de cálculos renais e os que evitam isso. Além disso, solicite uma pesquisa sobre as bebidas energéticas. Somente após as pesquisas é que eles devem formar os grupos e discutir as questões **a**, **b** e **c**.
- Depois de discutirem cada uma das questões, peça a um grupo que apresente aos colegas as suas respostas e que os outros grupos, com base na apresentação inicial, complementem as respostas com as informações que obtiveram.

Respostas

a) A água no organismo diminui a concentração dos íons que formam os cálculos, como os íons cálcio, fosfato e oxalato. Diminuindo essa concentração, o equilíbrio é alterado, favorecendo a solubilização do sólido.

b) A bebida mais recomendada para evitar a formação de cálculos renais é a água potável, preferencialmente com baixa concentração de íons cálcio e fosfato. Os alimentos recomendados são os naturais, como frutas e hortaliças.

c) Após intensa atividade física, ocorre perda de água e de sais minerais do corpo. Os sais são fundamentais para o funcionamento do organismo, por isso é importante que sejam repostos após atividade física intensa. No entanto, quem não pratica exercícios e ingere bebida isotônica, fica com sais minerais em excesso, o que pode favorecer a formação de cálculos renais e de outros problemas de saúde no organismo. Devemos sempre lembrar que os compostos essenciais ao nosso corpo devem estar em equilíbrio, ou seja, nem em excesso, nem em falta.

- Nas páginas **148** e **149**, os estudantes são apresentados às equações de cálculo de coeficiente de solubilidade. Eles podem encontrar bastante dificuldade nesse assunto, especialmente quando há índices. Por conta disso, resolva, com atenção e cuidado, todos os exemplos dados nas páginas, perguntando aos estudantes se estão acompanhando. Aborde atentamente a atividade resolvida ao final da página **149**.
- Aborde as diferenças entre soluções insaturadas, saturadas e saturadas com corpo de fundo.
- Se possível, leve para a sala de aula um béquer, água e cloreto de sódio. Peça aos estudantes que, com esses materiais, formem uma solução insaturada, uma solução saturada e uma solução saturada com corpo de fundo.

Respostas e orientações para as Atividades

1. Soma: 01 + 08 + 16 = 25

01 – Correta.

02 – Incorreta. Na hidrólise do $NaNO_3$, que é um sal proveniente de um ácido forte e base forte, é um pH da solução que fica próximo de 7.

04 – Incorreta. O $NaNO_3$ é um sal solúvel em água.

08 – Correta.

32 – Incorreta. A hidrólise do brometo de amônio é representada por:

$$NH_4Br(s) + 2\,H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) + H_3O^+(aq) + Br^-(aq)$$

2. Alternativa **c**. A adição da base provoca a neutralização do ácido lático $(C_3H_6O_3)$, diminuindo a acidez do leite.

3. Alternativa **e**. $Al_2(SO_4)_3$ é um sal formado pela reação de base fraca e ácido forte, assim, a solução hidrolisada fica com pH $<$ 7, logo se torna vermelha. O NaCN é um sal formado pela reação de base forte e ácido fraco, assim, a solução hidrolisada fica com pH $>$ 7, logo se torna azul. O KCl é um sal formado pela reação de base forte e ácido forte, assim, a solução hidrolisada fica com pH = 7, logo se torna verde.

4. Alternativa **c**. O pH aumenta, pois a hidrólise do hipoclorito forma íons OH^- na água, que provocam um aumento no pH da solução.

$$ClO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HClO(aq) + OH^-(aq)$$

5. Alternativa **c**.

I. Correta.

II. Incorreta. Quando são adicionadas gotas de ácido clorídrico na solução de acetato de sódio, o equilíbrio da equação de hidrólise é alterado, favorecendo os produtos, devido ao consumo dos íons OH^-.

III. Correta.

1. Alternativa **e**.

$$K_s = [Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \Rightarrow K_s = (x) \cdot (x) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4{,}9 \cdot 10^{-5} = x^2 \therefore x = 7 \cdot 10^{-3}\ mol/L$$

2. Alternativa **d**.

$$K_s = [K^+] \cdot [Br^-] \Rightarrow K_s = (x) \cdot (x) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1{,}7 \cdot 10^{-10} = x^2 \therefore x \simeq 1{,}3 \cdot 10^{-5}\ mol/L$$

3. Alternativa **c**.

$$K_s = [Ca^{2+}] \cdot [OH^-]^2 \Rightarrow K_s = (x) \cdot (2 \cdot x)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_s = 4 \cdot x^3 \Rightarrow K_s = 4 \cdot (1 \cdot 10^{-2})^3 \therefore K_s = 4 \cdot 10^{-6}$$

4. Alternativa **e**.

$$K_s = [Cd^{2+}] \cdot [S^{2-}] \Rightarrow K_s = (x) \cdot (x) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 \cdot 10^{-30} = x^2 \therefore x = 2 \cdot 10^{-15}\ mol/L$$

$$S = 2 \cdot 10^{-15}\ mol/L \cdot 144{,}5\ g/mol \therefore S = 2{,}89 \cdot 10^{-13}\ g/L$$

MODERNA

5. b) $K_s = [Fe^{3+}] \cdot [OH^-]^3$

$1 \cdot 10^{-39} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot [OH^-]^3$

$[OH^-]^3 = 1 \cdot 10^{-36}$

$[OH^-] = \sqrt[3]{1 \cdot 10^{-36}}$

$[OH^-] = 1 \cdot 10^{-12}$

c) $pOH = -\log [OH^-]$

$pOH = -\log 1 \cdot 10^{-12}$

$pOH = 12$

$pH + pOH = 14$

$pH = 14 - 12$

$pH = 2$

6. Alternativa **c**.

$K_s = [Pb^{2+}] \cdot \left[2 \cdot (N_3)^-\right]^2 = x \cdot (2 \cdot x)^2 = 4 \cdot x^3$

$M_{Pb(N_3)_2} = 207 + 14 \cdot 6 = 291$ g/mol

$x = \frac{0{,}23}{M_{Pb(N_3)_2}} \Rightarrow x = \frac{0{,}23}{291} \therefore x = 7{,}9 \cdot 10^{-4}$ mol/L

$K_s = [Pb^{2+}] \cdot [N_3^-]^2 \Rightarrow K_s = (x) \cdot (2 \cdot x)^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow K_s = 4 \cdot x^3 \Rightarrow K_s = 4 \cdot (7{,}9 \cdot 10^{-4})^3 \therefore K_s \simeq 2 \cdot 10^{-9}$

7. a) $K_s = [Pb^{2+}] \cdot [I^-]^2$

$8{,}4 \cdot 10^{-9} = x \cdot (2 \cdot x)^2$

$8{,}4 \cdot 10^{-9} = 4 \cdot x^3$

$x = \sqrt[3]{\frac{8{,}4 \cdot 10^{-9}}{4}}$

$x = \sqrt[3]{2{,}1 \cdot 10^{-9}}$

$x \simeq 1{,}28 \cdot 10^{-3}$

$\therefore x \simeq 1{,}28 \cdot 10^{-3}$ mol/L

b) $K_s = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$

$4 \cdot 10^{-12} = y \cdot (2 \cdot y)^2$

$4 \cdot 10^{-12} = 4 \cdot y^3$

$y = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^{-12}}{4}}$

$y = \sqrt[3]{1 \cdot 10^{-12}}$

$y = 1 \cdot 10^{-4}$

$\therefore y = 1 \cdot 10^{-4}$ mol/L

c) Nas duas misturas aquosas, as proporções entre os íons solubilizados são iguais, sendo assim, o PbI_2 é a substância mais solúvel, pois apresenta maior produto de solubilidade.

d) $[OH^-] = 2 \cdot y \therefore [OH^-] = 2 \cdot 10^{-4}$ mol/L

$pOH = -\log [OH^-]$

$pOH = -\log 2 \cdot 10^{-4}$

$pOH \simeq 3{,}7$

$pH + pOH = 14$

$pH = 14 - 3{,}7$

$pH = 10{,}3$

8. Alternativa **b**.

$M_{BaSO_4} = 233$ g/mol

$x = \frac{9{,}2 \cdot 10^{-3}}{M_{BaSO_4}} \Rightarrow x = \frac{9{,}2 \cdot 10^{-3}}{233} \therefore x \simeq 3{,}95 \cdot 10^{-5}$ mol/L

$K_s = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \Rightarrow K_s = (x) \cdot (x) \Rightarrow$

$\Rightarrow K_s = (3{,}95 \cdot 10^{-5})^2 \therefore K_s \simeq 1{,}6 \cdot 10^{-9}$

9. Alternativa **a**.

$M_{NaCl} = 58{,}5$ g/mol

$n_{NaCl} = \frac{36\text{ g}}{58{,}5\text{ g/mol}} \therefore n_{NaCl} \simeq 0{,}61$ mol

$M_{H_2O} = 18$ g/mol

$n_{H_2O} = \frac{100\text{ g}}{18\text{ g/mol}} \therefore n_{H_2O} \simeq 5{,}56$ mol

$S_{NaCl} = \frac{n_{NaCl}}{n_{NaCl} + n_{H_2O}} \Rightarrow$

$\Rightarrow S_{NaCl} = \frac{0{,}61\text{ mol}}{(0{,}61 + 5{,}56)\text{ mol}} \Rightarrow S_{NaCl} = \frac{0{,}61}{6{,}17} \therefore S_{NaCl} \simeq 0{,}1$

10. Soma: 01 + 04 + 16 = 21

01 – Correta.

02 – Incorreta. Por ser uma base fraca, o ânion sulfato (SO_4^{2-}) não neutraliza completamente o HCl do suco gástrico.

04 – Correta.

08 – Incorreta. Quanto menor o valor da constante do produto de solubilidade (K_s), menor é a solubilidade do sal.

16 – Correta.

32 – Incorreta. A formação de CO_2 e H_2O a partir do H_2CO_3 ocorre pela sua própria decomposição, e não pela sua hidrólise.

11. Alternativa **e**.

$CaSO_4(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

$K_s = [Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \Rightarrow K_s = (x) \cdot (x) \Rightarrow$

$\Rightarrow 9 \cdot 10^{-6} = x^2 \therefore x = 3 \cdot 10^{-3}$ mol/L

Página 151

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

1. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a sistematizar os conhecimentos sobre a nutrição do corpo humano de modo compreensível e simplificado, deixando claro que os sistemas de nosso corpo não atuam isoladamente, mas em conjunto. Aproveite para avaliar os conhecimentos deles e retomar parte do conteúdo, caso necessário.

2. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a aplicar os conhecimentos adquiridos a respeito da movimentação do corpo humano em exemplos do dia a dia, como os movimentos de braços e pernas, ao mesmo tempo que exercitam a autonomia de pesquisa, caso isso seja necessário. Espera-se que eles elaborem respostas que exprimam o caráter integrado dos diferentes sistemas na realização dos movimentos, em que o sistema nervoso assume o papel de coordenação e controle.

3. Espera-se que os estudantes definam o conceito de torque como a tendência de um corpo extenso em girar em torno de um ponto fixo quando está sujeito à ação de uma força. O torque é diretamente proporcional à intensidade da força e ao comprimento do braço de alavanca, bem como sua direção, enquanto as forças perpendiculares ao braço de alavanca geram um maior torque. Esse conceito deve ser relacionado ao movimento que o corpo executa quando sentamos ou levantamos de uma cadeira, por exemplo, ou ao movimento de levar o talher à boca durante uma refeição.

4. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes relacionem os movimentos que ocorrem com velocidade constante ao movimento uniforme; os movimentos decorrentes da variação no módulo da velocidade ao movimento variado; e os movimentos que ocorrem em curvas ao movimento circular.
5. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes relacionem as grandezas físicas descritas por meio de situações observadas no cotidiano, como no movimento de um automóvel, que é sujeito às forças que realizam trabalho mecânico, causando a variação de sua energia mecânica e provocando um impulso, isto é, variando sua quantidade de movimento. Em determinado intervalo de tempo, tem-se a potência do motor do automóvel e seu rendimento em relação à utilização do combustível para gerar movimento.
6. Espera-se que os estudantes respondam que as reações químicas reversíveis tendem ao equilíbrio, que é atingido quando a taxa de reação dos produtos formados a partir dos reagentes é igual à taxa de reação dos reagentes formados a partir dos produtos.
7. Espera-se que os estudantes respondam que, segundo a definição de Arrhenius, os ácidos são substâncias que, em água, têm capacidade de liberar o cátion hidrogênio (H^+) e formar o cátion hidrônio (H_3O^+); já as bases são substâncias que, em água, são capazes de liberar ânion hidroxila (OH^-). Já na definição de Brønsted-Lowry, os ácidos são espécies químicas (molécula ou íon) capazes de ceder prótons (H^+) em uma reação, enquanto as bases são espécies químicas (molécula ou íon) que podem receber prótons (H^+) em uma reação.
8. Espera-se que os estudantes expliquem que hidrólise é uma reação química na qual a água possibilita a quebra ou dissociação de uma substância, levando à formação de ácidos, bases e/ou íons.

Páginas 152 e 153

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com essa seção possibilita abordar os temas contemporâneos transversais **Educação em direitos humanos** e **Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso**, pois incentiva os estudantes a analisar criticamente o respeito ao direito dos idosos e a desenvolver o respeito ao processo de envelhecimento, reconhecendo-se como parte da sociedade e que, portanto, deve respeitar essa população e denunciar abusos.
- Essa seção também favorece o incentivo a trabalhos voluntários, os quais envolvem atitudes solidárias que visam ao bem-estar coletivo e à inclusão de pessoas idosas. Além disso, incentiva o exercício da empatia, contribuindo com o desenvolvimento das **competências gerais 9** e **10**, além de incentivar os estudantes a obter informações de tecnologias digitais, de forma crítica, desenvolvendo a **competência geral 5**.
- A abordagem dessa seção também favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Saúde** e o desenvolvimento da **competência geral 8**, pois apresenta aos estudantes doenças neurodegenerativas associadas ao envelhecimento e pode incentivá-los a refletir sobre a importância de conhecer-se, apreciar-se e cuidar da própria saúde física e emocional, e dos outros.

Páginas 152 e 153

SER CONSCIENTE

Objetivos

- Analisar o processo de envelhecimento humano.
- Reconhecer doenças associadas ao sistema nervoso.
- Valorizar e respeitar os idosos.

Orientações

- Explique aos estudantes que o processo de envelhecimento, associado a diferentes fatores, pode predispor os indivíduos ao desenvolvimento de doenças neurodegenerativas. Sobre isso, leia o trecho do texto a seguir.

> [...]
>
> O DNA nuclear (DNAn) dos neurônios é continuamente danificado por oxidação e metilação e reparado por enzimas reparadoras; no entanto, durante o envelhecimento cerebral, mutações comprometem os genes codificadores das enzimas de reparo, reduzindo a eficiência desse sistema. O resultado disso é o acúmulo de mutações no DNAn dos neurônios ao longo do tempo.
>
> Neurônios com DNAn e DNA mitocondrial (DNAm) danificados acumulam-se principalmente no neocórtex e hipocampo de roedores e humanos envelhecidos. Esses danos no DNAn, bem como em proteínas e lipídeos, são ocasionados pelas Espécies Reativas do Oxigênio (ERO) geradas na respiração mitocondrial e têm papel crítico no envelhecimento e patogênese de DNs, tais como as doenças de Parkinson, Alzheimer e Esclerose lateral amiotrófica.
>
> [...]
>
> TAVARES, P. A. N.; NEGRÃO, I. P. R.; LIMA, R. R. Predisposição às doenças neurodegenerativas durante o envelhecimento. *Revista Paraense de Medicina*, v. 265, n. 4, out./dez. 2011. p. 2. Disponível em: <http://files.bvs.br/upload/S/0101-5907/2011/v25n4/a3064.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2020.

- Ao abordar a reportagem sobre a doença de Alzheimer, questione os estudantes se eles conhecem ou convivem com alguém que esteja nessa condição. Em caso afirmativo, peça que expliquem que mudanças percebem na fala e no comportamento dessa pessoa. É uma oportunidade para que os estudantes compartilhem suas vivências.
- Comente que a memória é a capacidade que os seres humanos têm de aprender e recordar informações. A memória é armazenada na região do córtex cerebral, que pode ser afetada por algumas doenças.
- Cientistas de diferentes locais do mundo têm desenvolvido estudos para tentar compreender as bases moleculares

MODERNA

do Alzheimer. Alguns desses estudos sugerem que a proteína beta-amiloide (Aβ), proveniente de uma proteína transmembrana das células nervosas, acumula-se nessas células, levando à formação de placas. Essas placas podem prejudicar a comunicação entre as células nervosas e levar à formação de canais iônicos na membrana dos neurônios, lesionando tais células. A alteração da permeabilidade a íons, como o Ca^{2+}, prejudica o gradiente iônico e, consequentemente, o potencial de ação, afetando a comunicação celular e podendo levar à morte dessas células.

O papel da proteína beta-amiloide tem sido bastante estudado na doença de Alzheimer. Esse peptídeo é composto por 40 a 42 aminoácidos e se deriva da digestão de uma proteína transmembranosa precursora de amiloide (PPA). Duas enzimas, γ-secretase e β-secretase clivam a PPA em diferentes lugares, originando peptídeos beta-amiloide de diferentes tamanhos. Acredita-se que a deposição dessa proteína no cérebro seja o primórdio da doença de Alzheimer. Estudos indicam que mutações em genes do cromossomo 21 podem estar associadas a alterações na produção de proteína beta-amiloide. E, consequentemente, favorecem o desenvolvimento da doença.

- Explique aos estudantes que há, em estudo, várias hipóteses sobre a origem da doença de Alzheimer e muitas pesquisas sobre essa doença estão para ser concluídas. Para mais informações sobre as demais hipóteses, acesse o artigo da revista *Química nova*. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v39n1/0100-4042-qn-39-01-0063.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020. Essa perspectiva possibilita trabalhar com os estudantes o dinamismo da Ciência. Vários estudos têm buscado a origem da doença para estabelecer como ela se desenvolve e em que etapa poderiam ser feitas intervenções para preveni-la. Por isso, é fundamental incentivar as pesquisas científicas. Aproveite para desenvolver a **competência geral 2**, quanto à importância de levantar e testar hipóteses.
- Acesse com os estudantes o *Estatuto do Idoso*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.741.htm>. Acesso em: 11 ago. 2020. Leia esse documento com eles e peça que conversem sobre essas leis, se elas estão sendo corretamente aplicadas. Questione-os, por exemplo, se a prioridade dos idosos é observada no local em que vivem, como no transporte público, nos bancos, nos supermercados e nas vagas de estacionamento. Questione-os também se os serviços de saúde respeitam os direitos dessas pessoas, assegurando o atendimento prioritário delas, e se as forças de segurança intervêm quando algum idoso é vítima de abuso ou violência.
- Explique aos estudantes que, no interior de cada hemisfério cerebral, existem três núcleos, ou seja, massas de substância cinzenta situadas no interior da substância branca do telencéfalo. Coletivamente, eles são chamados núcleos de base e ajudam a iniciar e finalizar movimentos e a regular o tônus muscular, por exemplo.
- A doença de Parkinson tem como características principais a acinesia e a bradicinesia. A acinesia refere-se à dificuldade de iniciar um movimento e mantê-lo na posição desejada. Na bradicinesia há redução da velocidade e da amplitude de movimento. Entre os sintomas da doença de Parkinson podemos citar o tremor de repouso, a hipertonia, a perda de reflexos relacionados à postura e o distúrbio dos movimentos oculares, além do andar arrastado.
- O neurotransmissor dopamina auxilia na realização dos movimentos voluntários. A gravidade do Parkinson é proporcional à deficiência desse neurotransmissor. A dopamina apresenta efeito excitatório na via direta e inibitório na via indireta. A perda dos neurônios dopaminérgicos causa alterações e, por essa razão, um dos tratamentos dessa doença é feita com reposição da dopamina.
- Se julgar interessante, realize um trabalho conjunto com a área de **Linguagens e suas Tecnologias**, especialmente com o componente curricular **Educação Física**. Para isso, organize uma visita a um local com idosos, como casas de repouso. Oriente os estudantes a realizar um levantamento desses locais no município ou na região próxima à escola. Em seguida, peça que façam uma votação para estabelecer o lugar escolhido.
- Organize com o professor do componente curricular **Educação Física** as atividades a serem ofertadas, como dança, música ou caminhada. Entre em contato com o local previamente e averigue os horários permitidos e providencie autorizações para que os responsáveis assinem, além de transporte para todos. Incentive a participação dos estudantes, mostrando a importância da valorização e do respeito aos idosos.
- Após a visita, peça que descrevam o que viram e suas sensações a respeito do tratamento recebido pelos idosos e suas condições de saúde. Questione-os se consideram que o Estatuto do idoso tem sido respeitado. Averigue se eles perceberam a necessidade de doações ao local visitado, como roupas, calçados, alimentos, suplementos alimentares ou fraldas geriátricas. Em caso positivo, convide-os a organizar uma arrecadação desses produtos. Encarregue-se de levar, com alguns representantes da turma, os produtos arrecadados para o local visitado.

Respostas

A) Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é incentivar a participação dos estudantes, levando-os a compartilhar suas vivências, ao mesmo tempo que os conduz a refletir sobre a importância da participação familiar nessas situações.

B) Espera-se que os estudantes reflitam sobre a importância de respeitar os idosos e cuidar deles, valorizando suas vivências. Os estudantes podem citar que a garantia desses direitos pode ser feita por meio de denúncias, no caso de presenciar situações de descumprimento do Estatuto do idoso, de incentivo de ações que visem garantir os direitos dos mais velhos entre os familiares, de divulgação de informações a respeito dos idosos e da importância da participação da família e da comunidade nesse cuidado.

C) O objetivo dessa questão é que os estudantes conheçam mais a respeito das doenças de Alzheimer e de Parkinson, divulguem informações sobre elas e reflitam sobre as dificuldades diárias de quem tem essas doenças, dos familiares e dos cuidadores dessas pessoas. Espera-se que os estudantes percebam que, apesar de toda dificuldade, os idosos devem ser cuidados e incentivados a fazer o que ainda são capazes de realizar, para que se sintam bem física e emocionalmente, agindo com independência. A produção de um *podcast*, sugerida nessa atividade, incentiva os jovens a divulgar suas ideias e seus conhecimentos por meio de ferramentas que fazem parte da **cultura juvenil**.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES COMENTADAS

ABRAMOVAY, M.; SILVA, A. P.; FIGUEIREDO, E. *Guia para diretores e professores*: reflexões e práticas sobre violência e convivência escolar: faça você mesmo. Rio de Janeiro: Flacso Brasil/BID, 2018. Disponível em: <http://flacso.org.br/?publication=guia-para-diretores-e-professores>. Acesso em: 19 maio 2020.

Guia com orientações aos educadores sobre os principais temas da contemporaneidade, relacionados à violência e à convivência escolar, abordados de maneira reflexiva e prática.

ARAÚJO, L. C.; VIEIRA, K. F. L.; COUTINHO, M. P. L. Ideação suicida na adolescência: um enfoque psicossociológico no contexto do ensino médio. *Psico-USF*, Itatiba, v. 15, n. 1, p. 47-57, jan./abr. 2010.

Um estudo sobre as representações sociais da ideação suicida e a presença desse fenômeno em adolescentes que estão cursando o Ensino Médio.

BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (Org.). *Ensino híbrido*: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

Este livro reúne artigos elaborados por professores, apresentando conceitos, reflexões, experiências e possibilidades de implementação do ensino híbrido nas escolas.

BAEYER, H. C. von. *A física e o nosso mundo*: como entender fenômenos e mistérios através da natureza. Trad. Luiz Euclydes Trindade Frazão Filho. Rio de janeiro: Campus, 2004.

O objetivo deste livro é aproximar a Física das origens das ciências humanas por meio de explicações sobre fenômenos comuns da natureza.

BARCA, I. Aula oficina: do projeto à avaliação. In: JORNADA DE EDUCAÇÃO HISTÓRICA, 4., 2004, Braga. *Atas*... Braga: CIED: Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Minho, 2004. p.131-144.

Trabalho objetivo e estruturado que descreve as etapas de uma aula-oficina.

BERGMANN, J.; SAMS, A. *Sala de aula invertida*: uma metodologia ativa de aprendizagem. Trad. Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

Neste livro, os criadores do conceito de sala de aula invertida explicam como utilizar a estratégia adequadamente e associá-la a tecnologias digitais.

BERKELEY CENTER FOR TEACHING & LEARNING. *Active learning strategies*. Disponível em: <https://teaching.berkeley.edu/active-learning-strategies>. Acesso em: 20 maio 2020.

Página elaborada pelo Centro de Ensino e Aprendizagem da Universidade da Califórnia, em Berkeley, nos Estados Unidos, com definições, organização e exemplos de diversas estratégias associadas a metodologias ativas.

BRACKMANN, C. P. *Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica*. 2017. 226 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/172208>. Acesso em: 19 maio 2020.

Nesta tese de doutorado, o autor desenvolve um estudo sobre o desenvolvimento do pensamento computacional na Educação Básica usando atividades desplugadas, ou seja, sem computadores ou dispositivos eletrônicos.

BRANCO, P. M. Como sabemos a idade das rochas? *Serviço Geológico do Brasil – CPRM*. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Como-Sabemos-a-Idade-das-Rochas%3F-1070.html>. Acesso em: 3 set. 2020.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Formação de professores do Ensino Médio, etapa I – caderno II*: o jovem como sujeito do Ensino Médio. Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2013.

Nesta obra, voltada à formação de professores, são abordados diversos temas relacionados ao Ensino Médio. Em um primeiro momento, discute-se o conceito de juventude, com o objetivo de propor mudanças nas maneiras de perceber essa faixa etária, com textos que buscam valorizar o papel do jovem como sujeito de sua história. Em seguida, destacam-se conteúdos como juventude e tecnologia, mercado de trabalho e projeto de vida e o papel da escola na formação dos jovens.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Versão final. Brasília: MEC, 2018a. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 31 mar. 2020.

A BNCC é o documento que norteia os currículos dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas e as propostas pedagógicas das escolas públicas e privadas, estabelecendo os principais conhecimentos, competências e habilidades que os estudantes devem desenvolver em cada etapa da Educação Básica.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 nov. 2018b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-3-de-21-de-novembro-de-2018-51281310>. Acesso em: 31 mar. 2020.

Esta resolução atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio publicadas em 2012. Nela, estão dispostas as mudanças necessárias para a implementação do Novo Ensino Médio.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Temas contemporâneos transversais na BNCC*: contexto histórico e pressupostos pedagógicos. Brasília, 2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2020.

Documento que apresenta o histórico dos temas contemporâneos transversais, sua divisão em seis grandes áreas e a importância desses temas para os currículos da Educação Básica.

CAINELLI, M. R.; TOMAZINI, E. C. S. A aula-oficina como campo metodológico para a formação de professores em História: um estudo sobre o PIBID/história/UEL. *História & Ensino*, Londrina, v. 23, n. 2, p. 11-33, jul./dez. 2017.

Este estudo mostra como a aula-oficina pode ser um exercício da docência, tendo como base relatórios e entrevistas concedidas por estudantes de iniciação científica do curso de História da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

CAMARGO, F.; DAROS, T. *A sala de aula inovadora*: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018.

Este livro é organizado em duas partes: a primeira apresenta reflexões dos autores sobre possibilidades de inovação em sala de aula; já a segunda aborda mais de 40 estratégias que contribuem para aplicação dessas metodologias.

CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009.

O livro traz uma introdução completa sobre todas as áreas da Biologia.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências*: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2004.

EM MODERNA

Livro que traz inovações para o ensino, incentivando os estudantes a construir o conhecimento científico para auxiliá-los na compreensão do mundo.

CARVALHO, A. M. P. et al. *Ensino de física*. São Paulo: Cengage Learning, 2010. (Coleção Ideias em Ação).
Este livro traz considerações aos professores para apresentar aos estudantes a Física como uma área de conhecimento em constante construção e cujos conhecimentos fazem parte do dia a dia.

FATARELI, E. F. et al. Método cooperativo de aprendizagem *jigsaw* no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 161-168, ago. 2010.
Artigo que apresenta a estratégia *jigsaw* por meio da aplicação dessa abordagem em uma turma de estudantes do 2° ano do Ensino Médio.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. *Metodologias inov-ativas na educação presencial, a distância e corporativa*. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.
Este livro mostra aplicações práticas e estratégias de trabalho com diversas metodologias que apresentam elementos de inovação nas práticas de ensino-aprendizagem, chamadas pelas autoras de metodologias "inov-ativas".

FORTES, I.; MACEDO, M. M. K. Automutilação na adolescência: rasuras na experiência de alteridade. *Psicogente*, Barranquilla, v. 20, n. 38, p. 353-367, jul./dez. 2017. Disponível em: <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/psicogente/article/view/2556>. Acesso em: 19 maio 2020.
Artigo de reflexão teórica que aborda aspectos do comportamento de automutilação, analisando o tema com base em algumas narrativas em *blogs* de adolescentes.

HAYNES, W. M. (Ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.
O manual é uma das referências científicas mais acessadas e respeitadas das comunidades científica, técnica e médica, com dados e recomendações internacionais de várias áreas.

ILLERIS, K. (Org.). *Teorias contemporâneas da aprendizagem*. Porto Alegre: Penso, 2013.
Nesta obra, o pesquisador Knud Illeris reúne diferentes autores e teorias da aprendizagem que têm sido desenvolvidas na contemporaneidade e apresenta um conjunto de textos que abordam o tema. Cada pesquisador contribui com suas reflexões, buscando caminhos na compreensão sobre o conceito de educar e como funciona o complexo processo de ensino-aprendizagem na atualidade.

LAKEHEAD UNIVERSITY. *Before, during, or after reading*: reflection quick write. Disponível em: <https://teachingcommons.lakeheadu.ca/sites/default/files/inline-files/Quick%20Writes%20explanation.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.
Texto que faz um breve resumo da estratégia *quick writing*, publicado na página da Universidade de Lakehead, do Canadá.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. *Ensino de biologia*: histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: Cortez, 2009.
O livro oferece material reflexivo sobre práticas docentes, fazendo a ligação entre o que se trabalha na formação profissional e o que é realizado nos diferentes espaços do ensino de Biologia.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Org.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora*: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.
Este texto apresenta práticas pedagógicas, baseadas em metodologias ativas, que valorizam o protagonismo dos estudantes.

PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Trad. Beatriz Araujo do Rosário. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
Este é um livro completo sobre Genética, com escrita acessível e muitas ilustrações didáticas que facilitam o aprendizado.

REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. Trad. Anne D. Villela et al. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
Um livro que é referência para as Ciências Biológicas, por conta de sua visão científica e pedagógica, moldado nos atuais padrões de ensino.

REIS, A. F. M. V.; BARRETO, M. A. M. Uma experiência com *think-pair-share* no Ensino Fundamental I. *Práxis*, Volta Redonda, v. 9, n. 17, p. 55-67, jun. 2017.
Artigo com definições e organização da estratégia *think-pair-share* por meio da aplicação dessa abordagem em uma turma de 5° ano do Ensino Fundamental.

RICHTER, M. G. *Role-play* e ensino interativo de língua materna. *Linguagem & Ensino*, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 89-113, 1998.
Este artigo propõe a aplicação da estratégia *role-play* no ensino de Língua Portuguesa e relata um estudo de caso realizado com professores da rede pública.

ROCHA, R. S.; CARDOSO, I. M. D.; MOURA, M. A. E. O uso da *gallery walk* como metodologia ativa em sala de aula: uma análise sistemática no processo de ensino-aprendizagem. *Sítio Novo*, Palmas, v. 4, n. 1, p. 162-170, jan./mar. 2020.
Este artigo fornece possibilidades de aplicação da estratégia *gallery walk* por meio da análise documental de publicações de sete experiências vivenciadas em salas de aula na cidade de Uberaba, Minas Gerais.

RUSSEL, J. B. *Química geral*. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994. v. 1.
O livro contém textos que abrangem todas as áreas da Química, descrevendo conceitos com linguagem simples e apresentando resumos e problemas em cada capítulo.

SASSAKI, C. Para uma aula diferente, aposte na rotação por estações de aprendizagem. *Nova Escola*, São Paulo, 21 out. 2016. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/3352/blog-aula-diferente-rotacao-estacoes-de-aprendizagem>. Acesso em: 30 mar. 2020.
Texto, em linguagem objetiva e acessível, que explica a estratégia *rotação por estações* a educadores e mostra a experiência de um professor com essa abordagem.

VALENTE, J. A. Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista e-Curriculum*, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 864-897, jul./set. 2016. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/29051>. Acesso em: 19 maio 2020.
Neste artigo, o autor busca analisar as diferentes alternativas, além dos processadores de texto e das planilhas eletrônicas, utilizadas para a implementação do pensamento computacional no currículo escolar básico.

VARGAS, D.; AHLERT, E. M. *O processo de aprendizagem e avaliação através de* quiz. 2017. 19 f. Artigo (Especialização em Docência na Educação Profissional) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2017.
Artigo que apresenta a utilização do *quiz* como estratégia nos processos de aprendizagem e avaliação por meio da utilização de aplicativos e *softwares*.

VIOLÊNCIA ESCOLAR e *bullying*: relatório sobre a situação mundial. Brasília: Unesco, 2019.
Relatório que fornece dados atualizados sobre violência escolar e *bullying*, destacando a natureza, a abrangência e os impactos dessas práticas e expondo iniciativas que buscam enfrentar esses problemas.

CÓPIA NÃO OFICIAL

DIÁLOGO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

SER HUMANO: ORIGEM E FUNCIONAMENTO

Organizadora: Editora Moderna
Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela Editora Moderna.

Editora responsável:
Kelly Cristina dos Santos
Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como editora de livros didáticos.

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

Elaboração dos originais:

Kelly Cristina dos Santos
Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como editora de livros didáticos.

Éverton Amigoni Chinellato
Licenciado em Física pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atuou como professor de Física em escolas da rede pública de ensino e atualmente é professor de Física em escolas da rede particular de ensino.

Rafael Aguiar da Silva
Licenciado e Bacharel em Química pela Universidade Norte do Paraná (Unopar).
Atua como professor de Química em escolas da rede particular de ensino.

Marissa Kimura
Bacharel em Química pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como editora de livros didáticos.

Ana Carolina N. dos Santos Ferraro
Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Patologia Experimental pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como editora de livros didáticos.

André Luis Delvas Fróes
Bacharel em Física pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Mestre em Física pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Doutor em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Atuou como professor de Física e Matemática em instituições particulares de Ensino Superior.

Marcela Yaemi Ogo
Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Especialista em Biologia Aplicada à Saúde pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Especialista em Análise e Educação Ambiental em Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como professora de Biologia em escolas da rede pública de ensino.

Vanessa S. Michelan
Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Especialista em Ensino de Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Mestre em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Atua como professora de Biologia em escolas da rede pública de ensino.

Projeto e produção editorial: Scriba Soluções Editoriais
Edição: Leonel Delvai Favalli, Kelly Cristina dos Santos, Maira Dias Balestri
Assistência editorial: Felipe Revoredo Benatti, Kaio Fukahori, Priscila Boneventi Pacheco
Colaboração técnico-pedagógica: Francine Mendonça Nóbrega, Jeferson Felix da Silva, Maria Carolina Bittencourt Gonçalves, Rodrigo Uchida Ichikawa
Gerência de produção: Camila Rumiko Minaki Hoshi
Projeto gráfico: Daniel Messias, Dayane Aparecida Barbieri Ferreira
Capa: Daniela Cunha
Ilustrações: Otávio dos Santos, Daniela Cunha, A-spring/Shutterstock, IhorZigor/Shutterstock
Gerência de arte: André Leandro Silva
Edição de arte: Cynthia Sekiguchi, Keithy Mostachi
Diagramação: Ana Rosa Cordeiro de Oliveira, Daniela Cordeiro de Oliveira
Supervisão de editoração eletrônica: Luiz Roberto Lúcio Correa
Preparação de texto: Equipe Scriba
Revisão de texto: Equipe Scriba
Pesquisa iconográfica: Alessandra Roberta Arias, Alaíde Stein
Tratamento de imagens: Johannes de Paulo

Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

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

Diálogo : ciências da natureza e suas tecnologias / organizadora Editora Moderna ; obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela Editora Moderna ; editora responsável Kelly Cristina dos Santos. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Obra em 6 v.
Conteúdo: O universo da ciência e a ciência do Universo -- Vida na Terra : como é possível? -- Terra : um sistema dinâmico de matéria e energia -- Energia e sociedade : uma reflexão necessária -- Ser humano : origem e funcionamento -- Ser humano e meio ambiente : relações e consequências

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio) I. Santos, Kelly Cristina dos.

20-37388 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

1. Ensino integrado : Livros-texto : Ensino médio 373.19

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
Vendas e Atendimento: Tel. (0_ _11) 2602-5510
Fax (0_ _11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2020
Impresso no Brasil

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

Conhecendo a coleção

Quantas notícias vemos e ouvimos atualmente envolvendo Ciência? Desenvolvimento de novas tecnologias, novas doenças que afetam a humanidade, problemas ambientais, necessidade do uso cada vez mais racional dos recursos, poluição... enfim, diversas situações que influenciam diretamente nosso dia a dia.

Para compreender e se posicionar diante de tudo isso, é muito importante que você compreenda os aspectos físicos, químicos e biológicos dos fenômenos que ocorrem ao seu redor.

Essa é a proposta deste livro: que você tenha a oportunidade de analisar e se posicionar criticamente diante das situações que ocorrem em seu cotidiano com base no conhecimento científico e sua relação com a sociedade.

Nesta coleção, você terá a oportunidade de conhecer, refletir e opinar sobre temas relevantes em nossa sociedade, por meio de uma linguagem simples, acompanhada de imagens e textos próximos à sua realidade.

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

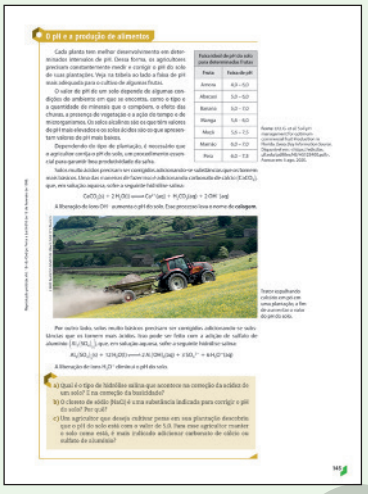
Veja a seguir como este livro está organizado e como essa organização poderá ajudá-lo nos estudos de **Química**, **Física** e **Biologia**.

Abertura de unidade

No início de cada unidade, você encontra duas páginas de abertura, que apresentam imagens e textos relacionados aos conteúdos que estudará. Nelas, você terá a oportunidade de expor o que sabe sobre essas imagens e os conteúdos e também de trocar ideias sobre o que será estudado.

Abertura de capítulo

No início e no decorrer de cada capítulo, você entrará em contato com situações de que já ouviu falar ou que fazem parte de seu cotidiano, refletindo sobre elas. É um bom momento de expor o que já sabe sobre essas situações e relacioná-las com o conhecimento científico.

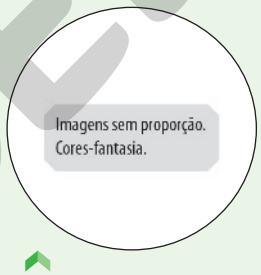


Boxe complementar

Sempre que encontrar esse boxe, você entrará em contato com mais informações sobre o conteúdo e outros assuntos que estão relacionados a ele. Também terá a oportunidade de refletir sobre essas informações e expor suas opiniões sobre elas.

Investigue

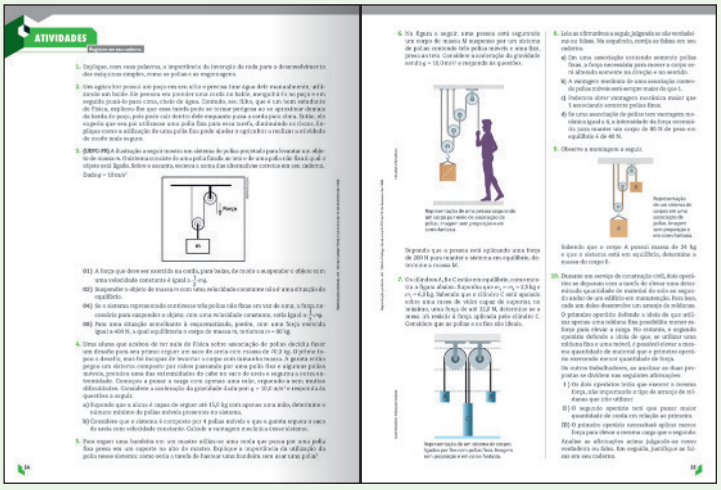
Nessa seção, você será convidado a investigar fenômenos e propriedades por meio do desenvolvimento de atividades práticas investigativas. Também vai elaborar e testar hipóteses, analisar resultados e trocar ideias com os colegas para chegar a uma conclusão.



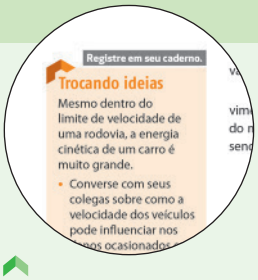
Esse boxe indica que as imagens não estão em proporção e que as cores não correspondem às reais.

Atividades

Seção em que você encontra atividades que permitem aprofundar os conteúdos, recorrendo aos conhecimentos científicos para analisar, investigar, formular e resolver problemas. Nela, você também encontra questões de provas oficiais do Enem e de vestibulares de diversas instituições de ensino e pesquisa.

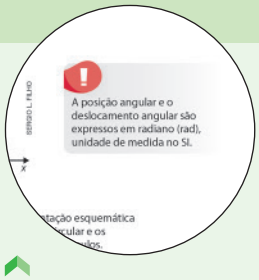


Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Trocando ideias

Nesse boxe, você terá a oportunidade de trocar ideias com os colegas sobre diversos temas de relevância relacionados ao conteúdo que está estudando. Além disso, poderá divulgar o que discutiram tanto à comunidade escolar quanto fora da escola.

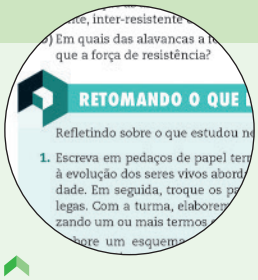


Dica

Fique atento. Toda vez que se deparar com esse boxe, você encontrará informações importantes para compreender os conteúdos, além de dicas que visam facilitar a execução das atividades e orientações relacionadas a cuidados.

Vocabulário

Boxe que apresenta o significado de alguns termos destacados nos textos para te auxiliar na compreensão dos conteúdos.



Retomando o que estudei

Ao final de cada unidade, é sempre importante realizar uma autoavaliação do que você aprendeu e retomar alguns conceitos estudados, não é? Esse é o objetivo dessa seção.

Ser consciente

Essa seção aborda temas abrangentes e relevantes para nossa sociedade. Nela, você terá a oportunidade de refletir e discutir com os colegas sobre esses temas, além de encontrar diferentes maneiras de comunicar o que discutiram a outras pessoas.

Ampliando seus conhecimentos

Essa seção apresenta as referências bibliográficas complementares com sugestões de filmes, livros e *sites*.

Respostas

Nessa seção, você poderá consultar as respostas e orientações de questões de provas oficiais e de atividades de múltipla escolha. Além disso, poderá consultar a resolução de atividades que envolvem cálculos.

Siglas

Apresenta os significados das siglas que você encontrou no volume.

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

Objetivos

Neste volume você vai conhecer os diferentes pensamentos sobre a evolução dos seres vivos e analisar, de forma crítica, as diferentes teorias da evolução. Além disso, vai interpretar árvores filogenéticas, analisando as posições evolutivas das espécies e de seus ancestrais. Dessa forma, você compreenderá melhor o surgimento do *Homo sapiens*, como ele se distribuiu na Terra e como se formaram as diferentes culturas.

Ainda, para auxiliar na abordagem sobre o surgimento do *Homo sapiens*, você verá como são realizadas as técnicas de estudos dos fósseis, como a datação por carbono-14. Para isso, você estudará o decaimento radioativo desse carbono e os conceitos de meia-vida.

Complementando esse conteúdo, você vai entender como nossos ancestrais se relacionavam com o ambiente, analisando o desenvolvimento de ferramentas ao longo do tempo, com destaque às máquinas simples (alavanca, roldanas e plano inclinado).

Além disso, este volume aborda o estudo do corpo humano, destacando os principais processos que nele ocorrem e alguns sistemas envolvidos. Iniciando pelo processo de nutrição, você analisará como o corpo humano obtém a energia de que necessita para se manter vivo e realizar as mais diversas atividades, com ênfase na importância dos alimentos. Durante essa análise, você vai reconhecer que a nutrição humana envolve, principalmente, a ação conjunta dos sistemas digestório, respiratório e cardiovascular.

Além dos processos de nutrição, neste volume, você vai analisar como o ser humano realiza alguns movimentos, estudando detalhadamente as funções e a estrutura dos sistemas esquelético, articular e muscular, coordenados pelo sistema nervoso. Para compreender melhor como ocorre a ação conjunta de ossos, músculos e articulações na movimentação do corpo, é preciso estudar o funcionamento das máquinas simples, além de aprofundar os estudos de força, torque, equilíbrio de corpo extenso, centro de massa e centro gravidade. Você também terá a oportunidade de aplicar os conceitos de movimento, aceleração, velocidade, movimento retilíneo uniformemente variado, movimento circular, energia potencial e cinética, potência, impulso, quantidade de movimento e colisões na análise de movimentos realizados em práticas esportivas.

Por fim, complementando a abordagem da nutrição humana, o volume destaca a importância da higiene bucal na manutenção da saúde e os cuidados que todos devemos ter. Para isso, você será levado a compreender como ocorre a formação de cáries, bem como preveni-las, por meio da abordagem de temas como reações químicas reversíveis, equilíbrios químicos e a constante de equilíbrio.

BASE NACIONAL CURRICULAR BNCC

Nesta coleção você vai desenvolver as Competências Gerais da Educação Básica e as Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias por meio da leitura dos textos, realização das atividades, troca de ideias com os colegas, análise de situações do cotidiano, entre outras estratégias. Veja a seguir as **Competências Gerais da Educação Básica** desenvolvidas neste volume.

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.

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

MODERNA

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, resolver 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.

Veja também as **Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e as principais habilidades desenvolvidas neste volume.

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.

Habilidade 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.	**Unidade 2** • Capítulo 5 Capítulo 6 Capítulo 7 Capítulo 8
Habilidade 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.	**Unidade 2** • Capítulo 7

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.

Habilidade 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.	**Unidade 1** • Capítulo 1 **Unidade 2** • Capítulo 2
Habilidade 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).	**Unidade 2** • Capítulo 1

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

MODERNA

Unidade 1 • Capítulo 4 **Unidade 2** • Capítulo 3 Capítulo 4	**Habilidade 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).
Unidade 1 • Capítulo 3	**Habilidade 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.
Unidade 2 • Capítulo 8	**Habilidade 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.
Unidade 1 • Capítulo 2 **Unidade 2** • Capítulo 6	**Habilidade 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.

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).

Unidade 1 • Capítulo 3 Capítulo 4 **Unidade 2** • Capítulo 1 Capítulo 4 Capítulo 7 Capítulo 8	**Habilidade 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.
Unidade 2 • Capítulo 2	**Habilidade 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.
Unidade 2 • Capítulo 7	**Habilidade 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.
Unidade 2 • Capítulo 8	**Habilidade 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.

Agora, veja as competências específicas e habilidades de outras áreas desenvolvidas neste volume.

CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS APLICADAS

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1

Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se

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

criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.	
Habilidade 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.	**Unidade 2** • Capítulo 2
Habilidade EM13CHS104: Analisar objetos e vestígios da cultura material e imaterial de modo a identificar conhecimentos, valores, crenças e práticas que caracterizam a identidade e a diversidade cultural de diferentes sociedades inseridas no tempo e no espaço.	**Unidade 2** • Capítulo 2
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2 Analisar a formação de territórios e fronteiras em diferentes tempos e espaços, mediante a compreensão das relações de poder que determinam as territorialidades e o papel geopolítico dos Estados-nações.	
Habilidade EM13CHS204: Comparar e avaliar os processos de ocupação do espaço e a formação de territórios, territorialidades e fronteiras, identificando o papel de diferentes agentes (como grupos sociais e culturais, impérios, Estados Nacionais e organismos internacionais) e considerando os conflitos populacionais (internos e externos), a diversidade étnico-cultural e as características socioeconômicas, políticas e tecnológicas.	**Unidade 1** • Capítulo 1
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 4 Analisar as relações de produção, capital e trabalho em diferentes territórios, contextos e culturas, discutindo o papel dessas relações na construção, consolidação e transformação das sociedades.	
Habilidade EM13CHS401: Identificar e analisar as relações entre sujeitos, grupos, classes sociais e sociedades com culturas distintas diante das transformações técnicas, tecnológicas e informacionais e das novas formas de trabalho ao longo do tempo, em diferentes espaços (urbanos e rurais) e contextos.	**Unidade 1** • Capítulo 4
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 5 Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.	
Habilidade EM13CHS501: Analisar os fundamentos da ética em diferentes culturas, tempos e espaços, identificando processos que contribuem para a formação de sujeitos éticos que valorizem a liberdade, a cooperação, a autonomia, o empreendedorismo, a convivência democrática e a solidariedade.	**Unidade 1** • Capítulo 2
Habilidade 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.	**Unidade 1** • Capítulo 4
MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS	
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1 Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral.	
Habilidade 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.	**Unidade 1** • Capítulo 2

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

MODERNA

Sumário

UNIDADE 1 Evolução humana 12

CAPÍTULO 1 Princípios evolutivos 14

Seres vivos, organismos em transformação 14
- As ideias de Lamarck 15
- As ideias de Darwin e Wallace 16
- Síntese moderna evolutiva 19
- Especiação natural 21
- Evidências evolutivas 22

Atividades 25

CAPÍTULO 2 O surgimento do *Homo sapiens* 27

História geológica da Terra 27

Estudando a filogenia do ser humano 27

História evolutiva do ser humano 32
- Gênero *Australopithecus* 34
- Gênero *Paranthropus* 34
- Gênero *Homo* 34

Atividades 36

Irradiação do *Homo sapiens* 37

Sociedade e cultura humanas 38

Atividades 40

CAPÍTULO 3 Datação de fósseis 41

Decaimento nuclear 41

Meia-vida 43

Outros tipos de datação 45
- Datação por potássio/argônio 45
- Datação por urânio/tório 45

Atividades 46

CAPÍTULO 4 Ferramentas e máquinas simples 47

Desenvolvimento de ferramentas e máquinas simples 47

Máquinas simples 50
- Rodas e polias 50

Atividades 54
- Alavancas 56
- Plano inclinado 57

Investigue – A arma medieval 60

Atividades 61

Retomando o que estudei 61

Ser consciente
- Existem raças humanas? 62

UNIDADE 2 Estudando o corpo humano 64

CAPÍTULO 1 Nutrição do corpo humano 66

Digestão e absorção de nutrientes 66

Investigue – Consumo de vegetais 71
- Transporte e distribuição de nutrientes e de gases pelo corpo 72
- Transformações de energia 74

Atividades 75

CAPÍTULO 2 Movimentação e coordenação do corpo humano 77

Corpo humano em movimento 77
- Sustentação do corpo humano 78
- Resistência e mobilidade 79
- Movimentando os ossos 80

Atividades 81

Coordenação dos movimentos e regulação do corpo humano 82
- Origem e transmissão do impulso nervoso 83
- Hormônios 85
- Receptores sensoriais 86

Investigue – Sistema Braille 88

Atividades 89

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

MODERNA

CAPÍTULO 3 **Movimentos do corpo humano** 91

Momento de uma força 91

Equilíbrio de corpo extenso 93

Investigue – Equilibrando 95

Atividades 96

CAPÍTULO 4 **Prática de esportes** 97

Estudando os movimentos dos corpos 97

Movimento uniforme e movimento uniformemente variado 99

Movimento circular 102

Atividades 104

CAPÍTULO 5 **Energia e impulso** 105

Trabalho 105

Energias 107

Potência e rendimento 110

Quantidade de movimento e impulso 111

Conservação da quantidade de movimento 113

Atividades 115

CAPÍTULO 6 **Equilíbrio químico e a saúde bucal** 117

Reações reversíveis 117

O equilíbrio químico e a constante de equilíbrio 119

Constantes de equilíbrio K_p 121

Equilíbrios heterogêneos 123

Atividades 124

Fatores que alteram o equilíbrio químico 125

Investigue – Reações reversíveis e o equilíbrio químico 128

Atividades 129

CAPÍTULO 7 **Equilíbrio iônico e pH** 130

Definições ácido-base 130

Constante de ionização da água: pH e pOH 132

Métodos de determinação de pH 135

Atividades 136

Constantes de ionização e de dissociação 137

Solução-tampão 139

Atividades 141

CAPÍTULO 8 **Hidrólise salina e produto de solubilidade** 142

Hidrólise salina 142

Hidrólise de um sal de ácido fraco e base forte 143

Hidrólise de um sal de ácido forte e base fraca 143

Hidrólise de um sal de ácido fraco e base fraca 144

Hidrólise de um sal de ácido forte e base forte 144

Atividades 146

Produto de solubilidade 147

Atividades 150

Retomando o que estudei 151

Ser consciente

Envelhecimento 152

Ampliando seus conhecimentos 154

Respostas 155

Referências bibliográficas comentadas 160

Siglas 160

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

MODERNA

UNIDADE

1

Evolução humana

Já parou para pensar como os seres vivos extintos, bem como as civilizações antigas, influenciaram a espécie humana atual e a sociedade? Você pode não se atentar para isso, mas o que nós e outros seres vivos somos atualmente é resultado de bilhões de anos de evolução.

Nesse sentido, o objetivo de algumas áreas de estudo, como Arqueologia e Paleontologia, é conhecer e compreender, por exemplo, os seres vivos do passado, as transformações pelas quais passaram ao longo do tempo e seus modos de vida. Tais estudos se baseiam na análise de fósseis, objetos e ferramentas preservados ao longo do tempo.

Apesar de os objetos de estudo serem semelhantes, a Arqueologia tem enfoque nos costumes e nas manifestações culturais dos povos ao longo da história, enquanto a Paleontologia estuda, de modo geral, os seres vivos extintos. Para essas Ciências, algumas áreas da Terra são especialmente importantes e por isso são reconhecidas como sítios arqueológicos ou paleontológicos, a depender do conteúdo presente nesses locais.

PASCAL POCHARD-CASABIANCA/AFP

Arqueóloga limpando esqueleto encontrado em uma sepultura do povo etrusco, em sítio arqueológico na ilha de Córsega, França (2019). Tal sepultura foi datada em 24 000 anos e encontrada sob uma necrópole romana ao sul de Aléria, auxiliando na compreensão a respeito da antiga civilização mediterrânea.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

A Você já viu algum fóssil em museu? Compartilhe sua experiência com os colegas.

B Qual é a importância da preservação dos sítios arqueológicos e paleontológicos?

C Como o estudo de fósseis, objetos e ferramentas de civilizações do passado pode auxiliar na compreensão da humanidade atual?

D A sepultura e o esqueleto apresentados na imagem datam em, aproximadamente, 24 000 anos. Como é possível estimar a data de fósseis e objetos antigos?

CAPÍTULO

1

Princípios evolutivos

Seres vivos, organismos em transformação

Respostas no **Suplemento para o professor**.

1. Em sua opinião, o que significa a hipótese de que as espécies eram "produções imutáveis"? E a hipótese de que as espécies se originavam de formas preexistentes?

2. Segundo seu ponto de vista, qual das hipóteses citadas anteriormente é a mais aceita atualmente para explicar a diversidade de espécies existentes na Terra?

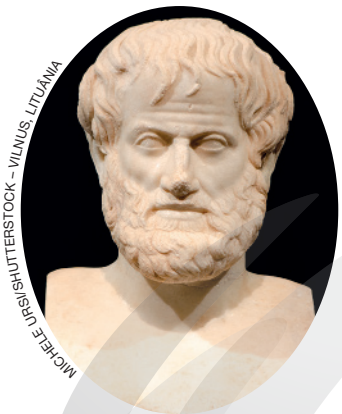
Leia o texto abaixo.

> [...] Até há bem pouco tempo, a maior parte dos naturalistas supunha que as espécies eram produções imutáveis criadas separadamente. Numerosos sábios defenderam habilmente esta hipótese. Outros, pelo contrário, admitiam que as espécies provinham de formas preexistentes por intermédio de geração regular. [...]
>
> DARWIN, C. *A origem das espécies*. Trad. Joaquim da Mesquita Paul. Porto: Lello & Irmão, 2003. p. 4.

NELLA/SHUTTERSTOCK

Você já parou para pensar sobre a diversidade de espécies que existem nos ambientes e como elas estão adaptadas aos locais onde vivem? Essa é uma questão mencionada no texto citado acima e que intriga o ser humano há bastante tempo. Na busca por respondê-la, cientistas elaboraram diversas explicações.

Para alguns filósofos, como o grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), o mundo sempre existiu e nunca mudou. Dentro dessa corrente de pensamento, também se acreditava que as espécies eram fixas, imutáveis e mantinham-se ao longo do tempo tal como se originaram. Essa visão ficou conhecida como **fixismo**.



MICHELE URSI/SHUTTERSTOCK – VILNIUS, LITUÂNIA

Aristóteles

O **criacionismo**, por sua vez, foi o pensamento predominante entre a Idade Média e o século XIX. De acordo com esse conceito, um ser supremo teria criado o Universo e os seres vivos que existem hoje. Como essa criação foi perfeita, os seres vivos não se modificam ao longo do tempo e permanecem até hoje tal como foram criados. Diferentemente da visão aristotélica, para a qual o Universo seria infinito, o criacionismo defende que a Terra teria, no máximo, 6 000 anos de formação.*

A partir do século XVII, com a Revolução Científica, alguns ideais do criacionismo começaram a ser confrontados pelas descobertas dos estudiosos. Inicialmente, estudos de Astronomia e Astrofísica mostraram que o planeta Terra, o Sol e a Lua não eram os únicos astros do Universo e existiam há muito mais tempo do que os milhares de anos defendidos pelos criacionistas. Além disso, a descoberta de fósseis de animais extintos mostrou que, no passado, existiram outras formas de vida, diferentes das atuais, o que levou os estudiosos a questionar a idade da Terra e a imutabilidade das espécies.

REPRODUÇÃO – WELLCOME COLLECTION. ATTRIBUTION 4.0 INTERNATIONAL (CC BY 4.0)

Georges-Louis Leclerc

No século XIX, alguns naturalistas passaram a admitir que os seres vivos sofriam transformações ao longo do tempo. O francês Georges-Louis Leclerc (1707-1788), mais conhecido como conde de Buffon, defendia que a vida havia se originado de tipos distintos de seres vivos, os quais eram provenientes de um único molde interno. Nesse molde, haveria partículas orgânicas que formavam todos os seres vivos. Ele afirmava que esses seres vivos migravam pelo planeta e, conforme se deslocavam, suas partículas orgânicas e seu molde interno se modificavam.

Assim, Buffon explicaria a distribuição geográfica distante de espécies semelhantes. Embora essa teoria não tenha validade atualmente, ela foi uma das primeiras a não seguir as ideias fixistas/criacionistas e a se basear em evidências científicas, defendendo que tanto a Terra quanto a vida tinham uma história.

*Comente com os estudantes que visões semelhantes ao criacionismo fazem parte de histórias do folclore de diversas civilizações.

MODERNA

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

As ideias de Lamarck

Após Buffon, outro importante naturalista que acreditava nas transformações das espécies ao longo do tempo foi um francês conhecido como cavaleiro de Lamarck (1744-1829). Segundo Lamarck, os seres vivos tinham as formas atuais graças a processos de mudanças naturais, defendendo que eles evoluíam ao longo do tempo.

Lamarck pensava em uma evolução linear, na qual seres mais simples, todos originados por geração espontânea, tornavam-se mais complexos a cada geração. Para explicar a existência tanto de seres supostamente mais simples quanto de seres mais complexos, Lamarck considerava que a geração espontânea ocorria o tempo todo, gerando seres simples continuamente. Para ele, os seres vivos mais complexos teriam surgido a partir de seres mais simples que se transformaram ao longo do tempo, e estes haviam surgido recentemente.

De acordo com Lamarck, o ambiente apresentava os fatores que determinavam as mudanças e alteravam os planos básicos de organização dos seres vivos. Para ele, o organismo modificava seu comportamento, seus hábitos ou seu formato diante das modificações ambientais e, consequentemente, das necessidades do organismo.

Para sustentar suas ideais, Lamarck postulou duas leis. Leia-as a seguir.

MORPHART CREATION/SHUTTERSTOCK – COLEÇÃO PARTICULAR

Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet (Cavaleiro de Lamarck)

Lei do uso e desuso

De acordo com essa lei, as estruturas que eram muito utilizadas (uso) se desenvolveriam e as que não eram utilizadas (desuso) atrofiariam. Assim, o ambiente geraria um estímulo que alteraria a morfologia de uma estrutura anatômica. Isso explicaria por que alguns seres vivos tinham órgãos mais desenvolvidos de acordo com o papel que cada um deles desempenhava em sua sobrevivência.

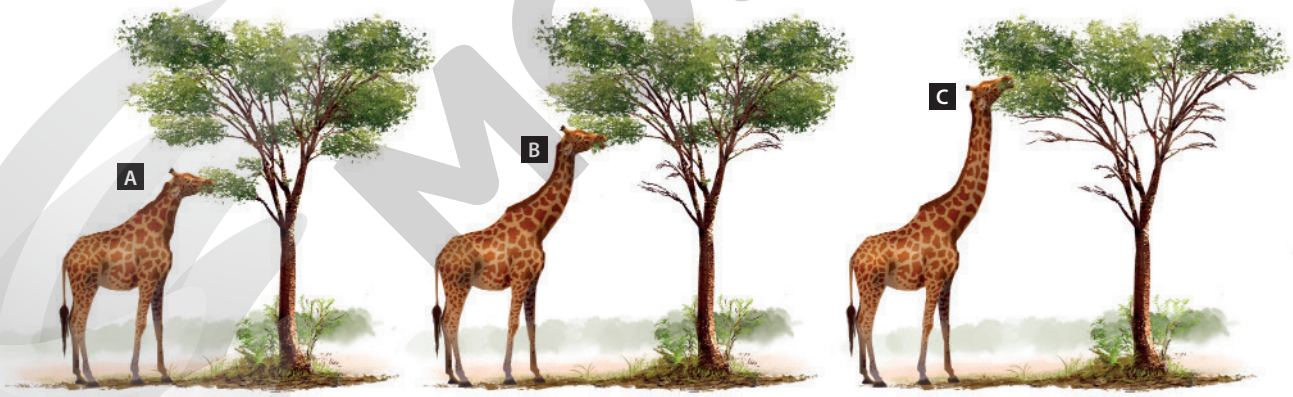
Lei da transmissão dos caracteres adquiridos

Segundo essa lei, as alterações morfológicas decorrentes do uso e desuso poderiam ser transmitidas aos descendentes, o que explicaria a diversidade de seres vivos e de tantos gêneros e espécies distintas.

!

A teoria da geração espontânea foi uma das diversas teorias sobre a origem da vida na Terra. Essa teoria defendia que os seres vivos podiam se originar espontaneamente de matéria inanimada, ou seja, sem vida.

Observe o exemplo a seguir de aplicação das ideias lamarckistas.



ALEXANDRE DE SOUZA

Representação de uma possível aplicação das ideias lamarckistas para explicar o comprimento do pescoço das girafas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: USP. Conceitos iniciais da evolução: Jean Baptiste Lamark. *Evosite*. p. 1. Disponível em: <https://evosite.ib.usp.br/history/evol_happens.shtml>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Fósseis encontrados no passado indicavam que o tamanho do pescoço das girafas variavam. Se aplicássemos as ideias de Lamarck para explicar como isso seria possível, poderíamos supor que as girafas ancestrais tinham pescoços mais curtos (**A**). Por causa da necessidade de se alimentar das folhas mais altas, elas começaram a esticar seu pescoço (**B**), que ficou maior ao longo do tempo (**C**). Como o pescoço longo favoreceria visualizar possíveis predadores e alcançar folhas de árvores de alturas diferentes, essa característica adquirida ao longo do tempo teria sido transmitida aos descendentes.

A característica adquirida (pescoço longo) foi transmitida aos descendentes dessas girafas e se manteve na espécie.

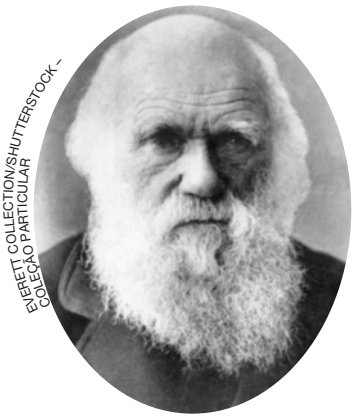
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

É importante ressaltar que Lamarck não foi o primeiro a defender a transmissão de caracteres adquiridos, pois essa ideia também foi defendida por outros estudiosos, como o filósofo grego Platão (427 a.C.-347 a.C.).

Lamarck sofreu grande rejeição no meio científico. Muitos estudiosos da época acreditavam nas evidências científicas, mas eram influenciados por suas crenças religiosas. Lamarck, por ter pensamentos contrários a muitas dessas crenças, foi rejeitado não só no campo da Ciência, mas também no âmbito pessoal.

Apesar de sabermos hoje que as ideias de Lamarck estavam equivocadas, elas foram muito importantes para a Ciência, pois se baseavam em evidências científicas e defendiam a mutabilidade dos seres vivos, o que foi fundamental para as reflexões posteriores sobre evolução.



EVERETT COLLECTION/SHUTTERSTOCK – COLEÇÃO PARTICULAR

Charles Darwin

As ideias de Darwin e Wallace

Cerca de 50 anos após a publicação das ideias de Lamarck, uma nova teoria evolutiva foi proposta. Um dos autores foi o naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882). Entre 1831 e 1836, Darwin fez uma expedição ao redor do mundo a bordo do navio Beagle, que pretendia, entre outros objetivos, mapear a costa da América do Sul. Seu trajeto incluiu a América do Sul, inclusive o Brasil, parte da Europa, Oceania e África. Veja o mapa abaixo.

TRAJETO PERCORRIDO PELO NAVIO BEAGLE (1831-1836)

EDSON BELLUSCI

Fonte: TORT, P. *Darwin e a ciência da evolução*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2004. p. 30-31.

Em 1836, após retornar de viagem, Darwin levou os exemplares coletados a especialistas, como o geólogo escocês Charles Lyell (1797-1875) e os ingleses, o anatomista Richard Owen (1804-1892), o ornitólogo John Gould (1804-1881), o naturalista George Waterhouse (1810-1888) e o zoólogo Thomas Bell (1792-1880).

Como Gould era especialista em aves, Darwin pediu a ele que classificasse os exemplares de tordos-dos-remédios, encontrados em Galápagos. Gould concluiu que as aves pertenciam a um grupo ainda desconhecido pela Ciência. Ambos constataram, então, que as diferentes espécies habitavam apenas as ilhas onde viviam. Com base nisso, Darwin passou a acreditar que suas evidências apontavam para a transmutação, ou seja, a modificação das espécies.

Durante anos, Darwin trabalhou a ideia de que as espécies sofrem mudanças, mas não a publicou, compartilhando-a apenas com poucas pessoas. Além de agrupar ideias sobre a Biologia Evolutiva, ele precisava explicar como esse processo ocorria.

!

Você pode conhecer alguns dos locais visitados por Darwin durante a expedição a bordo do Beagle e o que ele encontrou em cada um desses lugares. Para isso, acesse o *site Pelos Caminhos de Darwin*. Disponível em: <http://peloscaminhosdedarwin.com/locais/introducao.html>. Acesso em: 10 abr. 2021.

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

Darwin encontrou em um trabalho do economista inglês Thomas Malthus (1766-1834), denominado *Ensaio sobre populações*, uma das respostas de que precisava. Nesse trabalho, Malthus faz um alerta. Ele menciona a possibilidade de aumento populacional desproporcional à oferta de alimento, a qual se tornaria insuficiente para abastecer toda a população e, por isso, causaria grande pressão sobre as classes mais pobres e miseráveis. Assim, se os indivíduos não sobrevivessem a essas condições, morreriam, limitando o crescimento da população.

Darwin começou, então, a considerar que as populações de animais e de plantas também poderiam sofrer essa pressão populacional. Se a disponibilidade de alimentos for limitada e os indivíduos precisarem competir por esses recursos, haveria um controle populacional, impedindo que tais populações aumentassem descontroladamente.

REPRODUÇÃO – WELLCOME COLLECTION. ATTRIBUTION 4.0 INTERNATIONAL (CC BY 4.0)

Thomas Malthus

Ao mesmo tempo em que pensava em publicar suas ideias inovadoras, vinte anos após ter iniciado seus trabalhos relacionados à transmutação, Darwin recebeu uma carta do naturalista inglês Alfred Russel Wallace (1823-1913), com quem se correspondia e partilhava alguns estudos. Nessa carta, Wallace narrava e propunha uma teoria semelhante à de Darwin.

SPL/FOTOARENA – COLEÇÃO PARTICULAR

Alfred Russel Wallace

Wallace havia estudado exemplares coletados na América do Sul e em Mali, país africano, e chegado às mesmas conclusões que Darwin. Por causa dessa coincidência, eles foram convidados por Charles Lyell e pelo botânico inglês Joseph Dalton Hooker (1817-1911) para juntos apresentar suas ideias à comunidade científica simultaneamente na *Linnean Society of London*, no ano de 1858. Em 1859, Darwin lançou o famoso livro *A origem das espécies*, pelo qual ficou reconhecido e que é considerado um marco nos estudos evolutivos.

Assim, tanto Darwin como Wallace chegaram a uma teoria unificadora, que defendia a evolução dos seres vivos e propunha um mecanismo pelo qual ela ocorria: a **seleção natural**.

Considere a população de uma espécie adaptada a determinado ambiente, por exemplo, um animal cuja coloração possibilita que ele se camufle no ambiente.

Essa característica, que favorece a sobrevivência, torna-se cada vez mais frequente no ambiente, pois os indivíduos que a apresentam têm maior probabilidade de sobreviver até a idade reprodutiva e, assim, transmiti-la para a prole. Já os indivíduos menos adaptados podem ser eliminados do ambiente antes de conseguirem se reproduzir, por exemplo, o que torna a característica cada vez mais rara no ambiente. Após muitas gerações, a maior parte dos indivíduos da população terá a característica que conferiu vantagem em sua sobrevivência.

Assim, a seleção natural é um processo natural de manutenção das variações favoráveis à sobrevivência, que, geralmente, resulta na eliminação das variações desfavoráveis. Portanto, os organismos mais bem adaptados a sobreviver têm maior probabilidade de transmitir suas características para uma prole, aumentando a frequência de tal característica ao longo das próximas gerações.

DANNY GREEN/NATURE PL/FOTOARENA

Raposa-do-ártico (*Alopex lagopus*). A coloração da pelagem desse animal fica branca durante o inverno, possibilitando que se camufle na neve. A camuflagem refere-se a um conjunto de métodos e técnicas que propiciam à raposa-do-ártico se confundir com o ambiente, prejudicando sua identificação pelo predador e pelas presas, favorecendo sua sobrevivência.

Raposa-do-ártico (*Alopex lagopus*): pode atingir aproximadamente 90 cm de comprimento.

3. Como você explicaria o tamanho do pescoço das girafas citadas por Lamarck, de acordo com a teoria da seleção natural proposta por Darwin e Wallace?

Resposta no **Suplemento para o professor**.

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

MODERNA

Se as duas espécies forem semelhantes, provavelmente o ancestral existiu há menos tempo do que no caso de duas espécies bastante distintas uma da outra.

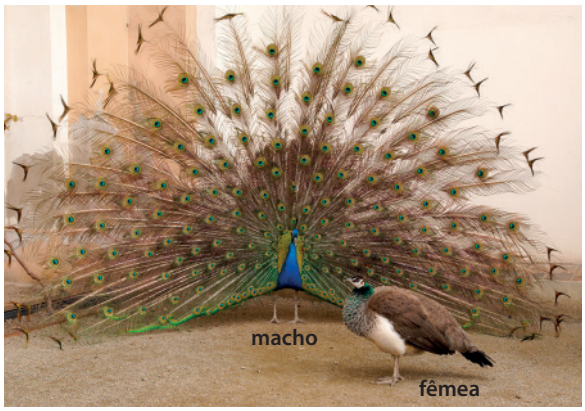
O processo contínuo de diferenciação das populações pode levar ao acúmulo de variações, a ponto de originar novas espécies. Esse processo é denominado **especiação**, a qual implica em ancestralidade comum, ou seja, duas espécies, por exemplo, seriam descendentes de uma única espécie ancestral que existiu no passado.

A sociedade reagiu negativamente às ideias sobre evolução. Quando se propõe uma descendência comum entre as espécies de seres vivos, defende-se que esses seres são aparentados entre si, o que contraria muitas crenças religiosas. Alguns pesquisadores aplicaram as ideias de Darwin em seus trabalhos; outros resistiram e continuaram com a ideia de que as espécies obedeciam a uma evolução linear, tal como proposto por Lamarck. O fato é que os argumentos de Darwin e Wallace eram baseados em evidências.

Darwin também defendeu a ideia da **seleção sexual** e seu valor evolutivo, pois ele observou que alguns organismos apresentam vantagens reprodutivas em relação a outros do mesmo sexo.

Pavão-indiano (*Pavo cristatus*): pode atingir aproximadamente 2 m de comprimento.

ALEXEY REPKA/SHUTTERSTOCK



Casal de pavões-indianos (*Pavo cristatus*). Note como as penas da cauda do macho são chamativas, demonstrando claro dimorfismo sexual. Nesses animais, as penas chamativas são utilizadas como item de seleção de machos pelas fêmeas.

Os efeitos desse tipo de seleção são bastante visíveis em animais que apresentam dimorfismo sexual acentuado, ou seja, acentuada diferença entre machos e fêmeas, e que têm características relacionadas aos rituais de acasalamento e corte, como penas coloridas, plumagem chamativa e cornos.

Há dois tipos de seleção sexual: a intrassexual e a intersexual. No primeiro tipo, os machos disputam entre si o acesso às fêmeas e às áreas de reprodução que se mostrem favoráveis ao acasalamento. Para isso, é necessário que o macho apresente alguma vantagem em relação aos outros machos.

Já na seleção intersexual, as fêmeas têm preferência por determinados machos. Nesse caso, o macho pode fornecer algo à fêmea que seja considerado uma vantagem adaptativa. Por exemplo, a fêmea pode optar por um macho com plumas vistosas, o que pode significar bom estado de saúde.

Seleção artificial

NICOLLE RAGER FULLER/NATIONAL SCIENCE FOUNDATION/SPL/FOTOARENA

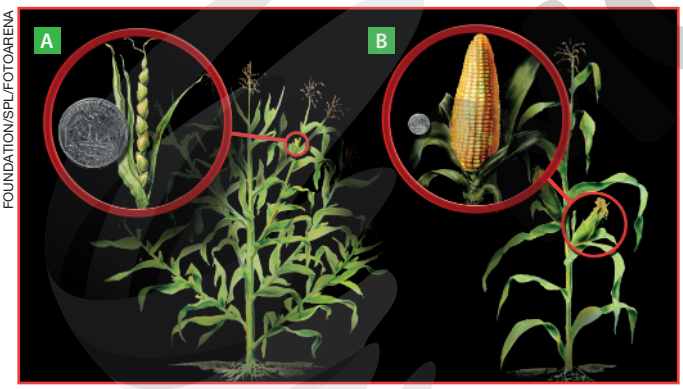


Imagem comparando o milho ancestral (**A**) e o atual (**B**). A espiga representada em **A** é o teosinto (*Balsas teosinte*), antepassado do milho moderno (*Zea mays*), representado em **B**. A moeda serve como referência para a comparação entre o tamanho das espigas.

Desde muito tempo o ser humano observa animais e plantas que apresentam características de seu interesse e os seleciona. Um exemplo desse tipo de seleção foi realizado com o milho atual (*Zea mays*), resultado da seleção artificial e da domesticação do teosinto (*Balsas teosinte*) há cerca de 9 mil anos.

No teosinto, os grãos eram muito pequenos e duros e não ficavam aderidos à espiga, por exemplo. Ao longo do tempo, o ser humano foi selecionando características consideradas favoráveis, o que resultou em uma nova linhagem de plantas, nas quais os grãos eram maiores e se mantinham presos na espiga, o milho moderno.

Esse tipo de seleção também ocorre entre animais que têm características consideradas favoráveis, como é o caso de bovinos. Nesse ramo da pecuária, animais que apresentem características favoráveis à produção de carne ou de leite são selecionados e direcionados a gerar proles com as mesmas características.

Como as características nesses seres vivos não são selecionadas naturalmente por favorecerem sua sobrevivência, mas sim por interesses humanos, a seleção é dita artificial.

Resposta no **Suplemento para o professor**.

- Você é favorável à seleção artificial? Converse com os colegas sobre o assunto.

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

Síntese moderna evolutiva

A teoria de Darwin e Wallace foi essencial para os estudos da evolução das espécies. No entanto, ela não conseguiu responder a algumas questões evolutivas, tais como por que diferenças sutis entre os indivíduos de uma população podiam gerar novas espécies completamente diferentes. Essa dificuldade pode ser, em parte, devido à falta de conhecimentos sobre Genética e ao fato de não haver, na época, conhecimento sobre o mecanismo de transmissão das características aos descendentes.

No século XX, alguns estudiosos tentaram unir as ideias darwinistas e mendelianas em uma teoria evolutiva, fazendo surgir, então, a síntese moderna evolutiva ou síntese moderna da evolução, também conhecida como teoria sintética da evolução. Nessa teoria, foram reunidas contribuições da Genética, da Sistemática e da Paleontologia ao estudo evolutivo, integrando a teoria darwinista e as descobertas sobre a hereditariedade.

Esses novos estudos desenvolveram a noção de que espécies são populações isoladas reprodutivamente de outras, e não somente tipos morfológicos semelhantes entre si.

Veja a seguir os princípios da síntese moderna evolutiva.

As populações apresentam variações genéticas, que surgem a partir de mutações ao acaso e da recombinação gênica.

As populações evoluem por causa de mudanças na frequência alélica*, que ocorrem por causa da seleção natural, da deriva genética e do fluxo gênico.

*Veja informações sobre alelos e frequência alélica no **Suplemento para o professor**.

Sistemática: área das Ciências que se ocupa em compreender, organizar e classificar a biodiversidade, com base, por exemplo, em relações evolutivas.

As ideias mendelianas foram desenvolvidas pelo monge austríaco Gregor Johann Mendel (1822-1884), que buscou explicar a transmissão de características ao longo das gerações por meio da reprodução.

Mutações

De maneira geral, as mutações podem ser consideradas modificações que ocorrem na sequência dos pares de bases nitrogenadas de uma molécula de DNA.

Representação de exemplo de mutação em sequência de DNA. Em **A**, a sequência original de DNA; em **B**, a sequência de DNA com a substituição de uma base nitrogenada.

A sequência de três bases nitrogenadas forma um códon, o qual codifica um aminoácido específico durante a produção de proteínas. Assim, em grande parte dos casos, alterações nos códons mudam os aminoácidos inseridos na proteína em produção.

As mutações são a base para a evolução dos seres vivos, pois provocam variações nos indivíduos de uma população. Por exemplo, a mutação pode alterar a capacidade de adaptação de um indivíduo, deixando-o propenso a sobreviver em certo ambiente, sob determinadas condições. Já a seleção natural atua na manutenção das mutações que conferem vantagem à espécie.

Apesar de a frequência de mutações naturais ser baixa em uma população, cerca de uma em um milhão, ela é suficiente para gerar diversidade genética.

4. É possível afirmar que as mutações são sempre benéficas à espécie?

5. As mutações são resultado apenas de alterações ao acaso no DNA? Explique sua resposta.

4. Não, pois, dependendo da mutação, ela poderá afetar a sobrevivência da espécie ou não ter nenhum efeito.
5. Espera-se que os estudantes respondam que não, pois as mutações também podem ser induzidas por agentes denominados mutagênicos, entre eles agentes químicos, como o ácido nitroso e a nicotina, e agentes físicos, como a radiação ultravioleta (UV).

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

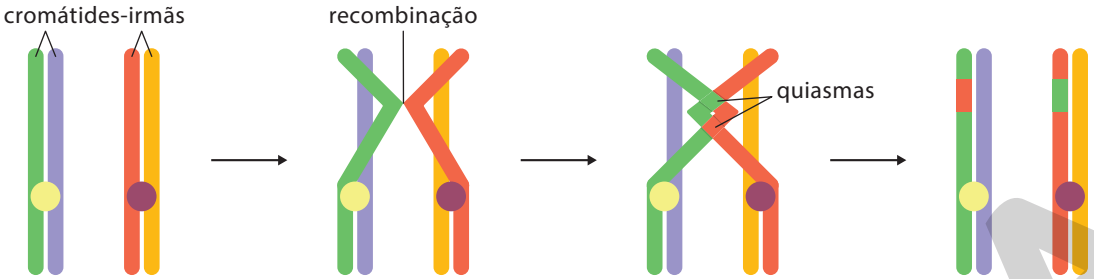
MODERNA

Cromossomo homólogo: é um dos integrantes de um par de cromossomos que, geralmente, são similares em tamanho e forma, sendo um de origem materna e outro de origem paterna.

Recombinação gênica

Na meiose, os gametas haploides formam-se a partir de células diploides, quando os homólogos podem se combinar livremente. Durante esse processo, pode ocorrer o *crossing-over*, que é a troca de segmentos dos cromossomos homólogos.

Assim como as mutações, a recombinação gênica aumenta a variabilidade genética de uma população. Essa recombinação consiste na troca de segmentos de DNA entre cromossomos homólogos de origem materna e paterna, misturando os genes parentais e resultando em aumento das combinações genéticas nos gametas.



*Nessa imagem, as cromátides-irmãs, embora idênticas entre si, foram representadas com cores distintas para facilitar a compreensão do esquema.

Ilustrações produzidas com base em: RIDLEY, M. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 60.

Representação de recombinação gênica entre cromossomos homólogos. Considere um par de cromossomos que se quebram no mesmo ponto e se recombinam. Imagem sem proporção e em cores-fantasia. *

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

O efeito de gargalo populacional pode ser observado em populações ameaçadas de extinção.

- Converse com os seus colegas sobre esse tema e, em seguida, discutam a importância de medidas que visam conservar as espécies, com base nos efeitos do gargalo populacional.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Deriva genética

A deriva genética ocorre quando eventos ao acaso promovem modificação nas frequências alélicas de determinada população. Esse processo ocorre em todas as populações, mas, quando estas são muito pequenas, ou seja, constituídas por um grupo reduzido de indivíduos que contribuem com genes para a próxima geração, a deriva genética atua com mais intensidade e pode aumentar a frequência de alguns alelos na população, enquanto outros são eliminados totalmente ao acaso. Esses eventos são denominados **gargalos populacionais**.

Outro exemplo de deriva genética envolve o **efeito do fundador**, que ocorre quando indivíduos pioneiros colonizam um novo local. A população resultante do cruzamento entre esses indivíduos terá frequência alélica parecida com eles e não com os indivíduos da população de onde partiram esses pioneiros. Esse efeito é semelhante ao do gargalo populacional.

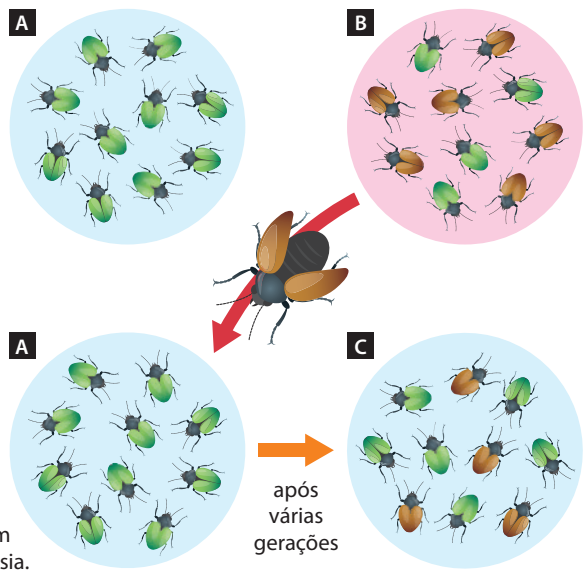
Migração

A migração ou fluxo gênico ocorre quando indivíduos (migrantes) chegam a uma nova localidade. Eles podem acrescentar alelos à população nativa ou modificar suas frequências alélicas.

Considere duas populações, uma de besouros verdes **A** e outra de besouros verdes e marrons **B**, ambas de mesma espécie.

Um besouro marrom da população **B** migra para a população **A**.

Após diversas gerações, na ausência de seleção natural, passa a haver besouros verdes e besouros marrons nessa população.



Representação de fluxo gênico envolvendo migração. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

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

MODERNA

Especiação natural

Em 1937, o geneticista ucraniano Theodosius Dobzhansky (1900-1975) publicou os resultados de seus estudos no livro *Genética e a origem das espécies*. Nesse livro, ele explica que mutações surgem naturalmente o tempo todo; algumas são prejudiciais em certas circunstâncias, outras favorecem seus portadores, mas grande parte delas não tem efeito algum. Estas últimas são denominadas mutações neutras, aparecem em populações diferentes e persistem, resultando em uma variabilidade que é muito maior do que se imaginava na época. Essa variabilidade é a chave para a evolução e para o processo de especiação.

Para compreender melhor esse assunto, vamos relembrar o conceito de espécie formulado por Dobzhansky e pelo biólogo alemão Ernst Mayr (1904-2005), que tem influência da teoria evolutiva de Darwin, o qual é o mais citado. Segundo esse conceito, espécie é um grupo de organismos semelhantes entre si e capazes de intercruzar em condições naturais, produzindo descendentes férteis. Ao se reproduzirem sexuadamente, as populações de espécies promovem um fluxo de genes entre si.

Para que a especiação ocorra, é necessário que os conjuntos gênicos da espécie ancestral e da nova espécie se diferenciem. Ou seja, é preciso interromper o fluxo gênico entre ambas. Por isso, a especiação pode ocorrer, por exemplo, pelo isolamento geográfico, em que populações de uma espécie são mantidas separadas por uma barreira geográfica, impedindo que os indivíduos de uma população cruzem com os de outra população, bloqueando, dessa maneira, o fluxo de genes entre elas. Com isso, inicia-se o processo de diferenciação, que pode levar à especiação.

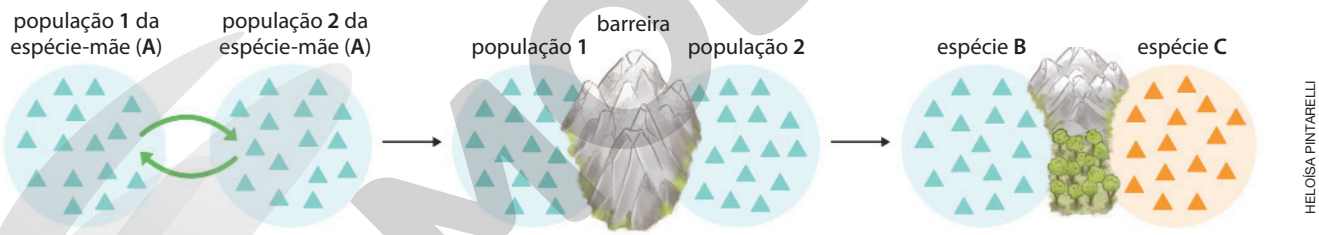
AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY/LIBRARY OF CONGRESS, FOTOARENA – COLEÇÃO PARTICULAR

Theodosius Dobzhansky

ASL/ULLSTEIN/GETTY IMAGES – COLEÇÃO PARTICULAR

Ernst Mayr

Embora o conceito biológico de espécie seja amplamente utilizado, ele tem algumas limitações e não se aplica a fósseis ou espécies de reprodução assexuada. Nesses casos, a identificação das espécies é feita, principalmente, com base em análises morfológicas. Estas, no entanto, não devem ser as únicas consideradas na definição de uma espécie, pois, muitas vezes, indivíduos da mesma espécie podem apresentar alterações em suas características visíveis diante de mudanças nas condições ambientais. Existem diversas definições de espécies.



HELOÍSA PINTARELLI

Inicialmente, há duas populações da mesma espécie. Os indivíduos de uma população cruzam entre si e também com a população vizinha.

Com o passar dos anos, forma-se uma barreira geográfica. As populações começam a divergir geneticamente, mas ainda poderiam se intercruzar, caso a barreira geográfica deixasse de existir.

Após muitos anos, desenvolve-se uma incompatibilidade reprodutiva, resultando em duas espécies-filhas. Mesmo que parte da barreira geográfica deixe de existir, as espécies poderão colonizar a mesma região, sem, contudo, se intercruzar, isto é, tornam-se isoladas reprodutivamente.

Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. *Vida*: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 415.

Representação de especiação por isolamento geográfico. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Com o estabelecimento de uma barreira para o fluxo gênico, as populações-filhas podem divergir entre si pela ação de fatores evolutivos, como seleção natural e deriva genética. Após diversas gerações, as diferenças entre as populações reduzem a probabilidade de que elas se intercruzem, e, com o tempo, o isolamento reprodutivo leva os indivíduos das populações a não se reconhecerem mais como parceiros sexuais.

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

MODELO

Evidências evolutivas

Atualmente, para a Ciência, é aceito e reconhecido que os seres vivos evoluem. Mas como podemos comprovar que a evolução das espécies realmente aconteceu? As respostas estão em evidências científicas. Veja algumas delas a seguir.

Âmbar: tipo de resina de árvore.

FRANTICOO/SHUTTERSTOCK

Fóssil de conchas de um molusco conhecido como amonite, que viveu há mais de 130 milhões de anos. Os estudos dos fósseis e das rochas onde são encontrados possibilitam aos cientistas conhecer como eram os seres vivos no passado e o ambiente onde eles viviam.

Fósseis

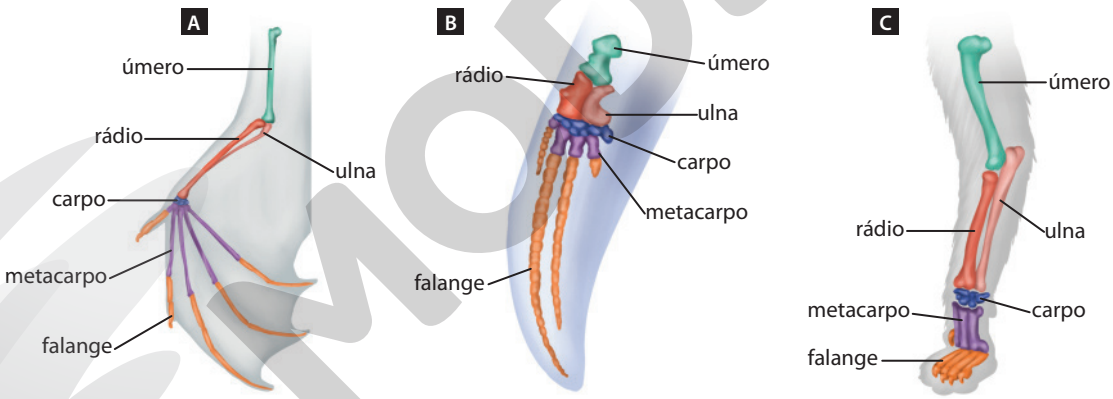
Os fósseis são restos ou vestígios de seres que viveram no passado. Podem ser formados por partes duras de organismos, como seus ossos ou conchas, e vestígios deixados por eles, como pegadas ou moldes. Outra possibilidade são os fósseis de organismos inteiros, como os encontrados em âmbar solidificado.

O estudo dos fósseis nos ajuda a conhecer a história evolutiva do planeta Terra, pois nos mostra como eram os seres que viveram no passado, possibilitando identificar possíveis elos com as espécies atuais e revelar as condições ambientais da época. Porém, esse registro não é completo, pois muitos fósseis não chegaram a ser encontrados. Além disso, nem todos os organismos deixaram restos ou vestígios que possibilitassem seu estudo.

Muitos dos fósseis encontrados são semelhantes às espécies atuais, o que pode evidenciar um parentesco evolutivo.

Anatomia comparada

Ao analisarmos a anatomia dos animais, é possível observar algumas semelhanças entre eles. Por exemplo, quando comparamos anatomicamente os membros anteriores de mamíferos, como baleia, gato e morcego, percebemos que essas estruturas são bastante semelhantes. Nesse caso, diz-se que essas estruturas apresentam **semelhança homóloga** (consideradas órgãos homólogos), pois correspondem a estruturas de origem embrionária semelhante, proveniente de um ancestral comum.



ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Ilustrações produzidas com base em: HOPSON, J. L.; WESSELLS, N. K. *Essentials of biology*. New York: McGraw-Hill, 1990. p. 9.

Representação dos membros anteriores de morcego (**A**), baleia (**B**) e gato (**C**). Note que, apesar de externamente distintos, essas estruturas compartilham os mesmos ossos, indicando uma origem comum. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Nos exemplos citados acima, porém, as estruturas apresentam funções distintas. No morcego, os membros anteriores são adaptados ao voo, na baleia, ao nado e no gato, à caminhada e à corrida. As estruturas homólogas que assumem funções diferentes ao longo do tempo são exemplos de **divergências evolutivas** e representam evidências evolutivas.

Por outro lado, as asas de aves, insetos e morcegos surgiram de maneira independente em grupos distintos de seres vivos, no entanto, são adaptações relacionadas a uma mesma função específica: o voo. Por isso, as asas nesses animas são consideradas uma **semelhança análoga**. Esse tipo de semelhança é um exemplo de **convergência evolutiva**, isto é, uma característica semelhante que evoluiu independentemente em duas espécies, mas que não estava presente no ancestral comum a elas. Dessa maneira, elas não evidenciam parentesco evolutivo.

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

Órgãos vestigiais

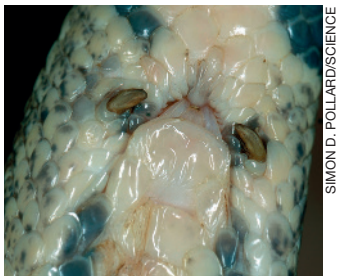
Alguns seres vivos apresentam **órgãos vestigiais**. Esses órgãos se assemelham a estruturas funcionais em determinados organismos, mas que não realizam nenhuma função.

Se analisarmos o esqueleto de uma serpente, por exemplo, é possível identificar ossos similares aos da bacia de outros animais, os quais estão relacionados com membros. Embora as serpentes atuais utilizem a musculatura do corpo para se locomoverem por rastejamento, análises fossilíferas comprovam que os ancestrais desses répteis tinham membros desenvolvidos, semelhantes aos dos lagartos.

Em algumas serpentes atuais, como as do gênero *Python*, é possível identificar externamente os órgãos vestigiais, os quais se apresentam como esporas pélvicas. Tais estruturas indicam que seus ancestrais tinham membros, sendo, portanto, uma evidência evolutiva.

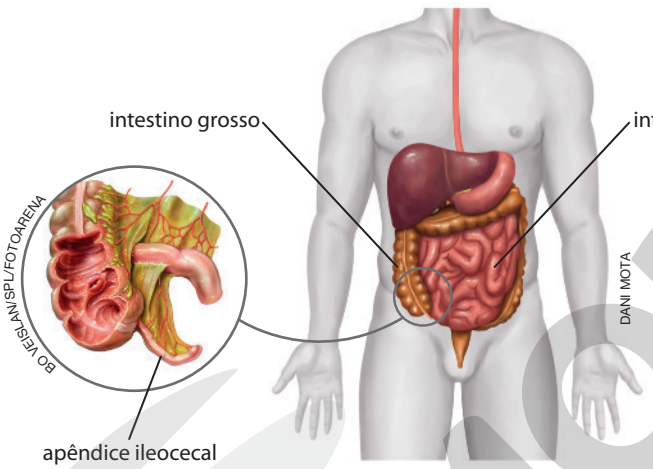
O ser humano também apresenta estruturas vestigiais, como o apêndice ileocecal, também conhecido como apêndice. Atualmente, essa estrutura apresenta grande concentração de nódulos linfáticos que controlam a entrada de bactérias no intestino grosso, por meio de resposta imune.

Por ser bem desenvolvida em mamíferos herbívoros, a presença dessa estrutura em seres humanos, ainda que de modo vestigial, indica uma ancestralidade comum entre diferentes grupos de mamíferos.



SIMON D. POLLARD/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Vista de parte inferior de serpente píton-real (*Python regius*), mostrando os esporões pélvicos. Essas estruturas correspondem a uma capa córnea sobre o fêmur vestigial, sendo utilizada pelos machos, por exemplo, durante o acasalamento e em confrontos com outros machos.

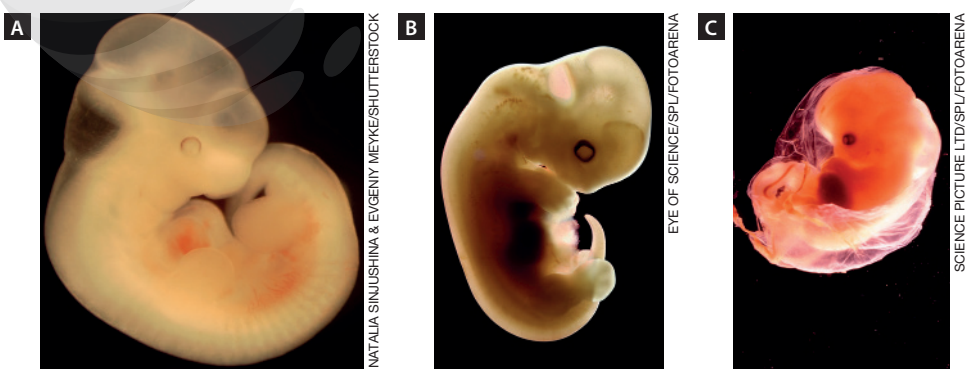


Representação de parte do sistema digestório humano, com destaque para a parte dos intestinos. O apêndice ileocecal é uma estrutura tubular localizada no ceco e, caso haja nele uma inflamação, desenvolve o quadro de apendicite, que pode exigir a retirada cirúrgica do apêndice. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 478.
PAULSEN, F.; WASCHKE, J. *Sobotta*: atlas de Anatomia humana: órgãos internos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. v. 2. p. 86.

Embriologia comparada

A análise comparada de embriões de diferentes grupos de seres vivos possibilita identificar algumas semelhanças no desenvolvimento embrionário, sendo, portanto, uma evidência evolutiva. Por exemplo, ao compararmos os embriões de três mamíferos, é possível identificar semelhanças e diferenças entre eles, o que direciona para a existência de um ancestral comum.



Imagens sem proporção.

Embriões de rato com 1,5 semana (**A**), de gato com 2 semanas (**B**) e de ser humano com 8 semanas (**C**).

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

MODERNA

Semelhanças moleculares

Todos os seres vivos são formados por células, que apresentam, como material genético, o DNA. Os genes são trechos do DNA que são transcritos em RNA e podem dar origem a proteínas. Dessa maneira, o DNA, o RNA e as proteínas são moléculas que podem ser comparadas e utilizadas para estabelecer o quanto uma espécie é próxima da outra. Por exemplo, quanto maior a semelhança entre as sequências de DNA das espécies, mais próximas evolutivamente elas são.

Equívocos sobre evolução

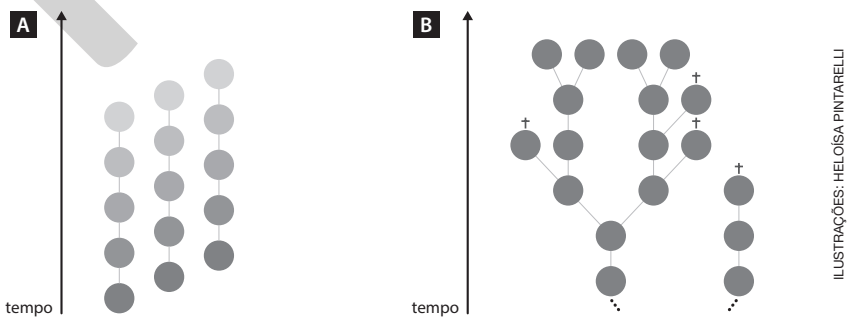
*Incentive os estudantes a responder à questão proposta no texto.

Se lhe dissessem que é possível associar a evolução a um progresso constante, tanto de complexidade quanto de melhora no desempenho do organismo, você concordaria com essa afirmação?* Muitas pessoas, ao responder a esta questão cometem um equívoco comum: o de associar evolução ao progresso. Há pessoas que acreditam que evolução é a passagem de uma forma de vida inferior ou primitiva para uma forma de vida superior. No entanto, evolução não significa progresso, tampouco é direcionada. Leia o trecho a seguir.

> [...]
>
> Evolução significa mudança, mudança na forma e no comportamento dos organismos ao longo de gerações. As formas dos organismos, em todos os níveis, desde sequências de DNA até a morfologia macroscópica e o comportamento social, podem ser modificadas a partir daquelas dos seus ancestrais durante a evolução. Entretanto, nem todos os tipos de mudanças biológicas estão incluídos nessa definição [...]. Alterações ao longo do desenvolvimento durante a vida de um organismo não representam evolução em seu senso estrito, pois a definição refere-se à evolução como uma "mudança entre gerações", de modo a excluir aspectos inerentes ao desenvolvimento. Uma mudança na composição de um ecossistema, que é formado por várias espécies, também não seria normalmente considerada como evolução. [...]
>
> RIDLEY, M. *Evolução*. Trad. Henrique Ferreira, Luciane Passaglia, Rivo Fischer. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 28.

A evolução biológica é uma mudança nas características determinadas geneticamente das populações, que ultrapassa o período de vida de um indivíduo. Por isso, é importante ressaltar que a evolução ocorre em populações e não nos genes e indivíduos, logo, um organismo sozinho não evolui. Além disso, as mudanças em uma população precisam ser transmitidas de uma geração a outra por meio do material genético.

Outro ponto a ser considerado é que a evolução não segue um padrão linear. Em relação a este aspecto, observe o exemplo a seguir.



ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Representação da comparação entre a teoria evolutiva elaborada por Lamarck (**A**) e a elaborada por Darwin/Wallace (**B**). Nestes esquemas, cada círculo representa uma espécie. Em **A**, os tons das cores, do mais escuro para o mais claro, indicam o aumento da complexidade dos seres vivos ao longo da evolução, o que não se observa em **B**.

Segundo a teoria de Lamarck, a espécie se modificaria seguindo um padrão linear, da mais simples para a mais complexa.

Segundo a teoria de Darwin e Wallace, ao comparar espécies distintas, estima-se que elas divergiram de um ancestral comum há bastante tempo e acumularam diferenças entre si; e essa história de vida pode ser representada por uma árvore da vida, como a mostrada acima. O símbolo (†) indica que a espécie foi extinta.

Ilustrações produzidas com base em: MEYER, D.; EL-HANI, C. N. *Evolução*: o sentido da biologia. São Paulo: Editora Unesp, 2005. p. 21.

Resposta no **Suplemento para o professor**.

- Tendo em mente o conceito de evolução, é correto considerar o ser humano o ápice evolutivo dos seres vivos? Explique.

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

MODERNA

Diga aos estudantes que a evolução não é previsível e direcionada a determinada adaptação. Esse processo ocorre ao acaso e sofre influência do ambiente, com base nas alterações genéticas que surgiram ao acaso ao longo do tempo.

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **1**, **2** e **4** no **Suplemento para o professor**.

1. A espécie de mariposa *Biston betullaria*, apresenta-se nas formas clara e escura. A partir da década de 1950, na Inglaterra, houve declínio das mariposas claras. Por muito tempo se associou essa observação à poluição crescente a partir da Revolução Industrial, acreditando que a fuligem permitiria que as mariposas escuras ficassem camufladas e que as claras, por serem mais visíveis, seriam mais predadas pelas aves. Entretanto, estudos posteriores indicaram que isso estava incorreto.

À noite, as mariposas têm o hábito de pousar nos caules das árvores. Já durante o dia, elas repousam especialmente nas partes mais sombreadas. O geneticista inglês Michael Majerus (1954-2009) realizou estudos em locais sem poluição, que permitem concluir que a forma escura é mais visível e, por isso, sofreu maior predação, resultando em aumento da população de mariposas claras.

SUSAN & ALLAN PARKER/ALAMY/FOTOARENA

Mariposas *Biston betullaria* clara (**A**) e escura (**B**). Essa espécie pode atingir aproximadamente 6 cm de envergadura.

a) As conclusões apresentadas por Majerus, corroboram com as ideias de Lamarck ou de Darwin/Wallace? Explique sua resposta.

b) Como a camuflagem pode contribuir para a sobrevivência de uma espécie?

2. Um estudante deparou-se com a seguinte notícia na televisão: "Há um aumento no número de mortes causadas por bactérias resistentes a antibióticos comuns." Com base nessa notícia, ele elaborou duas hipóteses para explicar o problema. **Hipótese A**: os antibióticos levaram ao aparecimento de bactérias resistentes e elas passaram a se multiplicar, transmitindo essa característica às gerações seguintes. **Hipótese B**: as bactérias mais resistentes aos antibióticos foram selecionadas e as menos resistentes não sobreviveram. As bactérias selecionadas passaram a se multiplicar, transmitindo essa característica às gerações seguintes.

a) Qual das hipóteses acima foi formulada com base nas ideias de Lamarck? Que lei presente na teoria de Lamarck está contemplada nela? Explique.

b) Qual das hipóteses foi formulada com base nas teorias de Darwin? Que teoria de Darwin está presente nessa hipótese?

3. **(UPF-RS)** A teoria da evolução biológica é considerada a base da Biologia moderna e existem várias evidências para corroborá-la. Em relação a esse assunto, analise as afirmativas a seguir.

I) As evidências da evolução biológica estão baseadas principalmente no estudo comparado dos organismos, tanto fósseis quanto atuais.

II) A presença de estruturas análogas em diferentes organismos, como por exemplo as asas das aves e dos insetos, é evidência de que ambos os tipos de organismos evoluíram a partir de um ancestral comum.

III) A presença de órgãos vestigiais em alguns organismos, como por exemplo o apêndice cecal (vermiforme) em humanos – considerando que em outros organismos esses mesmos órgãos são funcionais – , é uma evidência evolutiva.

IV) Há grande semelhança no padrão de desenvolvimento embrionário inicial em diversos vertebrados. Quanto mais próximos evolutivamente são os organismos, maior é a semelhança no desenvolvimento embrionário.

V) Espécies com maior proximidade evolutiva apresentam menor grau de similaridade nas sequências de bases nitrogenadas dos seus ácidos nucleicos.

Está **correto** apenas o que se afirma em:

a) I, II, IV e V.

b) I, III e IV.

c) III, IV e V.

d) II, III, IV e V.

e) I, II e IV.

Alternativa **b**.

4. Em Mianmar, na Ásia, existe uma comunidade indígena conhecida como Kayan Lahwi (ou Padaung). Nesse grupo, são consideradas atraentes mulheres de pescoço longo. Por isso, as mulheres dessa comunidade têm um costume interessante: utilizam argolas de bronze no pescoço a fim de alongá-lo, desde jovens, e, conforme crescem, acrescentam mais argolas. Como resultado, as mulheres mais velhas têm pescoços mais

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

MODERNA

longos. As argolas também são utilizadas nos pulsos e tornozelos, para afiná-los.

GEMUNU AMARASINGHE/AP PHOTO/GLOW IMAGES

Mulheres da comunidade Kayan Lahwi, Mianmar (2015). Elas são conhecidas popularmente como mulheres-girafa, por causa dos pescoços alongados.

a) A característica pescoço longo é transmitida ao longo das gerações? Justifique sua resposta.

b) Qual das afirmativas a seguir apresenta uma explicação lamarckista para a característica do pescoço das mulheres asiáticas citadas anteriormente? Justifique sua resposta.

I) Com o tempo, as mulheres dessa comunidade passarão a nascer com o pescoço alongado, sem que seja necessário utilizar as argolas.

II) Mulheres de todas as gerações desse povoado precisarão utilizar as argolas para terem um pescoço alongado, pois essa característica não é herdável.

c) O uso de argolas pelas mulheres em Mianmar pode ser considerada uma característica cultural? Explique.

5. Leia o trecho do texto abaixo e responda às questões propostas. Resposta no **Suplemento para o professor**.

[…]

Vários mecanismos impedem que as plantas fertilizem os próprios óvulos, o que promove a fertilização cruzada entre os indivíduos. Em flores hermafroditas, por exemplo, o pólen é muitas vezes liberado antes de os óvulos estarem prontos para a fertilização. Em outros casos, as anteras, estruturas florais onde fica o pólen, situam-se abaixo do estigma, onde o pólen deve ser depositado para chegar ao óvulo, dificultando muito a autofertilização. Além disso, muitas plantas são autoincompatíveis, ou seja, têm "bloqueios" genéticos que não permitem a autofertilização. […]

Acreditava-se que os grãos de pólen mais bem-sucedidos na fertilização seriam os que chegavam primeiro no estigma, mas descobriu-se que quem define o momento da "largada" da corrida é o órgão feminino. Apenas depois que muitos grãos de pólen (geneticamente diferentes) chegam para competir, mudanças químicas no órgão feminino dão início à disputa. Com isso, somente os mais vigorosos, com crescimento mais rápido do tubo polínico, fertilizarão os óvulos. […]

FONSECA, C. R. A intensa vida sexual das plantas. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 52, n. 311, p. 42. jan./fev. 2014.

a) Escreva em seu caderno o trecho do texto em que é possível identificar um tipo de seleção. Em seguida, explique sua escolha.

b) Quais são as vantagens de apresentar mecanismos que impedem que as plantas fertilizem os próprios óvulos?

c) O texto cita dois tipos de isolamento reprodutivo: o temporal e o espacial. Escreva o tipo de isolamento e copie o trecho que o exemplifica.

6. **(Fuvest-SP)** O conhecimento sobre a origem da variabilidade entre os indivíduos, sobre os mecanismos de herança dessa variabilidade e sobre o comportamento dos genes nas populações foi incorporado à teoria da evolução biológica por seleção natural de Charles Darwin.

Diante disso, considere as seguintes afirmativas:

I) A seleção natural leva ao aumento da frequência populacional das mutações vantajosas num dado ambiente; caso o ambiente mude, essas mesmas mutações podem tornar seus portadores menos adaptados e, assim, diminuir de frequência.

II) A seleção natural é um processo que direciona a adaptação dos indivíduos ao ambiente, atuando sobre a variabilidade populacional gerada de modo casual.

III) A mutação é a causa primária da variabilidade entre os indivíduos, dando origem a material genético novo e ocorrendo sem objetivo adaptativo.

Está correto o que se afirma em

a) I, II e III.
b) I e III, apenas.
c) I e II, apenas.
d) I, apenas.
e) III, apenas.

Alternativa **a**.

7. **(Unicamp-SP)** "Um poeta chamado Zhu Xi escreveu o seguinte há cerca de 1 200 anos: 'No topo das altas montanhas vejo conchas que me dizem que antigos lugares de baixa altitude se elevaram para os céus e moram agora nos mais elevados picos. Estas conchas dizem-me também que materiais vivos de animais se converteram nas mais duras e inertes rochas.' Essas palavras foram durante séculos lidas como se fossem versos. Mas Zhu Xi não era apenas um poeta: era um cientista, aquilo que, até há pouco se chamava um naturalista."

(Mia Couto,"Rios, Cobras e Camisas de dormir", em *E se Obama fosse africano? E outras intervenções*. 2.ed. Lisboa: Editorial Caminho, 2009, p. 58.)

O poema citado por Mia Couto faz referência

a) ao processo de migração de moluscos marinhos para topos de montanhas e a sua posterior fossilização.

b) ao processo de decomposição de materiais vivos que ocorre nas rochas duras e inertes presentes nos topos das montanhas.

c) à presença de fósseis de moluscos em montanhas que se formaram em regiões antes cobertas por água.

d) à existência de fósseis de moluscos que habitavam topos de montanhas e hoje estão extintos.

Alternativa **c**.

REPRODUÇÃO

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

CAPÍTULO

2

O surgimento do *Homo sapiens*

3. Espera-se que os estudantes respondam que o ser humano e o chimpanzé são mais próximos evolutivamente. Eles podem argumentar que morfologicamente esses dois animais apresentam mais semelhanças que as observadas quando comparamos o ser humano e o cachorro.

História geológica da Terra

Imagine que você é um cientista e precisa responder à questão a seguir.

> "Se distribuirmos o tempo geológico (4,6 bilhões de anos) em um calendário atual, em que dia e mês do ano teria surgido a espécie humana (*Homo sapiens*)?"

1. Qual a sua resposta para a questão ao lado?
2. O que você pode concluir ao comparar o tempo geológico e o período provável em que o ser humano surgiu?

Respostas no **Suplemento para o professor**.

Estudamos anteriormente algumas evidências do processo de evolução dos seres vivos. Vimos, por exemplo, que a análise de fósseis e de características das rochas nas quais eles são encontrados pode indicar o período geológico e as condições em que esses seres vivos viviam na Terra, além de compreender como eles eram no passado e a sua influência nas formas de vida existentes atualmente.

Ao responder à questão acima, é possível concluir que o surgimento do ser humano moderno (*Homo sapiens*) na Terra é um evento relativamente recente na história do planeta. É sobre esse assunto que vamos estudar nas próximas páginas.

Estudando a filogenia do ser humano

Filogenia: estudo das relações evolutivas entre os grupos de seres vivos.

3. Em sua opinião, qual dos animais é mais próximo evolutivamente do ser humano: o cachorro ou o chimpanzé? Justifique sua resposta.

THOMAS MARENT/MINDEN PICTURES/FOTOARENA

Fêmea de bugio-preto (*Alouatta caraya*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 50 cm de comprimento. Nessa fotografia, é possível identificar algumas das características comuns aos primatas, como hábito arbóreo, olhos voltados para a frente, mãos e pés preênseis, cinco dígitos com polegar opositor e unhas e membros articulados.

De acordo com a classificação biológica, tanto o cachorro quanto o ser humano e o chimpanzé são mamíferos. No entanto, o primeiro faz parte da ordem dos carnívoros, enquanto os dois últimos compõem a ordem dos primatas, compartilhando, assim, mais características em comum, tendo em vista que o ancestral comum entre eles é mais recente do que o ancestral do ser humano e do cachorro.

Para compreender a história evolutiva do ser humano e a sua relação com outros seres vivos, como os outros primatas, é preciso compreender também a sua posição evolutiva em relação às demais espécies existentes atualmente, bem como conhecer as mudanças pelas quais espécies ancestrais passaram até o surgimento da espécie *Homo sapiens*, com as características atuais. Essa compreensão é possível por meio da análise das relações evolutivas do *Homo sapiens* com as demais espécies.

A maioria dos primatas apresenta as seguintes características: sentido da visão bem desenvolvido, e, geralmente, olhos voltados para a frente; hábitos arbóreos; mãos e pés preênseis, ou seja, capazes de segurar; cinco dígitos e polegar opositor; garras modificadas em unhas; ossos dos membros (rádio e ulna e tíbia e fíbula) separados e que se movimentam por meio de articulações; osso da clavícula; ninhada pequena de, geralmente, um filhote.

Acredita-se que os ancestrais humanos eram arborícolas e apresentavam as características descritas acima, muitas das quais foram precursoras das particularidades apresentadas pelos seres humanos.

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

MODERNA

4. Qual é a importância da oposição do polegar das mãos?

Ele permite que se tenha uma pegada de precisão, facilitando a manipulação de objetos. O polegar e os outros dedos são usados como se fossem pinças.

Ilustrações produzidas com base em: *Evolução humana e aspectos socio-culturais*. Disponível em: <http://www2.assis.unesp.br/darwinnobrasil/humanev3.htm>. Acesso em: 29 jul. 2020.

HELOÍSA PINTARELLI

Representação das mãos de alguns primatas: babuíno (**A**), chimpanzé (**B**), gorila (**C**) e ser humano (**D**). Observe a posição do polegar em relação aos demais dedos, presente em diferentes primatas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

A característica de polegar opositor das mãos é comum a diversos primatas, inclusive aos seres humanos. No entanto, os polegares opositores dos pés não ocorrem em todos os primatas. Aliás, a ausência desse polegar opositor nos pés é uma característica que distingue os seres humanos dos demais primatas.

Imagens sem proporção.

TONI ANGERMAYER/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

O OHYPERBLASTER/SHUTTERSTOCK

Vista ventral do pé de chimpanzé-comum (*Pan troglodytes*) em **A**, e pé de ser humano, em **B**. A perda do polegar opositor do pé ao longo da evolução está diretamente relacionada com o modo de locomoção desenvolvido pelos seres humanos.

Como você pôde perceber até o momento, o ser humano é evolutivamente mais próximo de alguns seres vivos do que de outros. Ao longo do tempo, foram propostas diversas classificações taxonômicas, visando identificar as possíveis relações entre os diferentes grupos de primatas. Atualmente, considera-se como mais adequada a classificação que se baseia em informações genéticas.

Com base nessa classificação taxonômica, a ordem dos primatas pode ser dividida em subordens*, como a dos prossímios e a dos antropoides.

*Subordem é uma categoria taxonômica intermediária, entre ordem e família.

Os **prossímios** são primatas menores com focinho longo e cérebro pequeno quando comparado ao dos antropoides. Apresentam uma dieta generalista e são encontrados na África, na Ásia e na ilha de Madagascar. Veja exemplos abaixo.

DAVID HAVEL/SHUTTERSTOCK

Lêmure-de-cauda-anelada (*Lemur catta*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 46 cm de comprimento.

ROD WILLIAMS/NATURE PL/FOTOARENA

Lóris-pigmeu (*Nycticebus pygmaeus*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 25 cm de comprimento.

TIM LAMAN/NATURE PL/FOTOARENA

Társio (*Tarsius bancanus*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 13 cm de comprimento.

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

Os **antropoides**, por sua vez, apresentam cérebro relativamente grande e face pequena. Eles são divididos em antropoides (ou macacos) do Novo Mundo (Infraordem Platyrrhini) e antropoides (ou macacos) do Velho Mundo (Infraordem Catarrhini), nos quais estão inclusos os hominíneos,* como o ser humano.

*Hominínios é o termo usado para se referir aos membros da tribo Hominini. Lembrando que tribo é uma categoria taxonômica abaixo de família e acima de gênero.

Todos os Platyrrhini são arborícolas, encontrados nas Américas, e a maioria tem cauda longa e preênsil, a qual é utilizada para se prender aos galhos. Veja os exemplos abaixo.

CARLOS EZEQUIEL VANNONI/SHUTTERSTOCK

Mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 36 cm de comprimento.

ROLAND SEITRE/MINDEN PICTURES/FOTOARENA

Macaco-da-noite (*Aotus trivirgatus*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 47 cm de comprimento.

MARK BOWLER/NATURE PL/FOTOARENA

Bugio (*Alouatta seniculus*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 72 cm de comprimento.

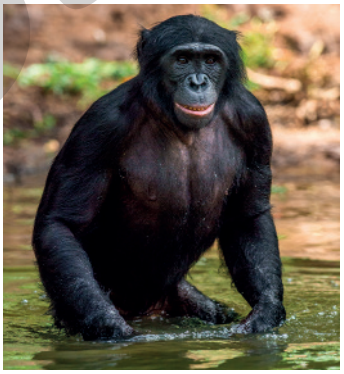
Quanto aos Catarrhini, nem todos são arborícolas, havendo também, entre eles, espécies terrestres. Os primatas dessa infraordem apresentam as narinas próximas, voltadas para a frente e para baixo, e a maioria é de grande porte, podendo ser encontrados na África e na Ásia. Veja os exemplos abaixo.

MIROSLAV CHYTIL/SHUTTERSTOCK

Babuíno-anúbis (*Papio anubis*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 76 cm de comprimento.

ZULFACHRI ZULKIFLI/SHUTTERSTOCK

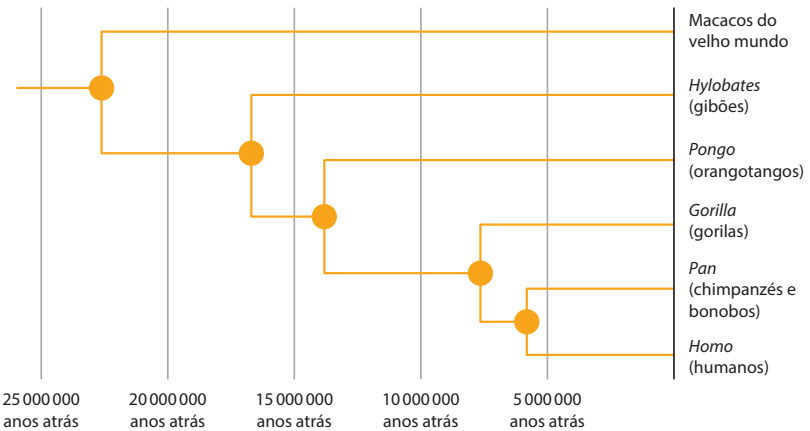
Gibão (*Hylobates lar*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 58 cm de comprimento.



SERGEY URYADNIKOV/SHUTTERSTOCK

Bonobo (*Pan paniscus*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 1,24 m de comprimento.

Por meio de análises filogenéticas, é possível, por exemplo, identificar as espécies com as quais o ser humano apresenta parentesco evolutivo mais recente. Os dados filogenéticos também podem ser usados para construir representações gráficas chamadas de **árvores filogenéticas**. Veja o exemplo ao lado.



HELOÍSA PINTARELLI

Ilustração produzida com base em: AYALA, F.; CONDE-CELA, C. *Processes in human evolution*: the journey from early hominins to Neanderthals and modern humans. New York: Oxford University Press, 2017. p. 82.

Árvore filogenética dos primatas.

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

Ao analisar a árvore filogenética da página anterior, é possível perceber que os seres humanos compartilham um ancestral mais recente com chimpanzés do que com gorilas, orangotangos e gibões. Assim, há evidências de que esse ancestral comum deu a origem a dois grupos distintos – o dos seres humanos e o dos bonobos e chimpanzés. Essa proximidade é refletida na classificação desses dois grupos. Veja a seguir.

O ser humano faz parte da família Hominidae, a qual também inclui grandes símios. Essa família pode ser subdividida em subfamílias: Ponginae, que inclui os orangotangos; Gorillinae, que inclui os gorilas; e Homininae, que inclui seres humanos e chimpanzés. Veja a classificação completa abaixo.

Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Espécies viventes
Hominidae	Ponginae	Pongini	Pongina	orangotangos
	Gorillinae	Gorillini	Gorillina	gorilas
	Homininae	Panini	Panina	chimpanzés bonobos
		Hominini (hominínios)	Ardipithecina (ardipiths) Australopithecina (australopitecos) Paranthropitecina (Paranthropus) Hominina (homo)	seres humanos

Fonte: AYALA, F.; CONDE-CELA, C. *Processes in human evolution*: the journey from early hominins to Neanderthals and modern humans. New York: Oxford University Press, 2017. p. 53.

Há, também, evidências de que chimpanzés e bonobos são mais próximos dos seres humanos do que dos outros antropoides do Velho Mundo viventes na atualidade. Por isso, um ancestral teria originado os seres humanos, os chimpanzés e os gorilas. Nesse caso, análises indicam que *Ouranopithecus*, um gênero de primatas extintos, que viveu antes de seres humanos, chimpanzés e gorilas, poderia ser o ancestral comum a esses hominídeos devido às suas características.

Estima-se que a semelhança genética entre seres humanos e chimpanzés seja de, aproximadamente, 99%. Assim, esses animais compartilham características e uma história evolutiva mais próxima ao ser humano do que se supunha no passado.

KARL AMMANN/NATURE PL/FOTOARENA

Valerie Jane Morris-Goodall (1934-), etóloga inglesa, observando uma família de chimpanzés. Morris-Goodall é considerada a cientista que mudou a maneira de o ser humano ver outros primatas, como os chimpanzés, e de se enxergar em relação a eles. Entre seus diversos estudos, ela comprovou que os chimpanzés são capazes de fabricar e de utilizar ferramentas, característica até então considerada exclusivamente humana.

De acordo com as evidências evolutivas, podemos afirmar, então, que seres humanos e chimpanzés compartilharam um ancestral comum, o qual se diversificou ao longo do tempo, dando origem às duas linhagens. Dessa maneira, o correto é dizer que seres humanos e chimpanzés compartilham um ancestral comum exclusivo, e não que o ser humano evoluiu a partir dos chimpanzés, considerados mais próximos evolutivamente da espécie humana.

Além da espécie humana, existiram dezenas de outras espécies de homininíneos, as quais foram extintas. Algumas dessas espécies compartilhavam características comuns, como o andar bípede sustentado, a coluna vertebral ereta, a ausência de cauda, o cérebro proporcionalmente grande, comparado a outros animais, e os ossos da maxila e da mandíbula menores.

MODERNA

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

O andar bípede é uma das principais características humanas. Ao andar sobre as pernas, as mãos ficaram livres e se tornaram úteis para coletar e carregar alimentos, cuidar da prole, além de demandar um menor gasto energético. A postura bípede permitia, ainda, uma melhor visualização de possíveis predadores, o que poderia ser útil na defesa individual e na do grupo.

Há evidências de que a postura ereta foi essencial no ambiente cada vez mais árido, tendo em vista que nessa postura a área de exposição à radiação solar é menor, quando comparada com um ser vivo quadrúpede, que também está mais próximo ao solo. Como resultado, o andar bípede auxiliou a reduzir a perda de água para o ambiente. Evidências também indicam que o andar bípede possibilitou percorrer grandes distâncias.

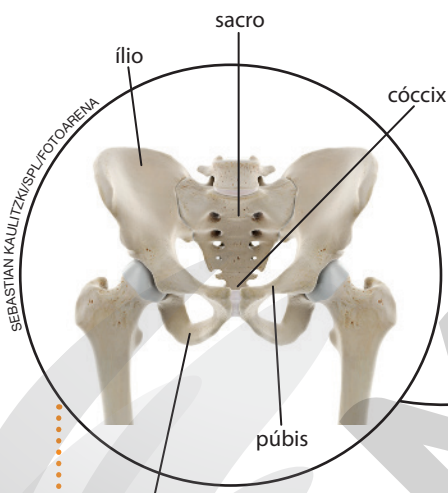
O esqueleto humano apresenta diversas características relacionadas ao andar bípede. Veja a seguir.

Forame magno: abertura por onde a medula espinal passa e se liga ao encéfalo.

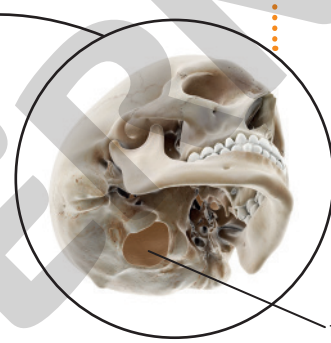
Pelve: estrutura formada por ossos do quadril (ílio, ísquio e púbis), sacro e cóccix.

Em primatas quadrúpedes, o forame magno está deslocado para a porção traseira do crânio. Em bípedes, como o ser humano, o forame magno está posicionado mais ao centro da parte inferior do crânio, favorecendo um posicionamento vertical da cabeça.

A coluna humana tem uma curvatura em S, posicionando o centro de gravidade do corpo próximo à linha média. Essa estrutura facilita o equilíbrio durante o andar bípede e permite que a coluna vertebral se flexione durante a caminhada.



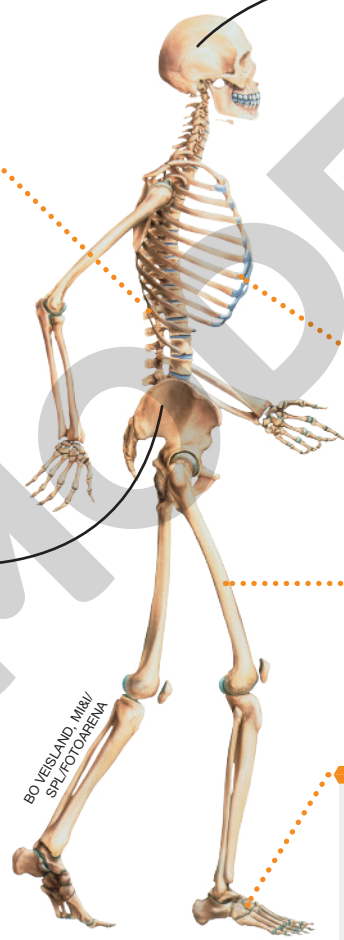
SEBASTIAN KAULITZKI/SPL/FOTOARENA



SEBASTIAN KAULITZKI/SPL/FOTOARENA

forame magno

A organização da caixa torácica humana possibilita flexionar o tronco e manter os braços livres, o que o ajuda no equilíbrio corporal enquanto caminha.



O fêmur dos seres humanos é mais longo e transfere o peso exercido pelo corpo para joelhos e pés.

BO VEISLAND, MI&V/SPL/FOTOARENA

A pelve dos seres humanos é mais larga e curta do que a dos demais primatas, suportando melhor a parte superior do corpo e favorecendo o equilíbrio durante o andar bípede.

Em geral, os pés dos primatas são adaptados para o andar quadrúpede, bem como para agarrar; eles apresentam grandes diferenças entre os dedos dos pés e solas planas.
Os pés dos seres humanos apresentam dedos alinhados, com solado exibindo um pronunciado arco. Essas adaptações permitem que os dedos dos pés impulsionem o caminhar e o calcanhar amorteça os impactos desse tipo de locomoção.

Representação de sistema esquelético humano com destaque para algumas adaptações relacionadas ao andar bípede. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Apesar das diversas evidências sobre a evolução humana, ela ainda apresenta muitas lacunas, uma vez que não temos um registro fóssil completo. A cada nova descoberta fóssil, novas espécies podem ser inseridas na história evolutiva do ser humano, confirmando, complementando ou alterando algo em relação ao que se sabe até então.

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

MODERNA

História evolutiva do ser humano

Os hominíneos, provavelmente, separaram-se dos chimpanzés entre 8 e 5 milhões de anos atrás. Há poucos registros fósseis de hominíneos e aqueles que foram encontrados são relativamente recentes. O fóssil que alguns pesquisadores consideram como o hominíneo mais antigo já encontrado é o de *Sahelanthropus tchadensis*, encontrado no Chade, na África. Estima-se que ele tenha vivido entre 6 e 7 milhões de anos atrás e apresentava características tanto de primatas não humanos quanto de seres humanos.

PUWADOL JATURAWUTTHICHAI/ ALAMY/FOTOARENA

Crânio reconstituído de *Sahelanthropus tchadensis*. Entre as características não humanas apresentadas por *S. tchadensis* podemos citar: crânio alongado com cérebro reduzido, sendo inferior ao do próprio chimpanzé, rosto inclinado e sobrancelhas proeminentes. Quanto às características semelhantes às humanas, podemos citar dentes caninos reduzidos e abertura do crânio para inserção da medula espinhal favorável ao andar bípede.

Outro fóssil importante na história evolutiva humana é o de *Orrorin tugenensis*, descoberto no Quênia, na África. O fêmur desse animal indica que ele também poderia ser bípede, e estima-se que tenha vivido há, aproximadamente, 6 milhões de anos. Veja a seguir.

Explique aos estudantes que a partir dos fósseis encontrados de algumas espécies, com o auxílio de diferentes tecnologias, foram feitas reconstituições da provável face que apresentavam.

Australopithecus bahrelghazali
(3,6–3 milhões de anos)

Australopithecus garhi
(2,5–2,3 milhões de anos)

Orrorin tugenensis
(6,2–5,6 milhões de anos)

Ardipithecus ramidus
(4,5–4,3 milhões de anos)

Kenyanthropus platyops
(3,5–3,3 milhões de anos)

Paranthropus aethiopicus
(2,7–2,3 milhões de anos)

7 milhões de anos | 6 milhões de anos | 5 milhões de anos | 4 milhões de anos | 3 milhões de anos

Ardipithecus kadabba
(5,8–5,2 milhões de anos)

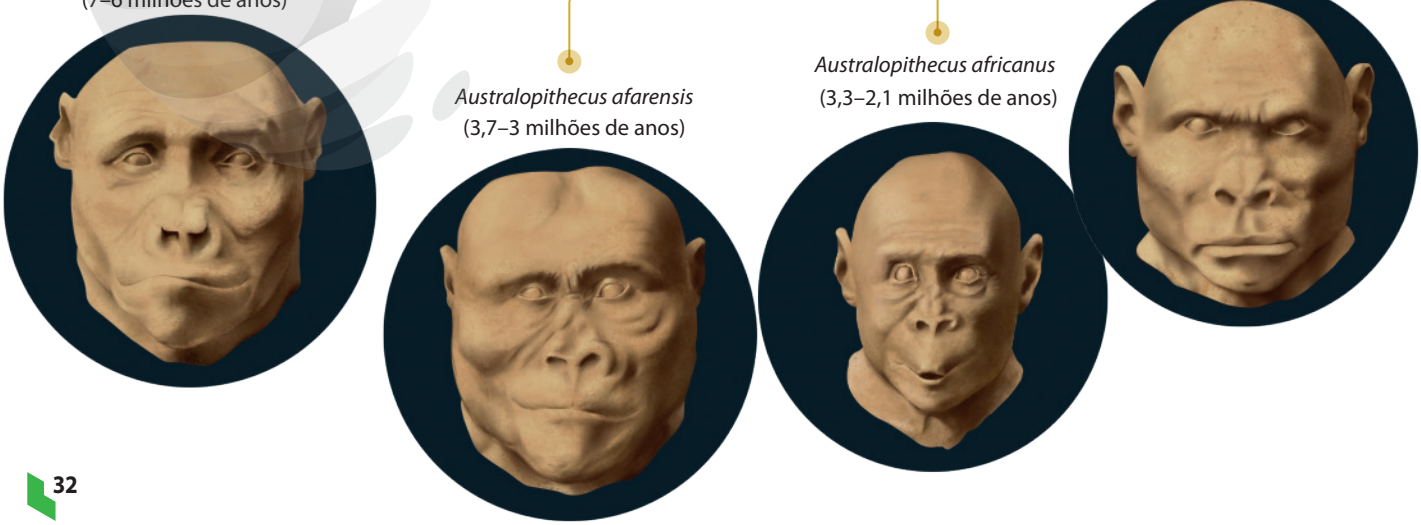
Australopithecus anamensis
(4,2–3,9 milhões de anos)

Homo habilis
(2,4–1,6 milhão de anos)

Sahelanthropus tchadensis
(7–6 milhões de anos)

Australopithecus africanus
(3,3–2,1 milhões de anos)

Australopithecus afarensis
(3,7–3 milhões de anos)



MODERNA

Representação de algumas espécies de hominíneos e o provável tempo em que viveram. Repare que muitos deles coexistiram por algum tempo. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

ALEXANDRE DE SOUZA

Homo erectus
(1,8 milhão de anos a 100 000 anos atrás)

Homo ergaster
(1,9–1,5 milhão de anos)

Paranthropus boisei
(2,3–1,4 milhão de anos)

Homo heidelbergensis
(600 000–200 000 anos atrás)

Homo neanderthalensis
(350 000–28 000 anos atrás)

2 milhões de anos

1 milhão de anos

Paranthropus robustus
(2–1,2 milhão de anos)

Homo antecessor
(1,2 milhão de anos a 500 000 anos atrás)

Homo sapiens
(200 000 anos atrás até a presente data)

Australopithecus sediba
(1,95–1,78 milhão de anos)

Homo georgicus
(1,8 milhão de anos)

Homo floresiensis
(95 000–50 000 anos atrás)

Ilustração produzida com base em: ROBERTS, A. *Evolution*: the human story. New York: Dorling Kindersley, 2011. p. 60-61.

MODERNA

Veja a seguir mais informações sobre alguns gêneros de hominíneos que fazem parte da evolução dos seres humanos modernos.

Gênero *Australopithecus*

ELISABETH DAYNES/SPL/FOTOARENA

Fósseis de *Australopithecus anamensis* foram descobertos no Norte do Quênia. Datados de 4,2 e 3,9 milhões de anos atrás, esses fósseis apresentavam postura bípede e há evidências de que sejam ancestrais de *A. afarensis*, um hominídeo que viveu entre 3,7 e 3 milhões de anos atrás. Vários fósseis de *A. anamensis* foram encontrados na Etiópia, na Tanzânia e no Quênia e suas análises indicam que tais hominíneos viveram em um ambiente seco, do tipo savana, havendo a possibilidade de terem vivido em grupos. Eles possuíam características tanto de hominíneos quanto de primatas não hominíneos, eram bípedes e apresentavam dimorfismo sexual, sendo os machos bem maiores do que as fêmeas.

Há evidências de que o *Australopithecus garhi* viveu há 2,5 milhões de anos no Norte do continente africano. Membros dessa espécie utilizavam ferramentas para dilacerar animais, indicando que sua dieta era à base de carne e, portanto, rica em proteínas e gorduras, diferentemente dos grupos estudados até agora, cuja dieta era onívora.

Reconstituição de Lucy (à esquerda) e Lucien (à direita), uma fêmea e um macho, respectivamente, de *Australopithecus afarensis*. Os ossos de Lucy, cuja idade é de aproximadamente 3,3 milhões de anos, foram encontrados na Etiópia, entre 1973 e 1977. Já os ossos de Lucien foram encontrados na mesma região, em 1991.

Gênero *Paranthropus*

Outros hominíneos que viveram na região Leste da África foram classificados no gênero *Paranthropus*. Durante certo tempo, eles foram considerados como membros do grupo robusto de *Australopithecus*, mas um estudo mais detalhado comprovou que se tratava de um gênero à parte. Sua descoberta indica que a linhagem de hominíneos não evoluiu de maneira linear como se pensava no passado, de australopitecos ao gênero *Homo*, até o ser humano atual. Essa linhagem divergiu, formando outro ramo na evolução dos hominídeos. *Paranthropus aethiopicus* viveu entre 2,7 e 2,3 milhões de anos atrás. Alguns estudiosos acreditam que essa espécie pode ser descendente de alguma espécie do gênero *Australopithecus*, pois compartilham algumas semelhanças no crânio.

Gênero *Homo*

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA/UIG/GETTY IMAGES

Estima-se que uma linhagem do gênero *Homo* tenha surgido a partir de um ancestral do gênero *Australopithecus*. A espécie *Homo habilis* foi uma das primeiras desse gênero e viveu no Leste e no Sudeste da África, entre 2,4 milhões e 1,6 milhão de anos atrás. De acordo com os fósseis encontrados, eles viviam em unidades familiares e produziam ferramentas de pedra lascada. Nessa espécie, o dimorfismo sexual era acentuado e os machos eram bem maiores do que as fêmeas.

Outra espécie é a do *Homo rudolfensis*, que viveu no Leste da África, entre 1,9 e 1,8 milhão de anos atrás, o que indica que coexistiu com o *H. habilis*. A espécie *Homo erectus* apresenta algumas características semelhantes às do ser humano atual, como os braços mais curtos em relação às pernas, diferentemente da maioria das espécies anteriores, que tinham os braços mais longos.

Reconstituição de *Homo erectus*. As características físicas dessa espécie indicam que seus representantes viviam sobre o solo, sendo, portanto, distintos dos hominíneos anteriores, que, provavelmente, alternavam a escalada em árvores, por exemplo, para fugir de predadores à noite, com a caminhada no solo.

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

MODERNA

É provável que o *H. erectus* pudesse caminhar e percorrer longas distâncias. Os fósseis indicam que esse hominíneo construía ferramentas de pedras, como machadinhas e cutelos. Existem indícios de que essa espécie manipulava o fogo, fazendo fogueiras, provavelmente para se aquecer. Também há evidências de que vivia em grupos e cuidava dos membros mais velhos da unidade familiar. Fósseis do *H. erectus* já foram encontrados na África e na Ásia e estima-se que tenham vivido entre 1,8 milhão e 100 mil anos atrás.

Em 1857, no vale de Neander, na Alemanha, foi encontrado o fóssil de um hominíneo batizado como homem de Neandertal (*Homo neanderthalensis*). Essa linhagem viveu entre 350 000 e 28 000 anos atrás, em meio a Europa e a Ásia ocidental. As áreas cerebrais relacionadas à fala eram tão desenvolvidas quanto as dos seres humanos atuais, mas não se sabe como se comunicavam. Seu corpo suportava o frio glacial e viveram na chamada Idade do gelo, na Europa. Fósseis encontrados sugerem que essa espécie praticava rituais, como enterrar os entes que faleciam e deixar-lhes flores, hábitos não encontrados em outros hominíneos.

Algumas evidências também demonstram que os neandertais cuidavam dos mais incapazes, fato não observado nas linhagens anteriores. Eles fabricavam uma diversidade de ferramentas consideradas sofisticadas, viviam em abrigos e utilizavam roupas feitas de pele de outros animais, já que eram grandes caçadores. Os tipos de caças variavam sazonalmente, com renas no inverno e veados no verão. As fraturas nos ossos desses hominíneos sugerem que tais interações com animais grandes durante a caça poderiam trazer prejuízos aos neandertais. Eles também dominavam o fogo, elemento imprescindível para se aquecerem.

A espécie *Homo sapiens*, única espécie vivente desse gênero, habita o planeta há cerca de 200 000 anos. Alguns dos primeiros fósseis dessa espécie foram encontrados em uma caverna chamada Cro-Magnon, no Sudeste da França, e evidenciam que eles cuidavam uns dos outros, o que pode ter favorecido sua sobrevivência.

Assim como outras espécies de hominíneos, o *H. sapiens* também fazia suas próprias ferramentas, entretanto, elas eram mais especializadas do que a dos outros grupos e passaram a ser utilizadas na caça, na pesca, na coleta de alimentos e na costura. Além disso, viviam em abrigos, onde morava um grande número de indivíduos, e também controlavam o fogo, utilizando-o para se aquecer e cozinhar.

Durante muito tempo, os representantes de *H. sapiens* foram caçadores e coletores. Porém, há cerca de 11 000 anos, passaram a cultivar plantas para a alimentação, desenvolvendo, assim, a agricultura e, posteriormente, a criação de animais. Dessa forma, a necessidade de caçar para se obter alimento diminuiu, uma vez que os animais criados forneciam leite, carne, couro, pele e ovos.

A organização social da espécie *H. sapiens* também era mais elaborada, com o desenvolvimento de uma linguagem falada e com grande expressão artística. Criaram rituais complexos de arte, referentes à música e à produção de adornos. Sua capacidade de sobrevivência e adaptação permitiu que se espalhassem por todos os continentes.

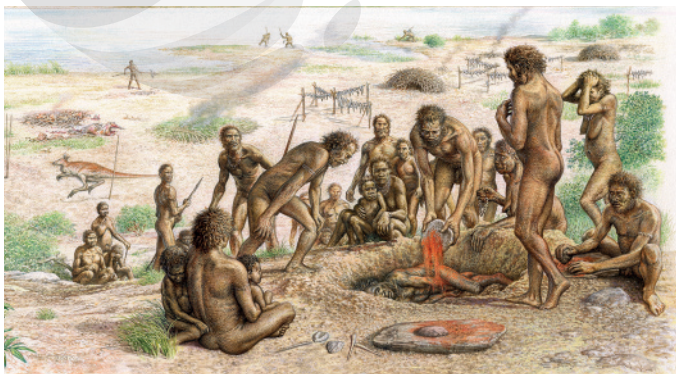
5. Por que o domínio do fogo pode ter sido importante para os hominídeos?

6. Qual é a vantagem de construir abrigos?

ELISABETH DAYNES/SPL/FOTOARENA

Reconstituição de *Homo neanderthalensis*. Os hominíneos, como o *H. neanderthalensis*, apresentavam uma face relativamente achatada e cérebro maior. O formato da face mantém os dois olhos posicionados de modo que o campo visual seja mais abrangente, conferindo uma visão estereoscópica, isto é, relacionada à percepção de profundidade. Acredita-se que essa característica teria sido importante para nossos ancestrais, que se deslocavam na mata.

Cutelo: instrumento feito com lâmina cortante, presa a um cabo de madeira.



JOHN SIBBICK/SPL/FOTOARENA

Representação de hominíneos da espécie *H. sapiens* durante ritual de sepultamento na região que hoje representa o estado de Nova Gales do Sul, na Austrália. A elaboração da cena foi baseada em fósseis encontrados na região em 1974. Os ossos pertenciam a um homem de aproximadamente 50 anos de idade que viveu nessa região há cerca de 40 000 anos. Evidências indicam que o corpo foi polvilhado com ocre vermelho, um pigmento mineral, tornando esse o primeiro exemplo conhecido de um ritual fúnebre sofisticado.

5. Porque permitia que eles se aquecessem e espantassem possíveis predadores; além disso, pode ter sido útil para cozinhar os alimentos e para iluminar os ambientes durante o período da noite.

6. Os abrigos auxiliavam na sobrevivência, pois eram lugares em que eles podiam repousar e dormir, protegendo-se do frio e de possíveis predadores.

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

MODERA

ATIVIDADES

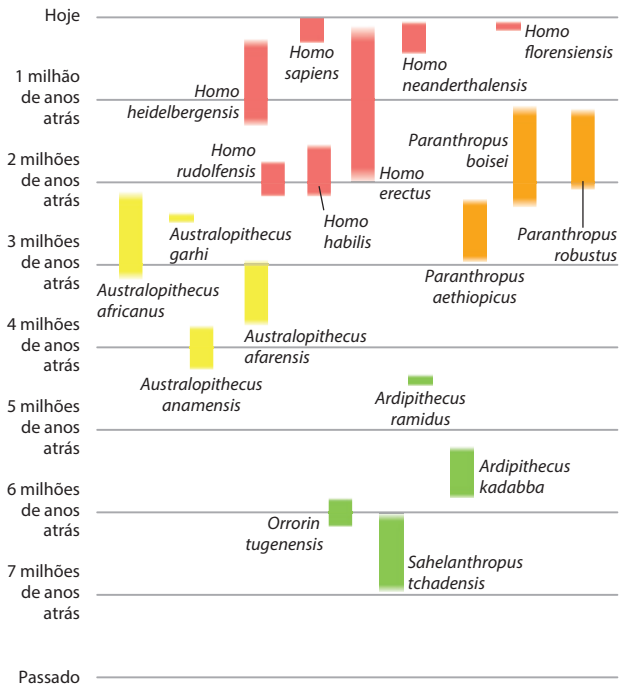
Registre em seu caderno.

1. a) A espécie de hominíneo conhecida mais antiga é a *Sahelanthropus tchadensis* e ela é classificada em um gênero diferente do ser humano atual, o qual pertence ao gênero *Homo*.

1. c) Os hominídeos apresentados no esquema compartilham o andar bípede entre si. Com os chimpanzés e gorilas há o compartilhamento apenas do polegar opositor das mãos.

1. Observe a linha do tempo a seguir, que apresenta algumas espécies de hominíneos. Com base nesse esquema e nos seus conhecimentos, em seu caderno, reescreva as afirmações incorretas, corrigindo-as.

HELOÍSA PINTARELLI



Linha do tempo contendo algumas espécies de hominíneos.

Ilustração produzida com base em: SMITHSONIAN NATIONAL MUSEUM OF NATURAL HISTORY. *What does it mean to be a human?* Disponível em: <https://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species>. Acesso em: 29 jul. 2020.

a) A espécie de hominíneo mais antiga conhecida é a *Sahelanthropus tchadensis* e pertence ao mesmo gênero do ser humano atual.

b) O *Homo habilis* não conviveu com gêneros distintos de hominíneos. *Homo habilis* conviveu com gêneros distintos de hominíneos (*Paranthropus* e *Australopithecus*).

c) Os hominíneos apresentados no esquema compartilham o andar bípede e o polegar opositor com os chimpanzés e gorilas.

d) Todos os hominíneos apresentados eram bípedes e o cérebro era menor do que o dos társios e lêmures. Todos os hominíneos apresentados eram bípedes e o cérebro era maior do que o dos társios e lêmures.

e) O *H. sapiens* provavelmente não conviveu com outras espécies de hominídeos.

2. **(UFRGS-RS)** Algumas características facilitaram a saída das florestas e a ocupação de campos e savanas aos ancestrais da espécie humana.

Considere as afirmações sobre essas características.

I) A postura ereta liberou as mãos para executar outras funções não relacionadas ao deslocamento.

II) A gradativa redução do volume do crânio facilitou o deslocamento mais rápido em ambientes abertos.

III) A arcada dentária com a disposição dos dentes em **U**, com caninos reduzidos, favoreceu a exploração de maior variedade de alimentos.

Em seu caderno, escreva a alternativa que contém as opções corretas.

a) Apenas I.

b) Apenas II.

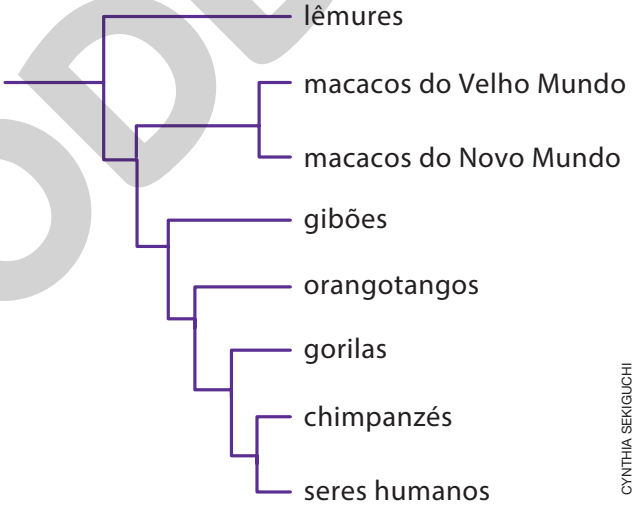
c) Apenas III.

d) Apenas I e III.

e) I, II e III.

Alternativa **d**.

3. Observe a árvore filogenética feita com base nas comparações de DNA e proteína e, em seu caderno, julgue as sentenças como falsas ou verdadeiras.



CYNTHIA SEKIGUCHI

Árvore filogenética dos primatas.

( ) Os ancestrais mais recentes do grupo formado por chimpanzés e seres humanos são os gorilas. Falso.

( ) Há maior proximidade filogenética entre os macacos do Velho Mundo e do Novo Mundo, quando comparados com outros primatas. Verdadeiro.

( ) O grupo formado pelos lêmures divergiu há mais tempo de um ancestral comum, por essa razão é o mais recente. Falso.

( ) Os chimpanzés apresentam maior proximidade filogenética com os seres humanos do que com os gorilas. Verdadeiro.

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

MODERNA

1. e) O *H. sapiens*, provavelmente, conviveu com outras espécies de hominídeos (*H. neanderthalensis* e *H. floresiensis*).

Irradiação do *Homo sapiens*

Leia o trecho da reportagem a seguir e responda às questões.

[…]

A já complicada e sempre polêmica história da evolução humana acaba de ganhar uma nova versão, escrita por cientistas brasileiros. A espécie que teria saído da África pela primeira vez teria sido o *Homo habilis*, e não o *Homo erectus*; e isso teria acontecido 500 mil anos antes do que se pensava — o que permitiria explicar diversos mistérios relacionados à história dos hominídeos no Cáucaso, na China e na Indonésia.

A nova narrativa, apresentada no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP), é baseada em evidências arqueológicas desenterradas pelos pesquisadores no vale do rio Zarqa, na Jordânia, próximo à capital Amã. Eles descobriram centenas de ferramentas de pedra lascada com 1,9 milhão a 2,5 milhões de anos de idade, claramente produzidas por mãos humanas.

[…]

ESCOBAR, H. Cientistas brasileiros reescrevem a história do gênero humano. *Jornal da USP*, 5 jul. 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/cientistas-brasileiros-reescrevem-a-historia-do-genero-humano/>. Acesso em: 29 jul. 2020.

ADRIANO VIZONI/FOLHAPRESS

Arqueólogo e antropólogo brasileiro Walter Alves Neves (1957-) com artefato encontrado na Jordânia. Ele é um dos cientistas envolvidos na pesquisa que defende a hipótese de que o *H. habilis* tenha sido o primeiro hominíneo a sair da África.

A hipótese mais aceita até então sobre a irradiação do gênero *Homo* é a de que a primeira espécie a deixar a África e a colonizar outros continentes foi o *H. erectus*, há cerca de 2 milhões de anos. Evidências indicam que essa espécie, que teria surgido do *H. habilis*, espalhou-se pelo Oriente Médio, depois para o Leste da China, ilha de Java e Oeste da Europa, muito antes da irradiação do ser humano moderno (*H. sapiens*). Assim, o *H. habilis* nunca teria deixado a África. No entanto, com as novas descobertas dos paleontólogos brasileiros, essa história pode ser modificada.

Tal estudo demonstra que o primeiro representante do gênero *Homo* a deixar a África teria sido o *H. habilis*, há cerca de 2,5 milhões de anos, e não o *H. erectus*. De acordo com os dados obtidos, o *H. erectus* teria surgido do *H. habilis* na região do Cáucaso, distribuindo-se, então, desta região, para os demais continentes, como a África. Dessa maneira, o *H. habilis* teria ocupado a Eurásia antes do *H. erectus*.

Anteriormente, estudamos que as primeiras espécies conhecidas de hominíneos viviam no continente africano e que, provavelmente, as mais recentes viveram na África, na Ásia e também na Europa. Mas ainda há uma questão a ser destacada: onde surgiu o *Homo sapiens*? Há duas possíveis hipóteses para essa questão. Uma delas, conhecida como "para fora da África", afirma que os *H. sapiens* vieram da África e migraram para os outros continentes. A outra hipótese, denominada "multirregional", defende que populações de hominíneos evoluíram paralelamente na África, na Europa e na Ásia, o que explica a distribuição dos fósseis.

1. De acordo com o texto, o que muda na história evolutiva a partir das descobertas mencionadas?

Espera-se que os estudantes respondam que as descobertas mencionadas levam à reconstrução da história evolutiva humana, evidenciando que a primeira espécie do gênero *Homo* a deixar o continente africano teria sido *H. habilis* e não *H. erectus*, como se acreditava anteriormente.

Hipótese "para fora da África"

A hipótese "para fora da África" defende que os seres humanos teriam surgido na África e evoluíram nesse continente, a partir de ancestrais *H. erectus* africanos, há cerca de 500 000 a 300 000 anos. Em seguida, eles teriam migrado para a Ásia e para a Europa, substituindo as populações desses continentes.

Hipótese multirregional

Já de acordo com a hipótese multirregional, populações de ancestrais humanos, oriundas da África, dispersaram-se pelos continentes africano, europeu e asiático, evoluindo de modo paralelo e originando os humanos modernos.

A migração entre os continentes e a miscigenação contínua desses hominíneos contribuíram para homogeneizar a espécie que se transformava de *H. erectus* para *H. sapiens* ao redor do mundo.

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

MODERNA

Há evidências genéticas que apontam como mais provável a hipótese de que o ser humano atual teve origem no continente africano. Isso porque elas indicam que, entre 60 e 40 mil anos atrás, a espécie humana colonizou a Europa, o Leste da Ásia e a Austrália. Há também evidências que indicam que o *Homo sapiens* caminhou da Sibéria para o Alasca pelo estreito de Bering, quando o mar estava baixo e o estreito congelado. Depois, levou cerca de 8 mil anos para se espalhar pelas Américas do Norte e do Sul. Assim, em menos de 50 mil anos, a espécie *Homo sapiens* se espalhou pelo planeta.

IRRADIAÇÃO DO *HOMO SAPIENS*

KEITHY MOSTACHI

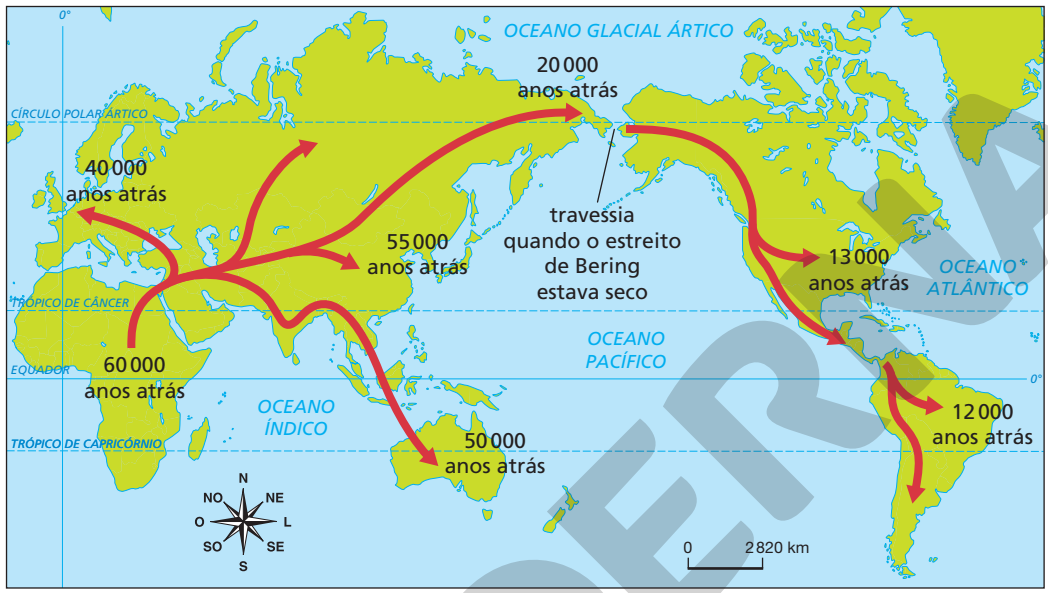


Ilustração produzida com base em: FUTUYMA, D. J; KIRKPATRICK, M. *Evolution*. 4. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2017. p. 555.

Quando comparamos as populações humanas de diferentes locais, e analisamos o DNA mitocondrial, é possível perceber que os seres humanos atuais têm um ancestral comum recente, que seria africano.

Com a irradiação do ser humano para diferentes regiões, as populações começaram a se divergir, dando origem a diferentes características, como as relacionadas à cor dos olhos, da pele, à altura e aos ossos faciais. Apesar dessas diferenças serem visíveis, do ponto de vista do genoma humano, elas não são representativas entre as populações, uma vez que observamos mais variações genéticas dentro de uma mesma população do que entre populações. Isso porque muitas dessas características são influenciadas pelo ambiente em que as populações vivem.

Explique aos estudantes que, por exemplo, a cor clara da pele dos europeus, asiáticos e orientais evoluíram de mutações, na medida em que essas populações se adaptavam a limitações da incidência de luz solar em climas frios. Veja mais informações sobre esse assunto no **Suplemento para o professor**.

Além das variações genéticas, a irradiação do ser humano também promoveu o surgimento de diferentes culturas – influenciadas por fatores locais, como as condições ambientais – e que foram enriquecidas com o tempo. Tanto a diversidade genética quanto a cultural foram e são importantes para a sobrevivência e a manutenção dos seres humanos.

Sociedade e cultura humanas

Entre as características que distinguem a espécie humana das demais estão as habilidades de raciocínio e comunicação e a cultura. A construção desta última está ligada a diversas características de nossa espécie. Vamos conhecê-las a seguir.

Quando o ser humano se tornou capaz de criar animais e cultivar plantas, deixou de ser nômade e passou a ser sedentário. Com isso, começou a fixar moradias. Em vez de utilizar cavernas e troncos como abrigos, desenvolveu formas mais complexas feitas de pedra, madeira, argila, galhos, entre outros materiais.

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

Dos outros animais e das plantas, os seres humanos passaram a obter não somente o alimento, mas, também, a matéria-prima necessária para suas vestimentas, como a lã de animais e o linho, a partir do algodão.

Com o tempo, as pessoas passaram a formar comunidades, modificando sua maneira de trabalhar e de viver. A agricultura, por exemplo, foi aprimorada com a utilização de instrumentos, como o arado puxado por animais.

O ser humano também passou a trocar e a comercializar produtos dentro das comunidades e com os vilarejos vizinhos. Essas comunidades formaram sociedades, as quais se transformaram em civilizações, cada uma com suas regras e leis.

Comente com os estudantes que, em invertebrados, muitas vezes, os pais morrem antes que seus filhotes eclodam dos ovos, não podendo transmitir qualquer informação à prole, além da hereditária.

Como os seres humanos nascem pequenos e indefesos – assim como acontece com outras espécies –, eles necessitam de cuidado parental. Quando os pais cuidam dos filhos após o nascimento, há mais oportunidades de compartilharem aprendizagens. Assim, conforme crescem e se desenvolvem, os pais transmitem aos filhos conhecimentos necessários, por exemplo, para sua sobrevivência. O cuidado parental na espécie humana é fundamental para a sobrevivência e o desenvolvimento das crianças.

FUNNY ANGEL/SHUTTERSTOCK

Pai cuidando de filho recém-nascido. De acordo com a Constituição Federal de 1988, os pais têm direito à licença paternidade de pelo menos cinco dias consecutivos, a contar do nascimento do filho(a). Tal direito é considerado essencial para a família e para a criança, auxiliando na criação de vínculo entre as partes envolvidas.

Na vida em sociedade, o que é aprendido e considerado importante para a manutenção dos indivíduos deve ser compartilhado, ou seja, os ensinamentos devem ser transmitidos de uma geração para outra, por meio da cultura. Assim, essa é outra característica do ser humano, que favorece sua manutenção no ambiente. Além dos conhecimentos adquiridos dos pais e de familiares, as crianças também aprendem em instituições, como a escola.

FABIO COLOMBINI

Cacique da tribo Kalapalo ensinando crianças da aldeia Aiha, no Parque Indígena do Xingu, Mato Grosso (2018). Nas comunidades indígenas, os mais jovens aprendem sobre a cultura e as tradições de seu povo com uma pessoa mais experiente, que lhes transmite oralmente o que aprendeu com os antepassados.

A cada nova geração, há um aumento na quantidade de informações partilhadas. Ou seja, além dos conhecimentos provenientes dos antepassados, novos conhecimentos são aprendidos, a partir de experiências próprias ou por meio do contato com outras culturas. Assim, há um acúmulo de conhecimentos de uma geração para outra, o que nos permite afirmar que, atualmente, o conhecimento continua a se expandir.

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Você participa de alguma rede social na internet? Costuma usar *sites* de busca? Esses serviços utilizam algoritmos para criar um perfil de cada usuário e, com base nele, selecionam os conteúdos que devem aparecer no "*feed* de notícias" das redes sociais e nos resultados dos *sites* de busca. Esse fenômeno é conhecido como "bolha".

- Caso você utilize redes sociais, você já reparou que os conteúdos mostrados em seu "*feed* de notícias" estão relacionados com assuntos de seu interesse? O que você pensa sobre isso?
- Converse com um colega sobre o papel desses algoritmos na criação de "bolhas" sociais e avaliem os benefícios e prejuízos que esse mecanismo pode trazer. Depois, elaborem um *podcast* para esclarecer as pessoas sobre esse assunto.

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

MP

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

3. Resposta pessoal. O objetivo desta questão é levar os estudantes a perceberem as mudanças que ocorreram nos meios de comunicação utilizados pelo ser humano ao longo do tempo, ao mesmo tempo em que reflitam sobre como esses meios auxiliam no acesso e na divulgação de informações.

1. **(Vunesp-SP)** Há cerca de 40 000 anos, duas espécies do gênero *Homo* conviveram na área que hoje corresponde à Europa: *H. sapiens* e *H. neanderthalensis*. Há cerca de 30 000 anos, os neandertais se extinguiram, e tornamo-nos a única espécie do gênero. No início de 2010, pesquisadores alemães anunciaram que, a partir de DNA extraído de ossos fossilizados, foi possível sequenciar cerca de 60% do genoma do neandertal. Ao comparar essas sequências com as sequências de populações modernas do *H. sapiens*, os pesquisadores concluíram que de 1 a 4% do genoma dos europeus e asiáticos é constituído por DNA de neandertais. Contudo, no genoma de populações africanas não há traços de DNA neandertal.

Em seu caderno, escreva a alternativa que apresenta o significado do texto acima.

a) Os *H. sapiens*, que teriam migrado da Europa e Ásia para a África, lá chegando entrecruzaram com os *H. neanderthalensis*.

b) Os *H. sapiens*, que teriam migrado da África para a Europa, lá chegando entrecruzaram com os *H. neanderthalensis*.

c) O *H. sapiens* e o *H. neanderthalensis* não têm um ancestral em comum.

d) A origem do *H. sapiens* foi na Europa, e não na África, como se pensava.

e) A espécie *H. sapiens* surgiu independentemente na África, na Ásia e na Europa.

Alternativa **b**.

2. Qual é a relação entre a comunicação e a cultura humanas? A comunicação possibilitou a transmissão da cultura, por meio da qual os conhecimentos são transmitidos de uma geração para outra.

3. Converse com seus colegas sobre os meios de comunicação que vocês utilizam atualmente. Em seguida, pesquisem se eles eram utilizados há cem anos, refletindo sobre como esse meio de comunicação interferiu na sociedade atual e na comunicação humana.

4. **(UFU-MG)** Considere a definição do conceito de **cultura** como **sistema simbólico**, presente na obra *Cultura, um conceito antropológico* de Roque Laraia (1992).

Identifique as afirmações incorretas, escrevendo no caderno a alternativa correta.

I) A cultura é um fenômeno humano, sendo impossível para outros animais desenvolver a faculdade de simbolizar e transmitir os símbolos com a mesma complexidade e diversidade com que o fazem os seres humanos.

II) A cultura é um fenômeno variado nas diversas sociedades humanas. Seu grau maior de evolução em alguns lugares e sua diversidade dependem da espécie particular de *Homo sapiens sapiens* encontrada em cada sociedade.

III) A cultura é um fenômeno que varia conforme o maior ou menor favorecimento dos caracteres biológicos e geográficos encontrados nas diferentes sociedades. Assim sendo, a diversidade cultural depende da maior capacidade de simbolizar o meio ambiente.

IV) A cultura de cada sociedade é formada por sistemas de símbolos que variam, mas estes se instalam em um ser dotado de unidade biológica, o homem. Por isso, ao nascer, todo ser humano está biologicamente apto para ser socializado em qualquer cultura.

a) I, II e III estão incorretas.

Diga aos estudantes que o termo "homem" apresentado nesta atividade refere-se ao ser humano

b) II, III e IV estão incorretas.

c) I, II e IV estão incorretas.

d) II e III estão incorretas.

Alternativa **d**.

5. **(Enem)** A perda de pelos foi uma adaptação às mudanças ambientais, que forçaram nossos ancestrais a deixar a vida sedentária e viajar enormes distâncias à procura de água e comida. Junto com o surgimento de membros mais alongados e com a substituição de glândulas apócrinas (produtoras de suor oleoso e de lenta evaporação) por glândulas écrinas (suor aquoso e de rápida evaporação), a menor quantidade de pelos teria favorecido a manutenção de uma temperatura corporal saudável nos trópicos castigados por calor sufocante, em que viveram nossos ancestrais.

Scientific American. Brasil, mar. 2010 (adaptado).

De que maneira o tamanho dos membros humanos poderia estar associado à regulação da temperatura corporal? Escreva a alternativa correta em seu caderno.

a) Membros mais longos apresentam maior relação superfície/volume, facilitando a perda de maior quantidade de calor.

b) Membros mais curtos têm ossos mais espessos, que protegem vasos sanguíneos contra a perda de calor.

c) Membros mais curtos desenvolvem mais o panículo adiposo, sendo capazes de reter maior quantidade de calor.

d) Membros mais longos possuem pele mais fina e com menos pelos, facilitando a perda de maior quantidade de calor.

e) Membros mais longos têm maior massa muscular, capazes de produzir e dissipar maior quantidade de calor.

Alternativa **a**.

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

CAPÍTULO

3

Datação de fósseis

Decaimento nuclear

[...]

Um dos mais antigos membros da linhagem dos seres humanos enfim ganhou um rosto. A descoberta de um crânio quase completo de *Australopithecus anamensis*, espécie que viveu na atual Etiópia entre 4,2 milhões e 3,8 milhões de anos atrás, indica que processos complicados de diversificação já estavam presentes desde os primeiros passos dos hominídeos, como são conhecidos os avós e primos extintos do *Homo sapiens*.

Embora o *A. anamensis* seja reconhecido como uma espécie separada desde 1999, os fósseis que tinham sido descobertos até agora (em geral, fragmentos da mandíbula e dentes) não eram suficientes para que os cientistas tivessem uma visão mais detalhada da criatura.

[...]

MICHAEL TEWELDE/AFP – ADDIS ABEBA, ETIÓPIA

Crânio de *Australopithecus anamensis*, datado em 3,8 milhões de anos. Esse crânio foi encontrado próximo aos fósseis de Lucy, uma representante de *A. afarensis*. Isso demonstra que, possivelmente, essas espécies coexistiram por aproximadamente 100 mil anos.

Saylor, responsável por reconstruir o ambiente onde o pequeno hominídeo viveu, afirma que o rio e o lago eram cercados por matas ciliares, enquanto o resto da região era árida e tinha vegetação arbustiva. A espécie, portanto, estava acostumada a ambientes mais abertos. A pesquisadora também coordenou o trabalho que chegou a uma estimativa de 3,8 milhões de anos de idade para o fóssil.

[...]

LOPES, R. J. Cientistas encontram crânio de ancestral humano que viveu há 4 milhões de anos. *Folha de S.Paulo*, 28 ago. 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2019/08/cientistas-encontram-cranio-de-ancestral-humano-que-viveu-ha-4-milhoes-de-anos.shtml>. Acesso em: 25 jul. 2020. © Folhapress.

1. Em sua opinião, como é determinada a idade de fósseis?

Os três isótopos de carbono mais comuns na natureza são o C-12 (99% de abundância), o C-13 (1% de abundância) e o C-14 (cerca de uma parte por trilhão). O C-12 e o C-13 são estáveis, e o C-14, radioativo.

1. Resposta pessoal. O objetivo desta questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da datação de fósseis. Anote as principais informações na lousa e as retome durante o estudo do capítulo.

Todos os seres vivos, incluindo seres humanos, apresentam partículas radioativas. Basicamente, todos os elementos químicos contêm uma variedade de isótopos, e alguns deles são radioativos, ou seja, emitem naturalmente energia (radiação) e são chamados radioisótopos. O exemplo mais conhecido é o átomo de carbono-14, também identificado como ^{14}C ou C-14, um radioisótopo do carbono-12.

O átomo de C-14 é formado pela colisão de um nêutron, oriundo dos raios cósmicos, com um átomo de nitrogênio-14 (N-14 ou ^{14}N). Veja a seguir a equação química de formação do C-14, em que n representa um nêutron e p, um próton isolado.

$$^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \longrightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$$

Os isótopos de C-14 assim formados, eventualmente, formam moléculas de dióxido de carbono (CO_2), as quais são absorvidas pelas plantas no processo de fotossíntese. Quando os animais, por exemplo, ingerem essas plantas, o C-14 se integra ao organismo deles.

Os radioisótopos de C-14 sofrem, lentamente, um processo de decaimento radioativo, voltando a gerar N-14. Observe a equação a seguir, em que β representa a radiação emitida.

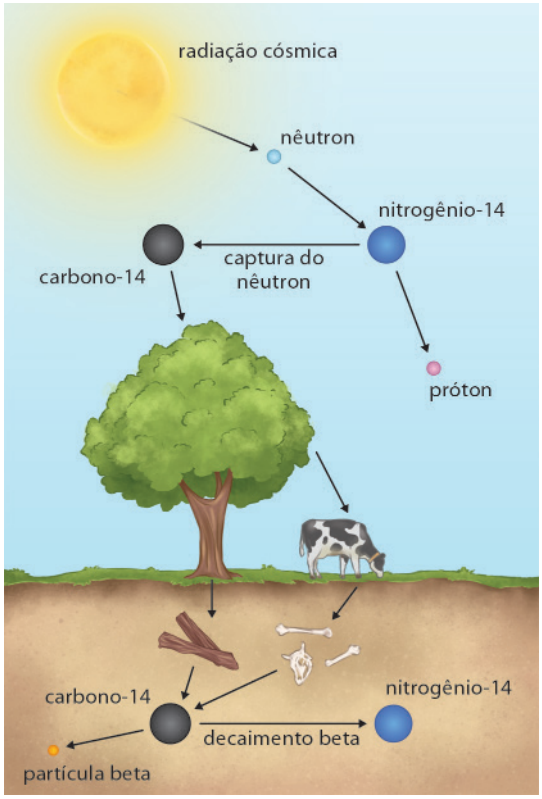
$$^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}\beta$$

A concentração de C-14 em um ser vivo é mantida praticamente constante durante toda a vida. Após a morte, o organismo deixa de absorver novos radioisótopos de C-14, cuja concentração passa a diminuir lentamente ao longo do tempo, devido ao decaimento radioativo.

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

MODELO

HELOÍSA PINTARELLI



Representação da trajetória do átomo de C-14 no ambiente e nos seres vivos. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Como conhecemos a meia-vida do C-14, ou seja, o tempo requerido para que certa concentração desse radioisótopo decaia até sua metade, e conhecemos a concentração de C-14 em um organismo vivo, é possível determinar a idade de tecidos orgânicos e de diversos materiais por meio de uma técnica chamada **datação por carbono-14**.

Nessa técnica, mede-se a concentração de C-14 na amostra de interesse e compara-se esse valor com a concentração esperada para um organismo vivo. A diferença entre as concentrações atual e esperada possibilita estimar há quanto tempo aquela amostra em questão deixou de incorporar novos radioisótopos de C-14, ou seja, deixou de ser viva.

O cálculo feito leva em consideração a meia-vida do C-14, que é de, aproximadamente, 5 730 anos. Isso significa que, se um fóssil contiver 50% da concentração de C-14 esperada para um organismo vivo, o animal ao qual este fóssil pertence morreu há, aproximadamente, 5 730 anos. Já no caso de a concentração ser de 25%, esse animal morreu cerca de 11 460 anos atrás.

Explique aos estudantes que 25% é metade de 50% ("metade da metade"). Logo, 2 • 5 730 = 11 460, ou seja, 11 460 anos.

Museus

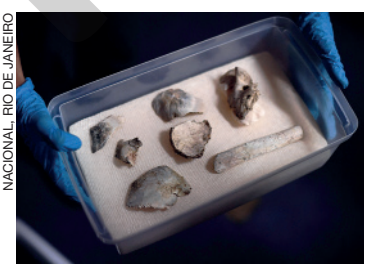
CELSO PUPO/SHUTTERSTOCK

Incêndio no Museu Nacional, no município do Rio de Janeiro (2018). O incêndio, cuja causa foi um curto-circuito em um ar-condicionado, pôs em evidência a necessidade da manutenção adequada dos museus do país.

Você já visitou um museu? Se sim, certamente deve se recordar da viagem no tempo e em diferentes culturas e espaços que fez enquanto o visitava. Os museus são instituições que incentivam pesquisas, educação e turismo, por meio da conservação e exposição de itens de considerável valor histórico, cultural, artístico e científico.

O Brasil tem quase 4 mil museus distribuídos em todas as regiões e dos mais variados tipos, como de história natural, científicos e de arte. Um exemplo é o Museu Nacional, criado pelo então rei português D. João VI (1767-1826), em 1818, cujo objetivo inicial era promover o progresso cultural e econômico do país. Essa instituição abriga itens variados de valor científico e histórico, como fósseis, múmias, artefatos e obras dos períodos colonial e imperial, bem como objetos da cultura indígena brasileira.

CARL DE SOUZA/AFP – MUSEU NACIONAL, RIO DE JANEIRO



Fragmentos de Luzia, encontrados entre os escombros, após o incêndio no Museu Nacional, no município do Rio de Janeiro (2018).

No dia 2 de setembro de 2018, no entanto, o Brasil assistiu com pesar ao incêndio que consumiu esse museu, destruindo cerca de 90% dos itens que abrigava. Entre os materiais afetados pelo incêndio está o crânio de Luzia, o fóssil humano mais antigo encontrado na América do Sul, com idade entre 11 500 e 12 000 anos. O crânio foi descoberto em Minas Gerais, em 1970. Após o incêndio foi recuperado entre os escombros do museu, porém com algumas avarias.

Visitar um museu certamente será uma experiência incrível. Acesse o *site Museus Br* e localize o museu mais próximo de onde você mora. Disponível em: <http://museus.cultura.gov.br/>. Acesso em: 3 set. 2020.

Resposta no **Suplemento para o professor**.

- Qual é a porcentagem aproximada de átomos de C-14 presente no fóssil de Luzia, em comparação com a esperada para um organismo vivo?

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

MODERNA

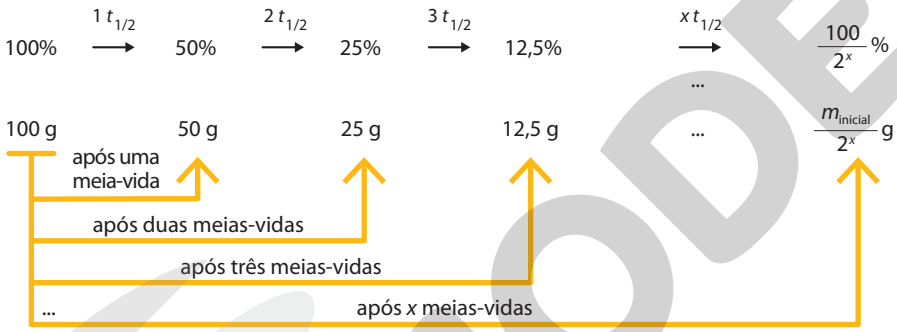
Meia-vida

Alguns radionuclídeos, ou seja, elementos químicos cujo núcleo atômico é instável e emite radiação, podem ser usados na medicina como radiotraçadores em técnicas de cintilografia. Nesse procedimento, certa quantidade de radionuclídeos é administrada ao paciente, geralmente por meio de uma injeção venosa. Ao acompanhar a trajetória e o acúmulo desses radiotraçadores no organismo, o médico consegue verificar anomalias em órgãos específicos. O iodo-123 (I-123 ou ^{123}I), por exemplo, é usado para observar a região da tireoide. Já o tecnécio-99m (Tc-99m ou ^{99m}T) tem uma aplicação mais ampla, incluindo a observação do cérebro, do coração, dos pulmões e dos rins.

Grande parte desses radiotraçadores sai do corpo por meio da urina do paciente. No entanto, naturalmente sobrarão resquícios espalhados no organismo. Por serem utilizados em baixas concentrações, não causam danos ao organismo. Além disso, outro fator faz sua concentração diminuir gradativamente: a **meia-vida** dos radionuclídeos, representada por $t_{1/2}$.

Todos os átomos radioativos passam pelo processo de decaimento, ou seja, transformam-se em átomos diferentes, liberando partículas radioativas, geralmente do tipo α ou β. O tempo de decaimento de radionuclídeos é medido pela diminuição de sua massa total. Quando metade da massa – ou concentração – decai, dizemos que se passou **uma meia-vida** de tal radionuclídeo.

A meia-vida é característica de cada radionuclídeo. Veja a seguir o esquema de decaimento radioativo que representa a meia-vida de um radionuclídeo genérico, com massa inicial de 100 gramas.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação do decaimento radioativo para um radionuclídeo genérico. Perceba que, independentemente da massa do radionuclídeo, a meia-vida sempre representa o tempo necessário para que ocorra o decaimento de 50% em massa ou concentração do radionuclídeo. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

A tabela abaixo mostra a meia-vida de alguns elementos químicos radioativos. Perceba que há uma grande diferença nas meias-vidas para distintos radionuclídeos, inclusive para aqueles de mesmos elementos químicos, como nos casos dos radioisótopos ^{234}U e ^{238}U, e ^{230}Th e ^{232}Th. Isso acontece em virtude da diferença de estabilidade nuclear entre eles. No entanto, todos são radioativos, e, portanto, passarão pelo processo de decaimento radioativo.

Meias-vidas de alguns radionuclídeos

Radionuclídeo	Meia-vida
Tecnécio-99m (^{99m}Tc)	6 horas
Iodo-123 (^{123}I)	13,2 horas
Argônio-39 (^{39}Ar)	269 anos
Carbono-14 (^{14}C)	5 730 anos
Tório-230 (^{230}Th)	75 000 anos
Urânio-234 (^{234}U)	$2{,}5 \cdot 10^5$ anos
Potássio-40 (^{40}K)	$1{,}28 \cdot 10^9$ anos
Urânio-238 (^{238}U)	$4{,}5 \cdot 10^9$ anos
Tório-232 (^{232}Th)	$1{,}4 \cdot 10^{10}$ anos

Fonte: GRUPEN, C. *Introduction to radiation protection*: practical knowledge for handling radioactive sources. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.

Radiotraçador: substância associada a um radionuclídeo, cuja radiação emitida possibilita acompanhar seu comportamento e caminho percorrido, por exemplo.

A letra *m* no nome do tecnécio-99m indica que esse radioisótopo possui um núcleo mais energético do que o comum. Por isso, ele é chamado núcleo metaestável, indicado pela letra final.

A notação química para meia-vida segundo a IUPAC é $t_{1/2}$.

No entanto, ela também pode ser representada por *P*.

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

MODERNA

Com base nos dados da tabela apresentada na página anterior, note que uma pessoa com tecnécio-99m em seu organismo terá a concentração desse radionuclídio diminuída para menos de 1% após apenas 7 meias-vidas, ou 42 horas.

Explique aos estudantes que 7 meias-vidas • 6 horas (tempo de cada meia-vida) = 42 horas.

$$\overset{100\%}{\overbrace{{}^{99m}Tc}} \xrightarrow{6\ h} \overset{50\%}{\overbrace{{}^{99m}Tc}} \xrightarrow{6\ h} \overset{25\%}{\overbrace{{}^{99m}Tc}} \xrightarrow{6\ h} \overset{12{,}50\%}{\overbrace{{}^{99m}Tc}} \xrightarrow{6\ h} \overset{6{,}25\%}{\overbrace{{}^{99m}Tc}} \xrightarrow{6\ h} \overset{3{,}13\%}{\overbrace{{}^{99m}Tc}} \xrightarrow{6\ h} \overset{1{,}56\%}{\overbrace{{}^{99m}Tc}} \xrightarrow{6\ h} \overset{0{,}78\%}{\overbrace{{}^{99m}Tc}}$$

O gráfico a seguir, denominado **gráfico de decaimento radioativo**, ajuda a visualizar a relação entre quantidade de radionuclídeos e sua meia-vida. Observe-o.

GRÁFICO GERAL DE DECAIMENTO RADIOATIVO

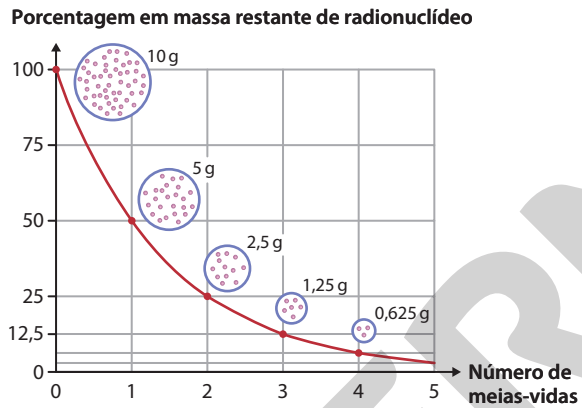


Gráfico produzido com base em: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Trad. Ricardo Bicca de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 718.

2. Em sua opinião, o C-14 pode ser utilizado para identificar a idade de qualquer tipo de fóssil? Justifique sua resposta.

Ao analisar o gráfico acima, perceba que o decaimento segue uma tendência exponencial, ou seja, aproxima-se cada vez mais do eixo *x*, sem, entretanto, tocá-lo.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R1 Observe ao lado o gráfico de decaimento radioativo do carbono-14 e responda aos itens que seguem.

a) Qual é a porcentagem aproximada de massa restante de C-14 para um fóssil com, aproximadamente, 17 000 anos?

b) Suponha que arqueólogos tenham encontrado um novo fóssil humano e que análises de C-14 nessa amostra fossilífera indiquem que a concentração desse radioisótopo é cerca de 6% da concentração esperada para um organismo vivo. Qual é a idade aproximada do fóssil?

DECAIMENTO RADIOATIVO DO CARBONO-14

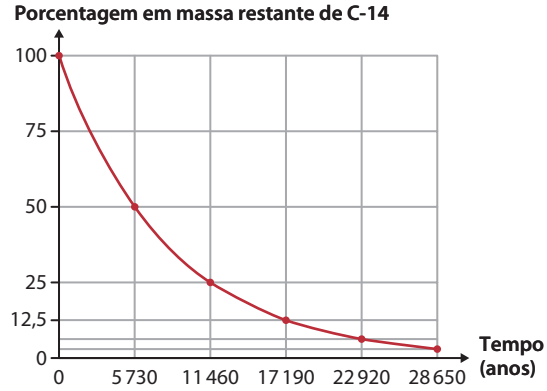


Gráfico produzido com base em: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Trad. Ricardo Bicca de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 720.

Resolução

a) Observando o gráfico, vemos que o tempo de 17 000 anos é próximo o suficiente do valor de 17 190 anos para dizermos que a porcentagem restante de C-14 é, aproximadamente, 12,5%.

b) Como 6% é pouco menos do que a metade de 12,5%, devemos considerar que a idade do fóssil é aproximadamente 4 meias-vidas, ou 22 920 anos.

2. Espera-se que os estudantes respondam que não, pois a meia-vida desse radioisótopo impede que ele identifique a idade de fósseis muito antigos, tendo em vista que, após determinado tempo, teria sofrido decaimento completo.

MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Outros tipos de datação

Embora o carbono-14 seja de grande utilidade para os estudos e análises fossilíferas, ele não pode ser utilizado para a datação de materiais muito antigos. Isso porque a meia-vida desse radioisótopo não é longa o suficiente para que restem quantidades significativas que possibilitem uma análise precisa para determinar a idade do material. Assim, de modo geral, a datação por C-14 é possível apenas para itens de até 50 000 anos.

Para a datação de itens mais antigos, é necessário utilizar outras técnicas. Uma delas, usada quando o material está soterrado, é a datação de rochas ou minerais imediatamente acima ou abaixo dos fósseis em questão. Nesses casos, pode-se analisar a concentração de outros radionuclídeos. Veja a seguir, com mais detalhes, outras técnicas de datação.

Datação por potássio/argônio

Um dos radioisótopos do potássio é o potássio-40 (K-40 ou ^{40}K). O decaimento radioativo natural desse radionuclídeo gera um átomo de argônio de mesma massa, argônio-40 (Ar-40 ou ^{40}Ar).

A datação com base nesse método é feita por meio da comparação da concentração de potássio-40 com a concentração de argônio-40, que permanece no material – diferentemente do nitrogênio-14 gerado pelo decaimento de carbono-14, que é dissipado para a atmosfera terrestre. A comparação das concentrações de ^{40}K e ^{40}Ar permite mais sensibilidade e precisão na análise.

Como a meia-vida do ^{40}K é de $1{,}28 \cdot 10^9$ anos, é possível utilizar esse método para a datação de materiais na ordem dos bilhões de anos. Um dos casos mais interessantes em que foi usada a datação por potássio/argônio foi na determinação da idade do meteorito de Barwell, que caiu na cidade de mesmo nome, na Inglaterra, em 1965. A análise concluiu que a idade do meteorito é de incríveis 4,5 bilhões de anos, o que contribui de forma relevante para a compreensão da origem do Universo.

Meteorito: porção de um meteoroide, fragmento sólido que vagueia no espaço e que consegue atravessar a atmosfera e atingir a superfície terrestre.

THE NATURAL HISTORY MUSEUM/ ALAMY/FOTOARENA

Meteorito de Barwell. Análises desse fragmento demonstram que se trata de um meteorito tipo condrito, o qual apresenta composição diferente de qualquer rocha formada na Terra e é considerado umas das formações sólidas mais antigas do Universo, remetendo à sua formação. Os condritos têm estruturas esféricas, como a indicada em **A**, que foram previamente formadas e, em seguida, incorporadas ao corpo sólido em formação.

Datação por urânio/tório

Um dos métodos mais comuns para a determinação da idade de carbonatos e seus derivados, como sedimentos marinhos e corais, é a datação por urânio/tório $^{234}U/^{230}Th$. Diferentemente dos métodos estudados até o momento, essa técnica não mensura a quantidade remanescente de um radionuclídeo presente na amostra, mas sim a razão entre a quantidade de tório-230 (Th-230 ou ^{230}Th) e urânio-234 (U-234 ou ^{234}U) presente na amostra.

Devido a condições muito específicas de ambientes aquáticos ou carbonatados, o urânio-234 sofre decaimento radioativo formando tório-230, o qual também sofre decaimento radioativo, formando o rádio-226 (Ra-226 ou ^{226}Ra). Assim, inicialmente, haverá excesso de U-234, decaindo e formando Th-230. Como se conhece as meias-vidas do U-234 e do Th-230, é possível calcular a razão entre eles, a fim de determinar a idade aproximada do material em análise. Essa técnica possibilita a datação de amostras de até, aproximadamente, 500 000 anos.

$$[\ldots]\ {}^{234}_{92}U \xrightarrow{249\,000\ \text{anos}} {}^{230}_{90}Th \xrightarrow{75\,200\ \text{anos}} {}^{226}_{88}Ra\ [\ldots]$$

Representação de parte da série de decaimento radioativo do U-238.

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

MODERNA

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

4. a) O objetivo desta questão é que os estudantes leiam e interpretem a tirinha. Eles podem comentar que a tirinha mostra um cientista fazendo a datação extremamente precisa de um fóssil, considerando não apenas os anos, como horas e minutos.

1. Um radionuclídeo sofre decaimento radioativo, perdendo 87,5% de sua atividade em 60 dias. Qual é a meia-vida desse radioisótopo?

A meia-vida do radioisótopo é de 20 dias.

2. Em um museu, os artefatos que precisavam ser datados foram divididos em grupos. Analise e escolha qual é a alternativa que apresenta o grupo em que todas as amostras podem ser analisadas e datadas pela quantidade de carbono-14.

a) Vasos de cerâmica e peças metálicas de armas.

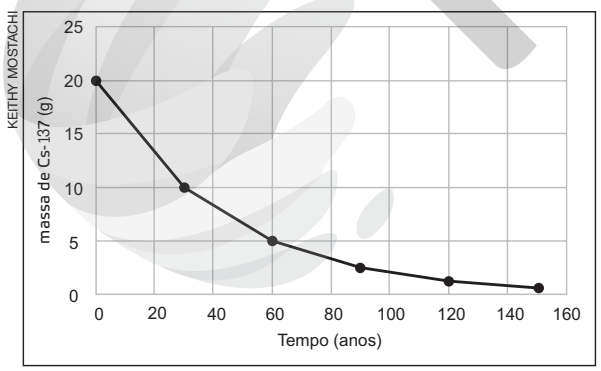
b) Ossos de animais e fósseis contendo sementes.

c) Rochas uniformes e coloridas com várias camadas.

d) Fósseis de dinossauros e meteoritos.

Alternativa **b**.

3. **(UEL-PR)** Em setembro de 2017, completaram-se 30 anos do acidente com o Césio-137 em Goiânia. Uma cápsula metálica que fazia parte de um equipamento de radioterapia abandonado foi encontrada por dois trabalhadores. Após violarem a cápsula, eles distribuíram o sólido do seu interior entre amigos e parentes, encantados pela luminosidade que emitia no escuro. Isso resultou no maior acidente radioativo mundial fora de uma usina nuclear. À época do acidente, o lixo radioativo removido do local, onde o Cs-137 se espalhou, foi estocado em contentores revestidos por paredes de concreto e chumbo com espessuras de 1 m. Essa medida foi necessária para prevenir os danos causados pela exposição às partículas β resultantes do decaimento radioativo do Cs-137. O gráfico a seguir ilustra tal decaimento ao longo do tempo.



Respostas no **Suplemento para o professor**.

Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

a) A partir da análise do gráfico, identifique a quantidade em massa do isótopo radioativo existente em setembro de 2017, considerando que a quantidade de Cs-137 envolvida no acidente foi de 40 g. Determine quanto tempo, a partir da data do acidente, levará para que a massa de Cs-137 seja inferior a 0,7 g.

b) A emissão de partículas beta $\left({}_{-1}^{0}\beta\right)$ ocorre quando um nêutron instável se desintegra convertendo-se em um próton, formando outro elemento. Escreva a equação da reação de decaimento radioativo do Cs-137 $\left({}_{55}^{137}\text{Cs}\right)$, representando o elemento formado pela notação que inclui o seu número de massa e o seu número atômico.

4. O carbono-14 (C-14) incorporado pelos seres vivos por meio da fotossíntese ou da alimentação, passa por decaimento radioativo naturalmente. Quando em vida, a quantidade de C-14 se mantém relativamente constante no ser vivo. No entanto, quando este morre, a quantidade de C-14 passa a diminuir, por causa do decaimento radioativo natural. A meia-vida do C-14 é de, aproximadamente, 5 730 anos, o que significa que, após esse período de tempo, sua massa se reduz à metade. Observe a tirinha a seguir.

LAERTE. *Manual do Minotauro*. Disponível em: <http://www.verbeatblogs.org/manualdominotauro/>. Acesso em: 31 ago. 2020.

a) Descreva a tirinha.

b) Considere um fóssil de esqueleto encontrado em uma caverna que apresenta uma taxa de C-14 igual a 6,25% da taxa existente em um animal vivo na atmosfera terrestre. Em seu caderno, escreva a alternativa que corresponde aos anos decorridos após a morte do indivíduo.

I) 5 730 anos.

II) 11 460 anos.

III) 17 190 anos.

IV) 22 920 anos.

V) 28 650 anos.

Alternativa **IV**.

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

PODEINA

CAPÍTULO 4

Ferramentas e máquinas simples

Desenvolvimento de ferramentas e máquinas simples

Observe a imagem a seguir.

WATCHARAPOL AMPRASERT/SHUTTERSTOCK

Caminhão com guindaste.

O guindaste mostrado acima possui um sistema de roldanas e cabos que possibilita a sustentação e o movimento de corpos de grande massa, utilizando intensidade de força menor do que a necessária para sustentar diretamente o corpo. Diversas máquinas modernas são compostas por partes que utilizam princípios físicos descobertos ou desenvolvidos há muito tempo, como as roldanas, os planos inclinados, os parafusos, e as alavancas. Esses componentes são chamados **máquinas simples**.

As máquinas simples são dispositivos desenvolvidos com o objetivo de facilitar a execução de tarefas do cotidiano, alterando a força aplicada sobre diversos objetos, seja na intensidade, na orientação ou em ambos os fatores.

O desenvolvimento dos elementos aplicados nas máquinas simples provavelmente teve início com os homininíneos primitivos, que utilizaram rochas a fim de criar **ferramentas**.

Algumas das ferramentas mais antigas, encontradas por pesquisadores na Etiópia, eram feitas de rochas e têm idade estimada de 2,6 milhões de anos. A fabricação dessas ferramentas foi atribuída ao *Homo habilis*, uma das espécies de homininíneos relacionadas ao surgimento do *Homo sapiens* (ser humano moderno).

Embora essa espécie de homininíneo ainda seja considerada precursora do desenvolvimento de ferramentas, foram descobertos no Quênia artefatos de rocha ainda mais antigos, produzidos há cerca de 3,3 milhões de anos pelos *Kenyanthropus platyops* (cerca de 700 mil anos antes daqueles encontrados na Etiópia). A descoberta desses artefatos sugere que homininíneos primitivos eram capazes de produzir ferramentas muito tempo antes do que se acreditava e que membros do gênero *Homo* não foram os primeiros a criar ferramentas de rocha.

1. Você é capaz de imaginar exemplos de ferramentas e máquinas simples criadas a partir de rodas, polias, planos inclinados ou alavancas e que são utilizadas na sociedade moderna? Cite exemplos de aplicações dessas máquinas.

Resposta pessoal. O estudante pode citar as rodas de veículos dos mais variados tipos (automóveis, caminhões, ônibus, tratores, entre outros), parafusos, ferramentas que possuem variados tamanhos de cabos (que facilitam a tarefa de soltar parafusos, como chaves de roda), sistemas de roldanas para erguer corpos de muita massa etc. Podem citar ainda exemplos de ferramentas que facilitam a realização de tarefas cotidianas como tesouras, alicates, martelos, cortadores de unha, abridor de latas, macaco para troca de pneus de um automóvel, vara de pescar, carriola etc.

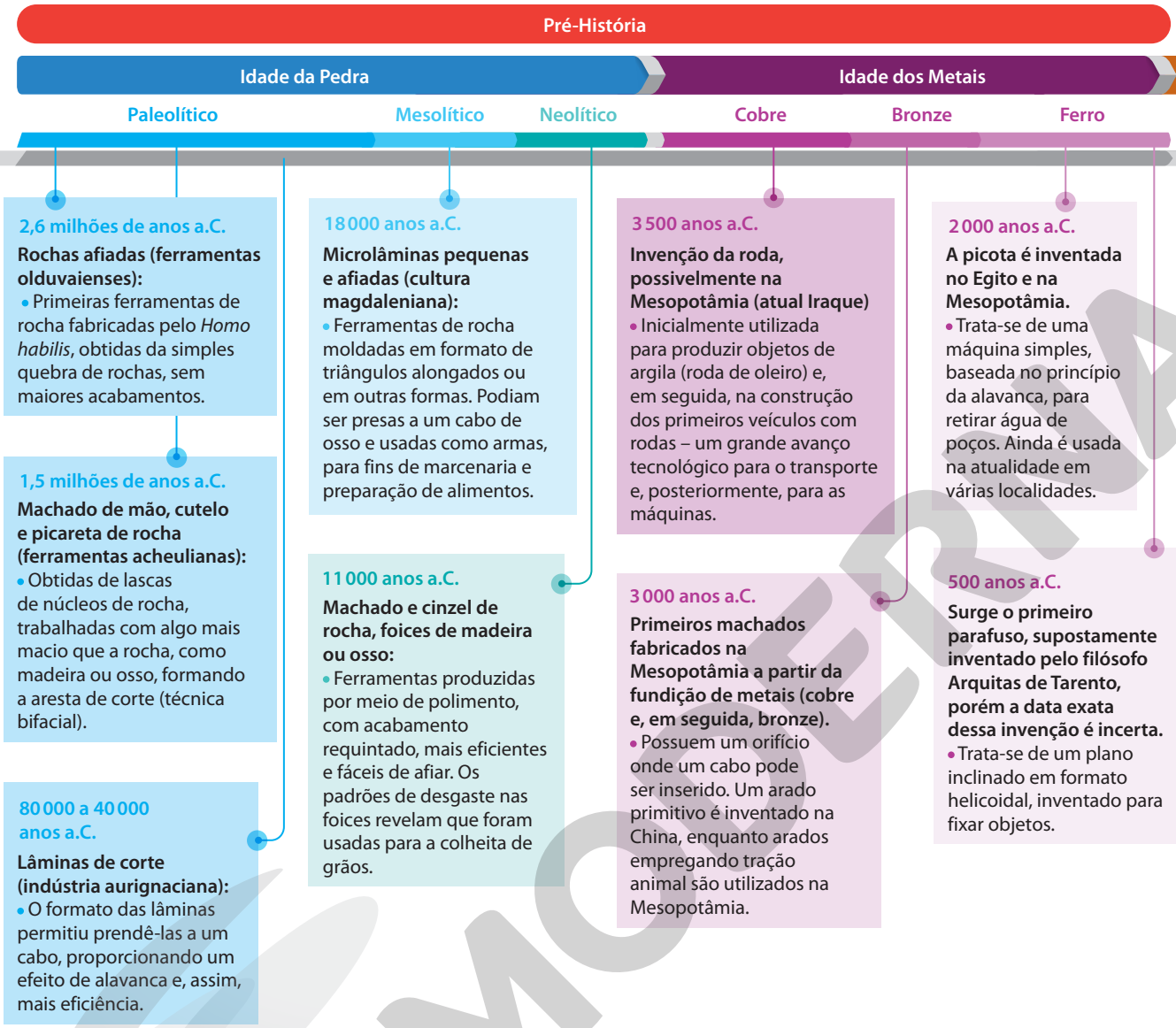
GONZALO AZUMENDI/ALAMY/FOTOARENA – MUSEU DA EVOLUÇÃO HUMANA, BURGOS, ESPANHA

Modelo de uma fêmea de *Homo habilis* manipulando ferramentas de rocha.

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

Observe a seguir uma linha do tempo mostrando uma possibilidade para o desenvolvimento de ferramentas e máquinas.

KEITHY MOSTACHI



Fonte: BUNCH, B.; HELLEMANS, A. *The history of science and technology*: a browser's guide to the great discoveries, inventions, and the people who made them from the dawn of time to today. Houghton Mifflin Company, 2004.

As primeiras ferramentas criadas por alguns de nossos ancestrais eram basicamente rochas quebradas que foram arremessadas contra outras rochas. Esses artefatos primitivos não recebiam trabalhos de acabamento e tinham uma capacidade de corte bastante limitada. Apesar disso, acredita-se que o desenvolvimento dessas ferramentas, aplicadas para a caça e outras atividades cotidianas, tenha sido um dos fatores determinantes para o progresso humano.

Com o passar do tempo, os homininíneos passaram a dar melhor acabamento às ferramentas, obtendo artefatos com cantos mais afiados, além de incorporarem o uso de cabos, o que rende vantagem mecânica a essas ferramentas.

Após a descoberta da fundição de metais, elas passaram a ser fabricadas a partir do cobre (Cu), do bronze e do ferro (Fe), o que proporcionou ferramentas de melhor qualidade.

O desenvolvimento da agricultura trouxe a vantagem do ser humano não precisar mais se locomover grandes distâncias à procura de alimentos. Posteriormente, algumas invenções, como o arado, permitiram a preparação do solo para o plantio, melhorando significativamente o desempenho nas colheitas.

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

MODERNA

Antiguidade | Idade Média | Idade Moderna | Idade Contemporânea

200 anos a.C.

O matemático grego Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.) descreve o princípio da alavanca e outras máquinas simples, como as polias.

- Ele teria inventado a associação de polias e utilizado esse dispositivo para mover um grande navio. Também inventou o parafuso de Arquimedes, um dos primeiros dispositivos para bombear água de um terreno mais baixo para outro mais alto.

O engenheiro grego Filão de Bizâncio (280 a.C.-220 a.C.) descreve uma forma primitiva do acoplamento entre a corrente e a roda dentada (usada hoje em bicicletas), além da descrição de uma roda hidráulica.

- Filão também descreveu aquilo que seria o primeiro sistema de engrenagens da história.

60 anos a.C.

O matemático grego Heron de Alexandria (10 a.C.-80 a.C.) descreve um dispositivo para cortar parafusos com roscas fêmeas.

- Também descreveu outros dispositivos, como engrenagens helicoidais e válvulas de retenção e de flutuação (como as utilizadas atualmente nas descargas de sanitários), bem como os elementos necessários para construir um motor a vapor funcional, acionado por turbina ou pistão, que só foi construído de fato no século XVIII.

1100

É inventada a catapulta movida a gravidade, chamada pelos europeus de *trebuchet* (trabuco).

- Apesar de não ser a primeira catapulta da história, ela se destaca por aplicar o princípio da alavanca para dar grande velocidade a um projétil por meio de um contrapeso.

1698

A máquina inventada pelo engenheiro inglês Thomas Savery (1650-1715), projetada para bombear água de minas de carvão, é considerada a primeira máquina movida a vapor.

1891

O inventor estadunidense Thomas Robins Junior (1868-1957) inventa uma correia para o transporte de carvão e minério.

- Consiste em uma associação de polias com uma correia em laço fechado, que gira em torno das polias. Atualmente são utilizadas para transporte de bagagens em aeroportos.

1908

O empresário estadunidense Henry Ford (1863-1947) fabrica seu primeiro automóvel Modelo T, equipado com um motor de combustão interna a gasolina de quatro cilindros a 20 HP.

- Apesar de não ser o primeiro automóvel construído, o Modelo T foi pioneiro na produção em larga escala, com cerca de 15 milhões de unidades.

1962

Nos Estados Unidos, o primeiro braço robótico produzido em massa (Unimate) é comercializado.

- Foi o primeiro robô industrial do mundo, desenvolvido pelo inventor estadunidense George C. Devol (1912-2011).

Apesar de as invenções na Pré-História terem sua parcela de importância para o progresso da humanidade, nada se compara à invenção da roda. Esse dispositivo foi destinado inicialmente à fabricação de objetos de argila, e posteriormente começou a ser utilizado no transporte e na movimentação de cargas. Contudo, o tempo necessário desde sua invenção até que surgissem os primeiros veículos equipados com roda é incerto.

Outros dispositivos como a alavanca, o parafuso de Arquimedes e a associação de polias, descritos e desenvolvidos por Arquimedes, têm princípios amplamente utilizados atualmente.

Além disso, diversos avanços teóricos e tecnológicos em relação ao uso de novos materiais e/ou ligas de materiais e o conhecimento de novas fontes de energia, como carvão mineral e o petróleo, contribuíram para o desenvolvimento de novas máquinas. Dessa forma, vemos que muitas máquinas modernas, que apresentam alto grau de complexidade, têm princípios de funcionamento que remetem às máquinas simples.

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

MODERNA

O uso de ferramentas exige cuidado para que não ocorram acidentes. Peça ajuda a um adulto.

Máquinas simples

Suponha que você tenha ganhado uma porção de castanha-do-pará com casca, como as mostradas na imagem ao lado. Portanto, para comê-las você deve quebrar a casca dura e retirar a castanha de seu interior.

RHJP PHOTO AND ILUSTRATION/ SHUTTERSTOCK

Castanhas-do-pará.

Imagine que próximo a você há uma rocha do tamanho aproximado de sua mão e um martelo.

2. Qual desses objetos exige menos esforço para quebrar a casca da castanha-do-pará: um martelo ou uma rocha?

SMILEUS/SHUTTERSTOCK

Martelo sendo utilizado para fixar um prego.

2. Espera-se que os estudantes respondam que usar o martelo exige menos esforço por causa do cabo que ele possui, que proporciona vantagem mecânica.

Na situação acima, os dois objetos podem ser utilizados como ferramentas para quebrar a casca que envolve a castanha. No entanto, o martelo proporciona uma vantagem devido ao comprimento do cabo.

Se você utilizasse a rocha para quebrar a casca, ela atingiria a castanha na mesma velocidade que sua mão, pois, nesse caso, você teria que segurá-la diretamente nas mãos. Isso exige a aplicação de uma força para movimentar a rocha com rapidez suficiente para quebrar a casca.

Já com o martelo, ao segurar essa ferramenta pelo cabo e fazer o movimento na direção do alvo, a cabeça do martelo realiza um movimento em um arco maior que o da sua mão. Isso faz com que ele atinja o alvo a uma velocidade maior que a da sua mão. Portanto, para produzir o mesmo efeito no alvo, a força aplicada no martelo é menor. Trata-se do efeito de uma alavanca.

Dessa maneira, percebemos que o uso de máquinas simples facilita a execução de diversas atividades, alterando a intensidade e/ou a direção e o sentido da força necessária para realizá-las. A seguir estudaremos diferentes tipos de máquinas simples, como as rodas e polias, as alavancas e o plano inclinado.

Rodas e polias

Já vimos que a invenção da roda data de aproximadamente 3 500 anos a.C. na Mesopotâmia, e que ela foi utilizada inicialmente como rodas de oleiro para fabricação de objetos de argila.

Esse objeto representa um grande passo para a evolução da tecnologia, contribuindo não apenas para uma cerâmica de melhor qualidade, mas também para o princípio geral de aplicação da roda nos transportes e máquinas. Algum tempo depois da invenção da roda, foram encontradas evidências dos primeiros veículos com rodas. Também na Mesopotâmia foram descobertos vestígios das primeiras carroças com rodas de madeira maciça.

GREG BALFOUR EVANS/ALAMY/FOTOARENA

Antigo moedor de alimentos com roda feita a partir de rocha.

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

MODERNA

Ao longo do tempo a roda passou por uma série de evoluções, modificações e aplicações em diversas outras funções. Por volta do ano 2 000 a.C. surgiram no norte da Europa e na Ásia rodas com raios, o que as tornavam mais leves, as quais eram usadas em carruagens e carroças para o transporte de pessoas e de cargas. Já no ano de 1 000 a.C. na Europa Ocidental, os celtas começaram a revestir as rodas de madeira das carruagens com um aro de metal, aumentando a resistência e durabilidade das rodas. Somente nos séculos XIX e XX foram desenvolvidas rodas com pneus de borracha e câmaras de ar e também as rodas para serem usadas nos automóveis. Atualmente utiliza-se ligas metálicas e compostos de carbono nas rodas de veículos.

SINGH_LENS/SHUTTERSTOCK – MUSEU DE GURGAON, ÍNDIA

Diferentes tipos de rodas usadas em meios de transporte de cargas e pessoas.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Em nosso cotidiano há diversos equipamentos que utilizam rodas para funcionar.

- Converse com seus colegas e cite exemplos de situações do dia a dia em que se utiliza as rodas e imagine como seriam essas tarefas sem elas. A partir dessa discussão, proponham um novo dispositivo que possa substituir a roda em uma das situações citadas.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Outra aplicação que pode ser ressaltada é a roda d'água. Esse equipamento usa o movimento da água para girar uma roda que, por sua vez, movimenta moinhos de grãos ou bombas d'água.

A transmissão de movimento é feita por engrenagens, também chamadas rodas dentadas ou polias, que se conectam umas às outras. Dessa forma, o movimento da roda d'água pode ser transferido alterando-se a direção da rotação (de vertical para horizontal, por exemplo), o sentido e a velocidade de rotação.

A transmissão de movimento entre polias pode ser realizada por uma associação coaxial ou por uma associação periférica. Nas imagens a seguir são apresentados esses tipos de associações.

MARTIN 951/SHUTTERSTOCK

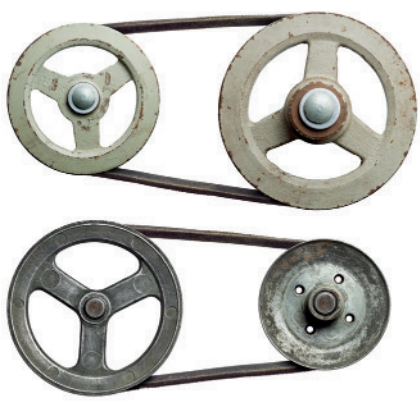
Rodas d'água em um moinho.

Na **associação coaxial**, as polias são conectadas a um eixo comum, de modo que todas girem junto ao eixo.

MARQUES/SHUTTERSTOCK

Cassete de marchas para bicicletas.

Na **associação periférica**, geralmente as polias são conectadas por correias ou correntes. No caso de engrenagens, a associação é feita pelo contato direto.



DONATAS 1205/SHUTTERSTOCK

Polias conectadas por correia.

GLYPH STOCK/SHUTTERSTOCK

Engrenagens associadas por contato direto.

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

As polias também podem ser utilizadas para transmitir força por meio de cabos ou correias, como nos mastros de bandeiras, nos equipamentos de ginástica, nos barcos, nos elevadores, guindastes e nas persianas.

Nesses casos, as polias podem ser classificadas em fixas ou móveis, o que altera as características de sua funcionalidade. Além disso, elas podem ser associadas com outras polias, formando sistemas que, por sua vez, possuem características diferentes de acordo com a disposição das polias, o número de cordas utilizadas, entre outros fatores.

Considere a situação em que é necessário erguer um balde, com cimento ou água, para o andar superior de uma construção, estando um trabalhador no andar de baixo e outro no de cima.

Fazendo uso de uma corda presa no balde e passando por uma polia, pode-se aplicar uma força na corda para baixo, fazendo com que o balde suba, como vemos na fotografia abaixo.

ANDRII TSYNHARIUK/ALAMY/FOTOARENA

Balde cheio de materiais sendo elevado para o segundo andar de uma construção, usando uma polia.

3. Como os trabalhadores poderiam fazer para subir o balde, sem o uso da polia?

Espera-se que os estudantes respondam que, sem o uso da polia, os trabalhadores teriam que se deslocar entre os andares carregando o balde, ou teriam que prender uma corda no balde e subi-lo até o andar superior, puxando a corda para cima.

Note que nessa situação o eixo da polia não pode se deslocar (sofrer translação), por isso ela é classificada como uma **polia fixa**.

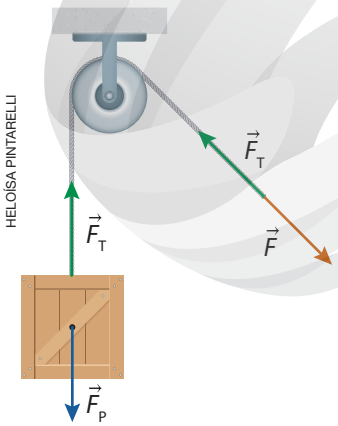
Nas polias fixas, o eixo é preso em um suporte de apoio, de modo que ela realiza apenas movimento de rotação em torno do próprio eixo.

Na imagem ao lado, para manter a caixa em equilíbrio, é necessário aplicar uma força $\left(\vec{F}\right)$ com a mesma intensidade da força peso $\left(\vec{F}_P\right)$ da caixa, isto é, a intensidade da força para realizar a tarefa não é alterada. Considerando que a corda e a polia são **ideais**, ou seja, a corda tem massa desprezível e não varia seu comprimento (inextensível) e a polia possui massa e atrito desprezíveis, podemos dizer que a força resultante na caixa é nula, pois a força de tensão $\left(\vec{F}_T\right)$ na corda tem mesma intensidade que a força peso $\left(\vec{F}_P\right)$.

$$F_T = F_P$$

Se a força peso da caixa tem intensidade de 50 N, por exemplo, a força $\vec{F}$ aplicada na corda para manter o conjunto em equilíbrio também tem intensidade de 50 N.

HELOÍSA PINTARELLI



Representação das forças que atuam em um corpo sendo puxado por uma corda, por meio de uma polia fixa. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

Diferentemente da polia fixa, as **polias móveis** possuem o eixo livre, ou seja, podem se deslocar junto com a carga, realizando os movimentos de translação e de rotação.

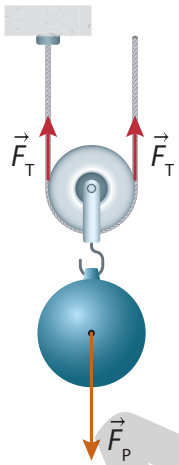
No sistema mostrado ao lado, o corpo está preso ao eixo da polia de modo que ele é sustentado por duas ou mais forças de tração. Como uma das extremidades está presa ao teto, somente parte da intensidade da força peso $\vec{F}_P$ é transmitida para a extremidade livre da corda, onde será aplicada a força.

Nessa situação, a intensidade da força aplicada na extremidade livre, para manter o sistema em equilíbrio, tem metade da intensidade da força peso do corpo.

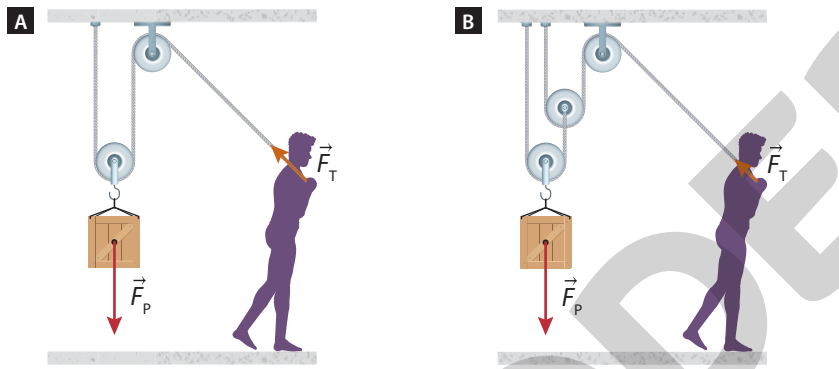
Essa característica da polia móvel faz com que a força necessária para erguer um corpo tenha intensidade menor que a força peso do mesmo. Em contrapartida, é preciso realizar um deslocamento maior da corda em comparação com o respectivo deslocamento do corpo na direção vertical.

Para obter maior vantagem, podemos realizar uma associação de polias. Assim, aumentamos o efeito da força aplicada no sistema, reduzindo o esforço para levantar uma carga ou mantê-la em equilíbrio.

Nas imagens a seguir há exemplos de associação de polias móveis com polias fixas, conhecidos como **talhas exponenciais**.



Representação das forças envolvidas em um peso metálico suspenso por uma polia móvel. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.



Representação das forças envolvidas quando uma caixa é elevada com o auxílio de uma roldana fixa e uma roldana móvel (**A**) e quando uma caixa é elevada com o auxílio de uma roldana fixa, duas roldanas móveis e duas cordas (**B**). Imagens sem proporção e em cores-fantasia.

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Nas talhas exponenciais, a força necessária para elevar a carga é dividida pela metade entre cada polia móvel utilizada. Assim, a intensidade da força $\vec{F}_T$ que deve ser aplicada é dada pela relação a seguir.

$$F_T = \frac{F_P}{2^n}$$

Em que F_P é a intensidade da força peso do corpo e F_T é a intensidade da tração que deve ser aplicada na corda, ambas em newtons (N) e n é a quantidade de polias móveis no sistema.

Em um sistema de polias, pode-se verificar a chamada **vantagem mecânica** $\left(V_{mec}\right)$, dada pela razão entre a intensidade da força resistente $\left(F_{res}\right)$, que geralmente equivale à força peso do corpo, e a intensidade da força aplicada ou potente $\left(F_{po}\right)$.

$$V_{mec} = \frac{F_{res}}{F_{po}}$$

Em que F_{res} é a intensidade da força resistente e F_{po} é a intensidade da força potente, ambas em newtons (N), e V_{mec} é a vantagem mecânica.

Quando a força necessária para erguer um corpo tem intensidade menor que a força peso do corpo, como no caso da aplicação de polias móveis, a vantagem mecânica é maior que 1. Para as polias fixas, a vantagem mecânica é igual a 1, pois a força necessária para levantar um corpo nesse sistema tem módulo igual à força peso.

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

MODERNA

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Resposta da questão **4** no **Suplemento para o professor**.

1. Explique, com suas palavras, a importância da invenção da roda para o desenvolvimento das máquinas simples, como as polias e as engrenagens.

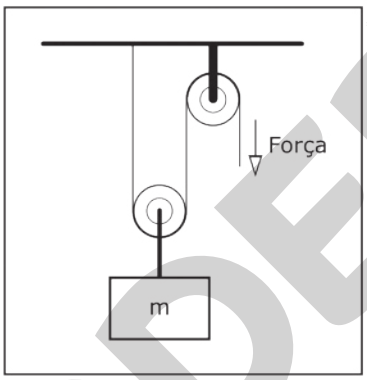
1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes argumentem que o desenvolvimento da roda possibilitou a construção de máquinas baseadas em movimento de rotação, como as polias e as engrenagens que, por sua vez, passaram a fazer parte de máquinas mais complexas.

2. Um agricultor possui um poço em seu sítio e precisa tirar água dele manualmente, utilizando um balde. Ele pensou em prender uma corda no balde, mergulhá-lo no poço e em seguida puxá-lo para cima, cheio de água. Contudo, seu filho, que é um bom estudante de Física, explicou-lhe que essa tarefa pode se tornar perigosa ao se aproximar demais da borda do poço, pois pode cair dentro dele enquanto puxa a corda para cima. Então, ele sugeriu que seu pai utilizasse uma polia fixa para essa tarefa, diminuindo os riscos. Explique como a utilização de uma polia fixa pode ajudar o agricultor a realizar a atividade de modo mais seguro.

2. Esse trabalho pode ser realizado de maneira mais segura ao utilizar uma polia fixa, pois pode-se manter uma distância segura da borda do poço, aplicar uma força em uma direção diferente da vertical, de modo que a polia fixa irá alterar a direção da força, fazendo com que o balde com água suba até a superfície.

3. **(UEPG-PR)** A ilustração a seguir mostra um sistema de polias projetado para levantar um objeto de massa m. O sistema consiste de uma polia fixada ao teto e de uma polia não fixa à qual o objeto está ligado. Sobre o assunto, escreva a soma das alternativas corretas em seu caderno.

Dado $g = 10\ m/s^2$



REPRODUÇÃO

01) A força que deve ser exercida na corda, para baixo, de modo a suspender o objeto com uma velocidade constante é igual a $\frac{1}{2}mg$.

02) Suspender o objeto de massa m com uma velocidade constante não é uma situação de equilíbrio.

04) Se o sistema representado contivesse três polias não fixas em vez de uma, a força necessária para suspender o objeto, com uma velocidade constante, seria igual a $\frac{1}{3}mg$.

08) Para uma situação semelhante à esquematizada, porém, com uma força exercida igual a 400 N, a qual equilibraria o corpo de massa m, teríamos $m = 80\ kg$.

3. Soma: 01 + 08 = 09
Oriente os estudantes a resolver as questões de vestibular cujas alternativas são numeradas. Os valores das alternativas que respondem corretamente à questão devem ser somados e a resposta é o resultado da somatória.

4. Uma aluna que acabou de ter aula de Física sobre associação de polias decidiu fazer um desafio para seu primo: erguer um saco de areia com massa de 70,0 kg. O primo topou o desafio, mas foi incapaz de levantar o corpo com tamanha massa. A garota então pegou um sistema composto por cabos passando por uma polia fixa e algumas polias móveis, prendeu uma das extremidades do cabo no saco de areia e segurou a outra extremidade. Começou a puxar a carga com apenas uma mão, erguendo-a sem muitas dificuldades. Considere a aceleração da gravidade dada por: $g = 10{,}0\ m/s^2$ e responda às questões a seguir.

a) Supondo que a aluna é capaz de erguer até 15,0 kg com apenas uma mão, determine o número mínimo de polias móveis presentes no sistema.

b) Considere que o sistema é composto por 4 polias móveis e que a garota ergueu o saco de areia com velocidade constante. Calcule a vantagem mecânica desse sistema.

5. Para erguer uma bandeira em um mastro utiliza-se uma corda que passa por uma polia fixa presa em um suporte no alto do mastro. Explique a importância da utilização da polia nesse sistema: como seria a tarefa de hastear uma bandeira sem usar uma polia?

5. A polia fixa tem a função de alterar a direção da força aplicada na corda. Para erguer a bandeira, basta puxar a corda para baixo, enquanto a roldana faz com que a bandeira suba ao mudar a direção da força aplicada na corda. Para hastear uma bandeira sem utilizar uma polia, seria preciso subir no mastro e puxar a bandeira com uma corda.

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

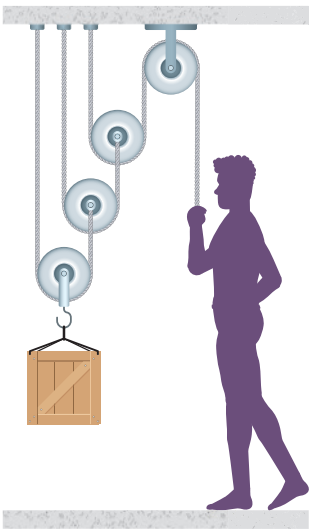
MODERNA

Respostas das questões **7** e **10** no **Suplemento para o professor**.

6. Na figura a seguir, uma pessoa está segurando um corpo de massa M suspenso por um sistema de polias contendo três polias móveis e uma fixa, presa ao teto. Considere a aceleração da gravidade sendo $g = 10{,}0\ m/s^2$ e responda às questões.

Usando equação de associação de polias com três móveis e uma fixa, teremos:

$$F_T = \frac{F_P}{2^n} \Rightarrow F_T = \frac{M \cdot g}{2^n} \Rightarrow M = \frac{F_T \cdot 2^n}{g} \Rightarrow M = \frac{200 \cdot 2^3}{10} \therefore M = 160\ kg$$

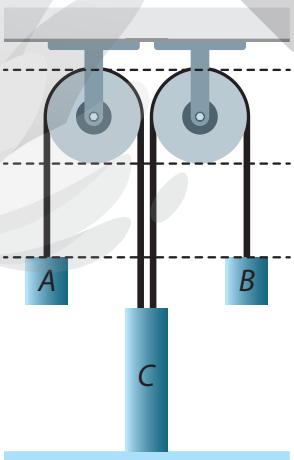


HELOÍSA PINTARELLI

Representação de uma pessoa segurando um corpo por meio de associação de polias. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Supondo que a pessoa está aplicando uma força de 200 N para manter o sistema em equilíbrio, determine a massa M.

7. Os cilindros A, B e C estão em equilíbrio, como mostra a figura abaixo. Suponha que $m_A = m_B = 2{,}5\ kg$ e $m_C = 6{,}0\ kg$. Sabendo que o cilindro C está apoiado sobre uma mesa de vidro capaz de suportar, no máximo, uma força de até 12,0 N, determine se a mesa irá resistir à força aplicada pelo cilindro C. Considere que as polias e os fios são ideais.



ILUSTRAÇÕES: RONALDO INÁCIO

Representação de um sistema de corpos ligados por fios com polias fixas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

8. Leia as afirmativas a seguir, julgando se são verdadeiras ou falsas. Na sequência, corrija as falsas em seu caderno.

a) Em uma associação contendo somente polias fixas, a força necessária para mover o corpo será alterada somente na direção e no sentido. Verdadeira.

b) A vantagem mecânica de uma associação contendo polias móveis será sempre maior do que 1. Verdadeira.

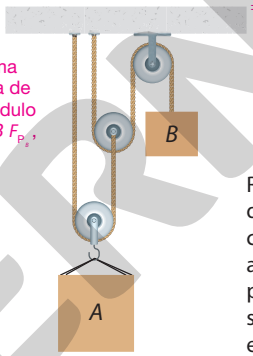
c) Podemos obter vantagem mecânica maior que 1 associando somente polias fixas. Falsa. Uma associação contendo somente polias fixas tem vantagem mecânica igual a 1.

d) Se uma associação de polias tem vantagem mecânica igual a 4, a intensidade da força necessária para manter um corpo de 80 N de peso em equilíbrio é de 40 N. Falsa. A intensidade da força é de 20 N.

$$V_{mec} = \frac{F_{res}}{F_{po}} \Rightarrow 4 = \frac{80}{F_{po}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{po} = \frac{80}{4} \therefore F_{po} = 20\ N$$

9. Observe a montagem a seguir.



Representação de um sistema de corpos em uma associação de polias. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Sabendo que o corpo A possui massa de 24 kg e que o sistema está em equilíbrio, determine a massa do corpo B.

O corpo B tem massa igual a 6 kg.
Como o sistema está em equilíbrio e se trata de uma talha exponencial, a força de tração F_T tem mesmo módulo da força peso do corpo B F_{P_B}, portanto, temos:

$$F_{P_B} = F_T \Rightarrow F_{P_B} = \frac{F_{P_A}}{2^n} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_B \cdot g = \frac{m_A \cdot g}{2^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_B \cdot 10 = \frac{24 \cdot 10}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_B = \frac{240}{40}$$

$$\therefore m_B = 6\ kg$$

10. Durante um serviço de construção civil, dois operários se deparam com a tarefa de elevar uma determinada quantidade de material do solo ao segundo andar de um edifício em manutenção. Para isso, cada um deles desenvolve um arranjo de roldanas.

O primeiro operário defende a ideia de que utilizar apenas uma roldana fixa possibilita menor esforço para elevar a carga. No entanto, o segundo operário defende a ideia de que, se utilizar uma roldana fixa e uma móvel, é possível elevar a mesma quantidade de material que o primeiro operário exercendo menor quantidade de força.

Os outros trabalhadores, ao analisar as duas propostas se dividem nas seguintes afirmações:

I) Os dois operários terão que exercer a mesma força, não importando o tipo de arranjo de roldanas que irão utilizar.

II) O segundo operário terá que puxar maior quantidade de corda em relação ao primeiro.

III) O primeiro operário necessitará aplicar menor força para elevar a mesma carga que o segundo.

Analise as afirmações acima julgando-as como verdadeira ou falsa. Em seguida, justifique as falsas em seu caderno.

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

MODERNA

Alavancas

1. O objetivo desta questão é verificar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação às alavancas. Eles podem citar que a chave de roda atua como uma alavanca e que, aumentando o braço da alavanca, a intensidade da força necessária para retirar o parafuso é menor.

Observe a imagem ao lado de um mecânico soltando os parafusos da roda de um carro.

1. A ferramenta utilizada pelo mecânico na imagem pode ter o comprimento de seu cabo aumentado. Qual vantagem isso pode trazer?

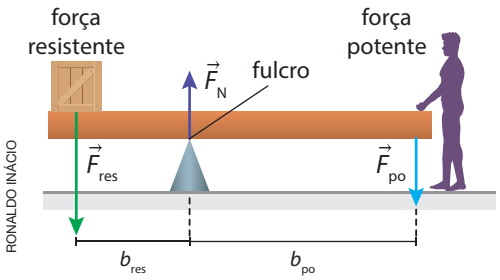
VLADIMKA PRODUCTION/SHUTTERSTOCK

Mecânico soltando um parafuso da roda de um veículo.

A chave de roda, utilizada pelo mecânico, atua como uma máquina simples conhecida como **alavanca**.

As alavancas são, geralmente, constituídas de uma barra rígida que gira em torno de um ponto de apoio fixo, chamado fulcro. No exemplo anterior, o fulcro da alavanca coincide com o parafuso.

A vantagem de se utilizar alavancas é reduzir a intensidade da força necessária para realizar uma tarefa. Essa propriedade é utilizada há muito tempo, para diversas atividades, como mover, sustentar ou carregar objetos.



RONALDO INÁCIO

Representação de um corpo em equilíbrio em uma alavanca. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Em uma alavanca, devemos considerar duas forças: a força aplicada ou força potente $\left(\vec{F}_{po}\right)$, e a força de resistência da carga ou força resistente $\left(\vec{F}_{res}\right)$. Outros fatores importantes são os chamados braços de alavancas, que são determinados a partir da posição do ponto de apoio até o ponto de aplicação da força. $\vec{F}_N$ é a força normal do apoio sustentando a barra da alavanca.

A distância entre o ponto de apoio e o ponto de aplicação da força potente recebe o nome de braço de potência $\left(b_{po}\right)$, enquanto a distância entre o ponto de apoio até a força resistente é denominada braço de resistência $\left(b_{res}\right)$. A condição de equilíbrio de uma alavanca é dada por:

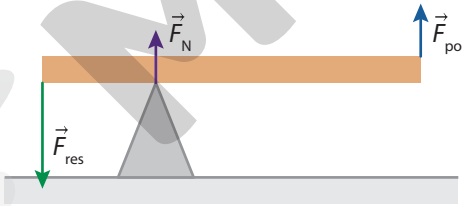
$$F_{po} \cdot b_{po} = F_{res} \cdot b_{res}$$

A relação matemática acima representa a vantagem mecânica das alavancas. Ela revela que, quanto maior o braço de potência em relação ao braço de resistência, menor será a força necessária para equilibrar a carga, ou seja, menor o esforço para realizar a tarefa. Por isso, há o cabo extensível na chave de roda na fotografia do início da página.

As alavancas são divididas em três tipos principais de acordo com as posições relativas da força potente, da força resistente e do ponto de apoio, sendo classificadas em: interfixa, interpotente e inter-resistente.

JUKSC/SHUTTERSTOCK

Tesoura.

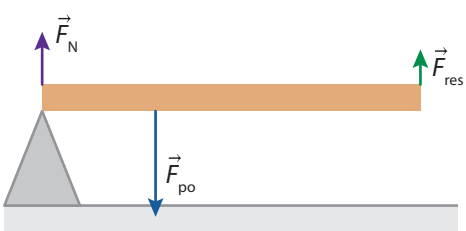


Representação das forças em uma alavanca interfixa. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Uma **alavanca interfixa** é caracterizada por possuir o apoio entre as extremidades nas quais as forças são aplicadas. Alguns exemplos de alavancas interfixas são a tesoura, o alicate e a gangorra.

BOULE/SHUTTERSTOCK

Pegador de gelo.



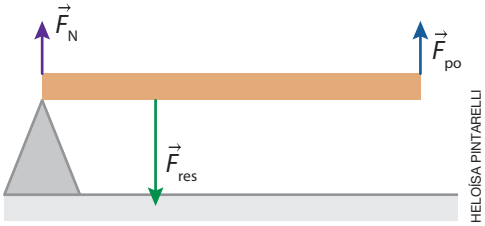
ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Representação das forças em uma alavanca interpotente. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

No caso da **alavanca interpotente**, o ponto de aplicação da força potente se localiza entre o ponto de apoio e o ponto de aplicação da força resistente. Nessa alavanca, a intensidade da força potente pode ser maior que a intensidade da força resistente. Exemplos de alavancas interpotentes são o pegador de gelo, pegador de macarrão, pinça e vara de pescar.

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

Na **alavanca inter-resistente** o ponto de aplicação da força resistente fica entre o apoio e o ponto de aplicação da força potente. São exemplos de alavancas inter-resistentes a carriola (carrinho de mão), o espremedor de alho, o abridor de garrafas e o quebra-nozes.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação das forças em uma alavanca inter-resistente. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

SHCHERBAKOV IIYA/SHUTTERSTOCK

Carriola.

Outra aplicação desse princípio pode ser observada na gangorra. Se duas pessoas de massas muito diferentes forem brincar e ambas se sentarem nas extremidades da gangorra, haverá um desequilíbrio e o brinquedo não irá se movimentar adequadamente. Para solucionar esse problema, a pessoa de maior massa poderia se sentar mais próximo do ponto de apoio, diminuindo seu respectivo braço de alavanca e, assim, equilibrando a gangorra para que possam brincar.

ISSARET YATSOMBOON/SHUTTERSTOCK

Pessoas de diferentes massas em uma gangorra. Para que a pessoa de menor massa não fique sempre elevada, a pessoa de maior massa poderia diminuir o braço da alavanca, sentando mais próximo do ponto de apoio.

Plano inclinado

O **plano inclinado** é definido como uma superfície plana com uma inclinação em relação à direção horizontal, ou seja, o início e o fim do plano estão em alturas diferentes.

As rampas de acesso, como a mostrada na fotografia ao lado, são exemplos de plano inclinado e devem obedecer às condições de segurança e inclinação estabelecidas pela NBR (Norma Brasileira) 9050/2015.

RIO PATUCA/SHUTTERSTOCK

Uma pessoa em cadeira de rodas subindo uma rampa de acesso.

As rampas são utilizadas porque reduzem a intensidade da força necessária para superar o desnível, diminuindo o esforço físico. Por esse motivo os planos inclinados são considerados máquinas simples.

Em contrapartida, o plano inclinado exige maior deslocamento para superar um desnível. Usando as rampas de acesso como exemplo, para manter o conforto dos usuários, elas devem ter inclinações entre 5% (1:20) e 8,33% (1:12). Isso quer dizer que, para uma elevação de 1 m de altura, a projeção horizontal da rampa pode ter entre 20 m e 12 m (no mínimo).

2. Por que as rampas de acesso têm pequenas inclinações?

O objetivo desta questão é resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o plano inclinado. Eles podem citar que subir rampas com pequenas inclinações exige menos esforço físico.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

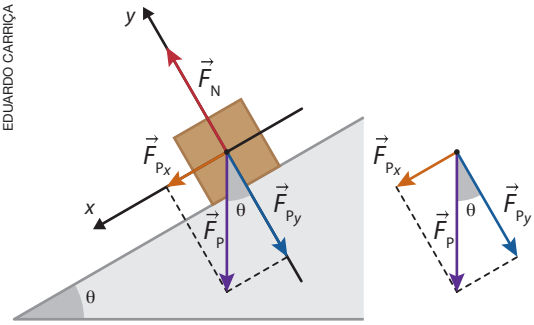
A acessibilidade é um direito de todos para garantir a participação ativa dos cidadãos em todos os aspectos sociais. Rampas de acesso, pisos táteis, indicações em Braille, são exemplos de adaptações que oferecem condições de autonomia, segurança e conforto para pessoas com deficiência.

- Junte-se a dois colegas e observem os ambientes da sua escola e ao redor dela, identificando adaptações de acessibilidade e também a falta delas. Em seguida, discutam se esses ambientes são considerados acessíveis, propondo melhorias que podem ser realizadas.

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

MODERNA

EDUARDO CARRIÇA



Representação das forças que atuam em um bloco sobre um plano inclinado sem atrito. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Para analisar as forças envolvidas no movimento de um corpo sobre um plano inclinado, adotamos um plano cartesiano como referencial, de modo que o eixo das ordenadas (eixo *y*) seja perpendicular ao plano, e o eixo das abscissas (eixo *x*) coincida com o plano inclinado, como ilustrado ao lado.

Nessa situação, um recurso útil a ser utilizado é a decomposição das forças nas direções dos eixos cartesianos escolhidos para analisar o problema. A força normal $\vec{F}_N$ tem direção do eixo das ordenadas, porém a força peso atua em uma direção diagonal, entre as direções dos dois eixos. Então utilizamos suas projeções perpendiculares, sobre os eixos cartesianos. Assim, suas componentes, que podem ser chamadas $\vec{F}_{P_x}$ e $\vec{F}_{P_y}$, serão dadas por:

$$F_{P_x} = F_P \cdot \text{sen}\,\theta \qquad F_{P_y} = F_P \cdot \cos\theta$$

Note que para equilibrar o corpo sobre o plano inclinado, deve-se aplicar uma força com intensidade igual à componente F_{P_x}, que seja no sentido contrário.

Além das rampas de acesso, as cunhas e os parafusos são exemplos de planos inclinados.

Objetos como facas, machados e as ferramentas de rocha da Antiguidade são exemplos de cunha.

BENEDEK ALPAR/SHUTTERSTOCK

Machado utilizado no corte de madeira.

As cunhas geralmente são utilizadas para o corte e são formadas por dois planos inclinados que fazem um ângulo agudo entre si. Essa disposição altera a direção da força aplicada em um objeto. Por exemplo, à medida que a parte afiada do machado da imagem ao lado é empurrada para o interior da madeira, as laterais da lâmina empurram a madeira para os lados, dividindo-a.

Diga aos estudantes que o machado ainda tem uma alavanca, o cabo.

QBDP/SHUTTERSTOCK

Parafuso comum. Note que a rosca do parafuso forma um plano inclinado em espiral.

Nos parafusos o plano inclinado tem formato helicoidal (roscas) em torno de um cilindro central, dessa forma o parafuso converte o movimento de rotação em um movimento de translação para dentro ou para fora do corpo no qual ele está sendo fixado.

A vantagem de se utilizar parafusos para manter dois corpos unidos é de que a rosca permite maior superfície de contato com os corpos e esses não escapam com facilidade. Além disso, os parafusos podem ser removidos e reinseridos sem perder sua eficácia.

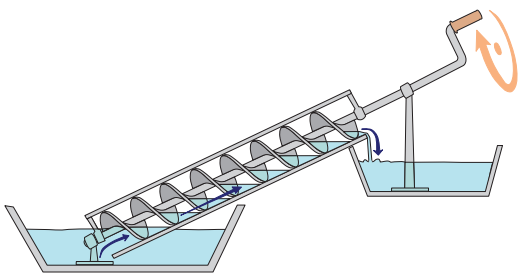
Uma aplicação interessante desse dispositivo é o parafuso de Arquimedes, citado anteriormente. Ele é utilizado para bombear água de um local mais baixo para um local mais alto.

A extremidade inferior do parafuso é imersa na água e conforme ele gira, certa quantidade de água é elevada pelo parafuso. Esse dispositivo ainda é usado para irrigação e outras finalidades.

NIGEL HOUSDEN/SHUTTERSTOCK

Parafuso de Arquimedes usado no bombeamento de água, no Reino Unido (2018).

SERGEY MERKULOV/SHUTTERSTOCK



Representação do funcionamento do parafuso de Arquimedes. Note como o líquido é levado do local mais baixo para o mais alto. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

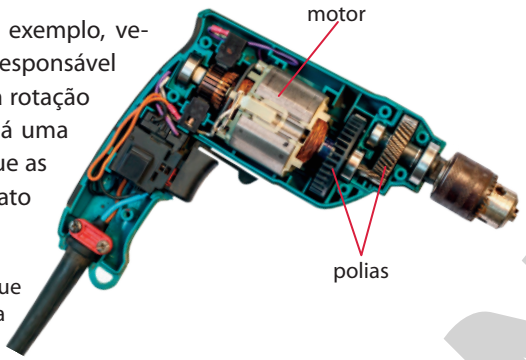
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Máquinas modernas

Há uma infinidade de máquinas em nosso dia a dia, elas são compostas de muitos elementos complexos, envolvendo dispositivos eletrônicos, mecânicos, térmicos etc. Ao longo do tempo, houve uma enorme evolução nas técnicas de fabricação das máquinas, bem como a descoberta de novos materiais empregados em sua produção. No entanto, os princípios básicos de funcionamento de muitas máquinas modernas são os mesmos das máquinas simples.

Considerando uma furadeira elétrica como exemplo, vemos que ela é composta de um motor elétrico responsável por aplicar a força para girar a broca. Para que a rotação da broca seja maior que a rotação do motor, há uma associação de polias. Deve-se notar, também, que as brocas são feitas com ranhuras laterais em formato de um parafuso.



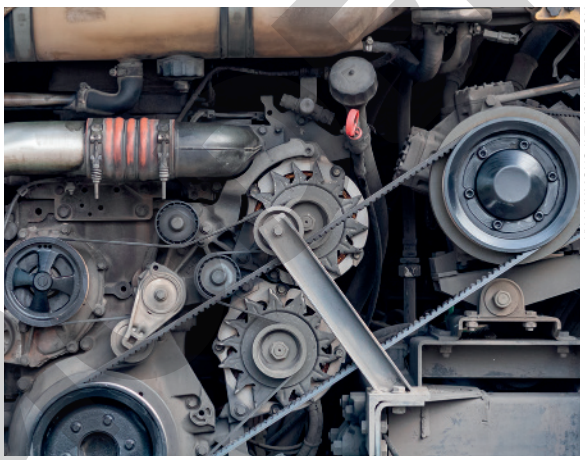
BIT MECHANIC/SHUTTERSTOCK

Furadeira elétrica aberta. Note que há uma associação de polias para fazer a broca girar mais rápido.

Outro exemplo interessante da importância das máquinas simples na atualidade é o automóvel, uma máquina bastante complexa. Ele envolve muitos dispositivos eletrônicos, um motor à combustão interna, cujo funcionamento é explicado pela termodinâmica. Há, ainda, sistemas de lubrificação, arrefecimento, transmissão e muitos outros que utilizam diversas aplicações de máquinas simples.

O dispositivo mais básico que possibilita o deslocamento do carro são suas rodas. Independentemente da potência de seu motor, se não estiver equipado com as rodas ele não irá a lugar algum.

Já em relação ao motor, para funcionar adequadamente e transmitir seu movimento para as rodas, ele faz uso de diversas engrenagens dos mais variados formatos e tamanhos. Essas engrenagens, que são uma adaptação da roda, desempenham diferentes funções dentro de um motor ou de um sistema de transmissão. Há, ainda, os sistemas de polias acopladas com correias.


KHAMHMONG INTA/SHUTTERSTOCK

Sistema de polias no motor de um automóvel.

O que há de comum entre todos esses dispositivos das máquinas modernas é que eles foram desenvolvidos a partir de máquinas simples, como a roda, as polias, o plano inclinado e a alavanca.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Imagine que um amigo diz para você que já não faz sentido estudar as máquinas simples na atualidade, pois elas entraram em desuso há muito tempo. Como você responderia a esse seu amigo?

b) Discuta com seus colegas sobre outras máquinas modernas (que não foram citadas no texto) que você encontra na sua casa, no caminho para a escola ou em seu dia a dia e que fazem uso de máquinas simples. Identifiquem e anotem no caderno as partes desses dispositivos que podem ser classificadas como máquinas simples.

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

EXTERNA

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

A arma medieval

Contextualização

GEORGE ELCH/SHUTTERSTOCK

Trabuco no Castelo dos Baux, França (2011).

As catapultas e os trabucos são estruturas que foram criadas para atirar projéteis de grande massa a longas distâncias.

O funcionamento dessas armas se baseia no princípio das alavancas, uma vez que elas têm um ponto de apoio e um braço que gira em relação a esse ponto. Um dos fatores que transformou o uso das catapultas foi o desenvolvimento da balística, que é o estudo do movimento de projéteis.

Diversos relatos históricos de momentos da Antiguidade e da Idade Média retratam batalhas que foram decididas com o uso de catapultas e trabucos, por exemplo.

a) Como a balística ajudava na utilização das catapultas e dos trabucos?

b) Há um limite de massa que pode ser arremessado por um trabuco ou uma catapulta?

Orientações

Junte-se a dois colegas e pesquisem maneiras de construir uma catapulta ou um trabuco, em escala reduzida e com materiais de baixo custo, para investigar os princípios envolvidos nesses equipamentos.

Elaborem um relatório da atividade que contemple as seguintes questões:

- Que tipo de lançador será construído?
- Quais materiais serão utilizados?
- Quais grandezas devem ser observadas na realização do experimento?
- Que cuidados devem ser tomados?
- Quais variáveis podem ser alteradas para obter resultados diferentes?

!

Não atire objetos na direção de seus colegas, professor ou de qualquer outra pessoa. Utilizem o equipamento com responsabilidade para evitar acidentes.

Realizem a atividade de investigação buscando soluções para problemas e dúvidas que surgirem. Anotem as etapas no caderno, registrem a montagem por meio de fotografias e façam vídeos das catapultas ou trabucos em funcionamento.

Análise e divulgação dos dados

Divulguem os resultados obtidos para a turma, apresentando as fotografias e os vídeos. Caso seja possível, demostre o funcionamento do equipamento que vocês construíram em sala, detalhando os materiais, os procedimentos realizados e as grandezas analisadas.

Ao final, respondam às questões a seguir.

1. Como o princípio da alavanca pode ser verificado no lançador de projéteis que vocês construíram?
2. Qual aparato faz o equipamento lançar os projéteis?
3. O que vocês poderiam alterar, na catapulta ou trabuco, para lançar objetos a maiores ou menores distâncias?
4. Como é possível prever o movimento do projétil para atingir um alvo específico?
5. Retorne às respostas das questões **a** e **b**, alterando suas respostas, se necessário.

MODERNA

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

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **1** a **4** no **Suplemento para o professor**.

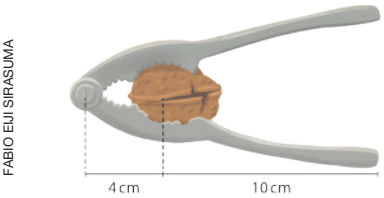
1. Observe as fotografias a seguir.

Alicate (**A**), pinça (**B**), abridor de garrafas (**C**), carriola (**D**) e pegador de macarrão (**E**).

a) Classifique as alavancas mostradas em interpotente, inter-resistente e interfixa.

b) Em quais das alavancas a força potente é maior que a força de resistência?

2. A noz mostrada na imagem necessita de uma força de 200 N para ser quebrada. Qual a intensidade da força que a pessoa deve aplicar na extremidade do quebrador de nozes?



Representação de um quebrador de nozes. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

3. Considere as afirmações a seguir sobre o plano inclinado. Em seguida, escreva as falsas em seu caderno, justificando-as.

I) A força necessária para erguer um corpo a uma mesma altura é menor em um plano inclinado do que em um deslocamento vertical. A distância percorrida utilizando o plano inclinado também é menor.

II) O parafuso não pode ser classificado como exemplo da aplicação de plano inclinado.

III) O macaco de um automóvel é um tipo de plano inclinado, pois utiliza um parafuso, cujo movimento rotativo faz com que esse dispositivo levante o carro, ao custo de um deslocamento menor na vertical.

IV) Uma ladeira de uma estrada é um plano inclinado, pois permite um deslocamento vertical com menos esforço.

4. Em uma gangorra com comprimento total de 4 m, uma pessoa com massa de 60 kg senta-se a uma distância de 1,2 m em relação ao ponto de apoio central. Em qual posição uma pessoa de 80 kg deve se sentar para que a gangorra fique em equilíbrio?

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

Respostas no **Suplemento para o professor**.

Refletindo sobre o que estudou nesta unidade, responda às questões a seguir.

1. Escreva em pedaços de papel termos referentes à evolução dos seres vivos abordados nesta unidade. Em seguida, troque os papéis com os colegas. Com a turma, elaborem afirmativas utilizando um ou mais termos escritos nos papéis.

2. Elabore um esquema, com ilustrações e texto explicativos, que possibilite compreender a aplicação da técnica de datação de carbono-14 em fósseis.

3. Junte-se a três colegas e elaborem um *podcast* sobre evolução humana. Esse material deve ser compreensível para diferentes pessoas, inclusive as da comunidade não escolar. Por isso, elaborem previamente um texto de fácil compreensão com informações resumidas sobre o assunto. Divulgue o *podcast* nas redes sociais ou por meio de aplicativos de mensagens.

4. Em um período de tempo de dois minutos, escreva em pedaços de papel termos e expressões referentes às máquinas simples, vistos nesta unidade. Em seguida, entregue os papéis para o professor e, com a turma, produzam um esquema no qual possam ser identificados exemplos e características das máquinas simples.

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

MODERNA

SER CONSCIENTE Existem raças humanas?

Observe a obra de arte abaixo, da pintora brasileira Tarsila do Amaral (1886-1973), e responda às questões.

1. Ao observar a obra de arte ao lado, como você descreveria os indivíduos retratados nela?
2. Em sua opinião, podemos afirmar que as pessoas retratadas são de raças diferentes? Justifique.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

© TARSILA DO AMARAL/ROMULO FIALDINI/TEMPO COMPOSTO – ACERVO ARTÍSTICO-CULTURAL DOS PALÁCIOS DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, SÃO PAULO

Operários, Tarsila do Amaral. Óleo sobre tela, 150 cm x 205 cm. 1933.

Como você pôde observar na tela *Operários*, os seres humanos apresentam grande diversidade de características físicas. A cor da pele, por exemplo, está diretamente associada à interação entre fatores genéticos e ambientais, tais como a exposição aos raios ultravioleta do Sol. No Brasil, a diversidade de cor da pele da população evidencia, por exemplo, a intensa miscigenação entre descendentes de ameríndios, africanos e europeus.

Em razão dessas diferenças físicas visíveis entre as populações de seres humanos, ao longo da História foi disseminada a ideia errônea de que a espécie humana é subdividida em raças, identificadas, por exemplo, pela cor da pele. Porém, essa concepção é inadequada do ponto de vista biológico. Por quê?

De acordo com o estudo realizado pelo geneticista e evolucionista estadunidense Richard Lewontin (1929-), em 1972, as variações na informação genética são muito maiores dentro de uma mesma população humana do que entre populações diferentes. A análise de vários genes em pessoas de populações distintas demonstrou que 85% da variabilidade genética encontrada ocorria dentro de uma mesma população, enquanto apenas 7% dessas diferenças foram encontradas em populações diferentes. Logo, é incorreto distinguir as populações humanas em raças, uma vez que a porcentagem de genes diferentes entre as populações é muito pequena. Por isso, do ponto de vista biológico, não existem raças humanas.

Gene: porção do DNA que orienta a produção de uma molécula específica, como uma proteína; considerada a unidade básica da hereditariedade.

Após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), com a dizimação de diversos países e a morte de milhares de pessoas, a comunidade internacional percebeu a urgência da criação de um órgão que primasse pela paz e segurança mundial. Nesse cenário, no dia 26 de outubro de 1945, foi estabelecida a Organização das Nações Unidas, atualmente com sede em Nova Iorque e diversos escritórios ao redor do mundo.

THE PRINT COLLECTOR/ALAMY/FOTOARENA – COLEÇÃO PARTICULAR

Eleanor Roosevelt. Além de membro, foi presidenta da comissão de redação da Declaração Universal dos Direitos Humanos.

Além da criação da ONU, percebeu-se a necessidade da criação de um documento sobre os direitos humanos. Nesse cenário, foi elaborada e promulgada, em 10 de dezembro de 1948, a Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH), estabelecendo, pela primeira vez, a proteção universal aos direitos humanos.

A comissão de redação da DUDH era composta de membros de diferentes países, como a ex-primeira dama estadunidense Eleanor Roosevelt (1884-1962).

MODERNA

A maior parte da variação genética ocorre entre indivíduos e não entre grupos étnicos. Ou seja, pode haver maior variação genética entre duas pessoas consideradas de pele branca do que uma pessoa de pele branca e outra de pele negra. Além disso, os genes humanos não são específicos de uma população.

Embora a Genética tenha comprovado cientificamente que o conceito de raças humanas não existe do ponto de vista biológico, essa concepção infelizmente ainda é muito frequente na sociedade atual e usada erroneamente como embasamento para atos preconceituosos.

Todos os seres humanos, independente de suas características físicas e de sua etnia, devem ter seus direitos e deveres garantidos. Antes de qualquer diferença física, somos todos seres humanos e, assim, somos assistidos pela Declaração Universal dos Direitos Humanos.

Respostas no **Suplemento para o professor**

A O Brasil é considerado um país miscigenado, isto é, que apresenta grande mistura de etnias. Alguns antropólogos defendem que, em países miscigenados, casos de racismo tendem a ser menos frequentes. Você concorda com essa afirmação? Converse sobre esse assunto com os colegas.

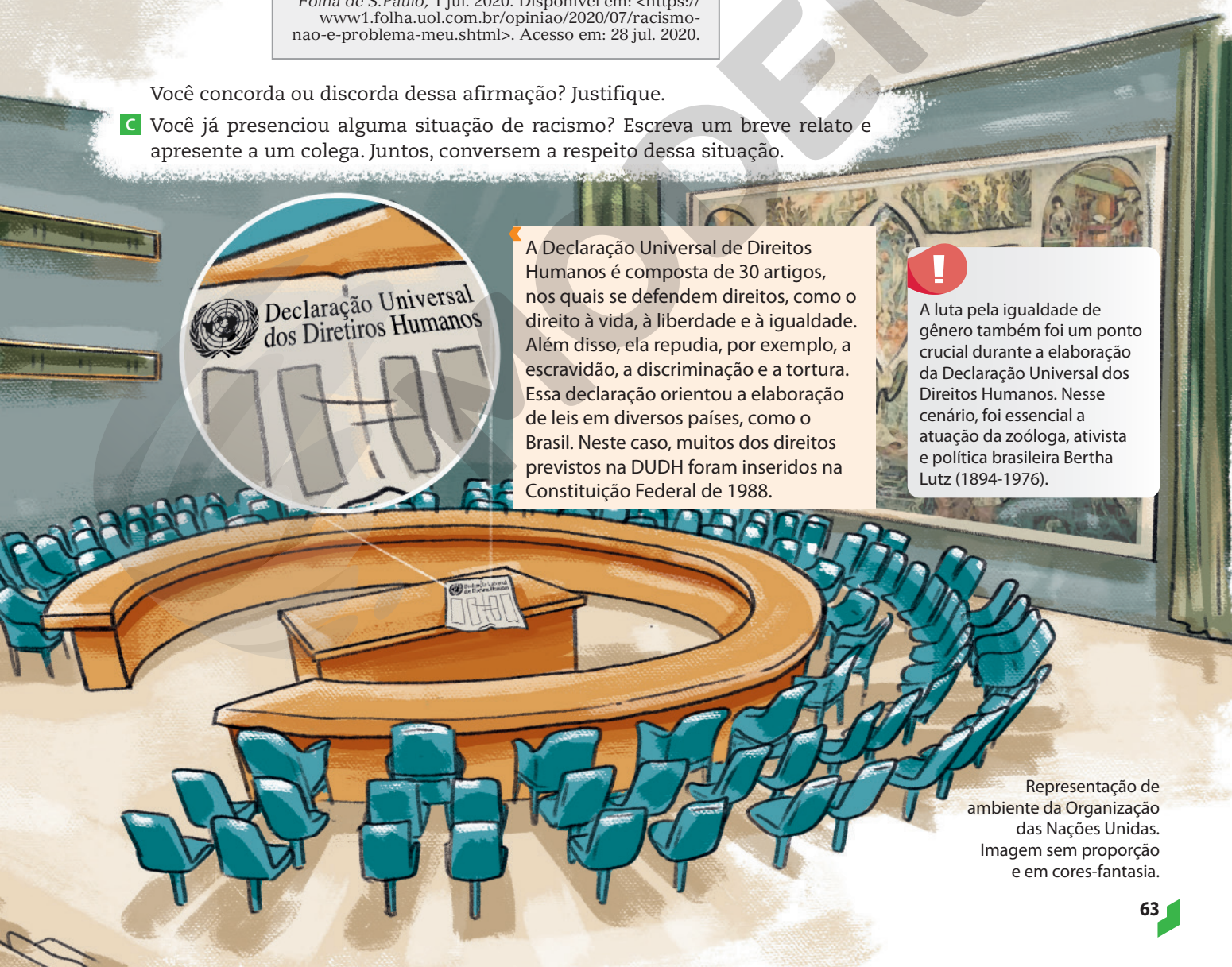
B Leia a manchete a seguir.

> **Racismo não é problema meu**
>
> GUIMARÃES, H. Racismo não é problema meu. *Folha de S.Paulo*, 1 jul. 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/opiniao/2020/07/racismo-nao-e-problema-meu.shtml>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Você concorda ou discorda dessa afirmação? Justifique.

C Você já presenciou alguma situação de racismo? Escreva um breve relato e apresente a um colega. Juntos, conversem a respeito dessa situação.

Uma das maneiras mais adequadas de agrupar indivíduos humanos é por meio de etnias, cujo conceito está relacionado aos aspectos sociais, culturais, religiosos e históricos de uma população, sem relação com suas características biológicas. Apesar de o conceito de etnia ser bem aceito, ele também não justifica ações discriminatórias entre as populações.



ADRIEL CONTIERI

A Declaração Universal de Direitos Humanos é composta de 30 artigos, nos quais se defendem direitos, como o direito à vida, à liberdade e à igualdade. Além disso, ela repudia, por exemplo, a escravidão, a discriminação e a tortura. Essa declaração orientou a elaboração de leis em diversos países, como o Brasil. Neste caso, muitos dos direitos previstos na DUDH foram inseridos na Constituição Federal de 1988.

A luta pela igualdade de gênero também foi um ponto crucial durante a elaboração da Declaração Universal dos Direitos Humanos. Nesse cenário, foi essencial a atuação da zoóloga, ativista e política brasileira Bertha Lutz (1894-1976).

Representação de ambiente da Organização das Nações Unidas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

MODERNA

UNIDADE

2

Estudando o corpo humano

Mulher segurando uma moeda com a mão biônica. Esse modelo, produzido na Escócia e lançado em 2007, apresenta dedos articulados e independentes uns dos outros, o que possibilita a execução de movimentos precisos, como segurar moedas.

Andar, correr, subir escadas, segurar objetos e digitar no teclado do computador. Todos esses movimentos podem parecer simples e corriqueiros em nosso dia a dia, mas exigem o trabalho em conjunto de diversos sistemas do corpo humano. Além disso, por motivos diversos, como doenças e acidentes, algumas pessoas são incapazes de realizar tais movimentos ou os realizam de modo limitado.

Há quem apresente a falta de um ou mais membros do corpo, por exemplo. Nesses casos, a falta desses membros impossibilita a realização de alguns movimentos, o que, por sua vez, prejudica a realização de tarefas diárias. Pensando em melhorar a qualidade de vida dessas pessoas, foram desenvolvidas próteses biônicas, que visam imitar partes do corpo humano. Ao longo do tempo, com o auxílio da tecnologia, esses itens foram se aperfeiçoando e, atualmente, permitem a realização de movimentos diversos e cada vez mais precisos, controlados pelo usuário da prótese.

A prótese de mão, como a da imagem, é operada por meio de eletrodos, que se comunicam com os músculos da parte restante do membro superior, fazendo a prótese se mover de acordo com estímulos musculares.

PHILIPPE PSAILA/SPL/FOTOARENA

A Qual é a importância dos conhecimentos sobre o corpo humano para o desenvolvimento de próteses biônicas?

B Como os conhecimentos de Ciências da Natureza podem ser úteis para auxiliar no desenvolvimento de próteses?

C Qual é a importância para a pessoa que recebe a prótese? Respostas no **Suplemento para o professor**.

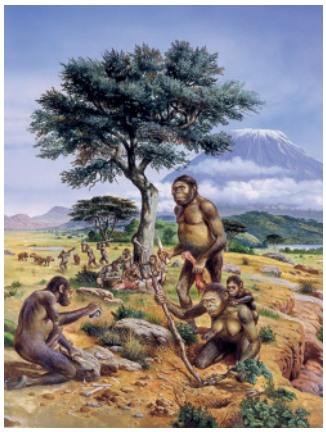
CAPÍTULO

1

Nutrição do corpo humano

Digestão e absorção de nutrientes

Como você estudou, a maioria dos ancestrais humanos apresentava uma dieta rica em vegetais e pobre em carnes. Ao longo da história evolutiva, esse hábito alimentar foi se modificando nos ancestrais mais próximos dos seres humanos modernos (*Homo sapiens*), os quais passaram a consumir mais produtos de origem animal. Esse fato pode ter sido decisivo para a evolução humana.



CHRISTIAN JEGOU PUBLIPHOTO DIFFUSION/SPL/FOTOARENA

Representação de hominíneos *Australopithecus africanus* usando ferramentas e se alimentando. Note, na imagem acima, que eles consumiam tanto alimentos de origem animal quanto de origem vegetal, sendo, portanto, onívoros.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

1. Quais alimentos contêm mais calorias: carnes ou verduras?

2. Em sua opinião, como a ingestão de maior quantidade de carne pode ter influenciado na evolução humana?

Evidências indicam que as mudanças nos hábitos alimentares dos hominíneos não foram ao acaso, mas ocorreram devido a pressões ambientais, como as mudanças na paisagem africana, as quais podem ter limitado a disponibilidade de alimentos de origem vegetal. Além disso, a ampliação dos ambientes de savana favoreceu a abundância de mamíferos, como antílopes e gazelas, que poderiam servir de alimento para os ancestrais dos seres humanos.

Então, como essas mudanças na alimentação interferiram na evolução humana? Os alimentos de origem animal contêm mais calorias do que os de origem vegetal. Assim, estudos associam o aumento no consumo de carnes e, por consequência, de calorias, ao aumento no tamanho do encéfalo, pois o tecido nervoso consome muita energia. Desse modo, a inclusão de mais carne na dieta possibilitaria um aumento do encéfalo, antes limitado por uma dieta menos energética.

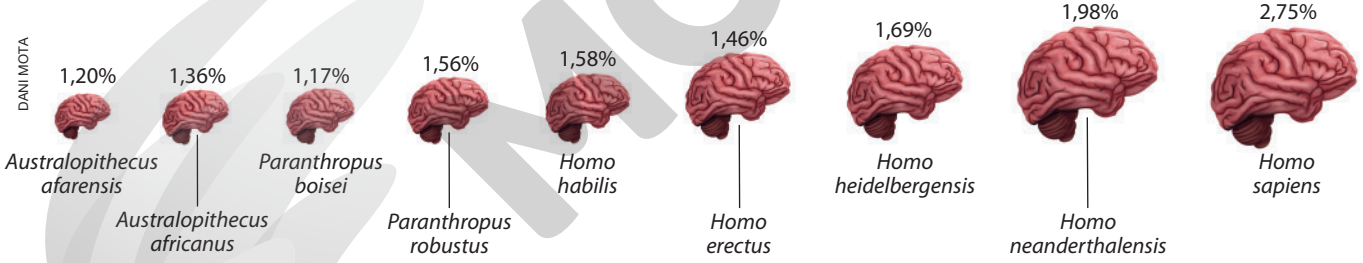


Ilustração produzida com base em: ROBERTS, A. *Evolution*: the human history. New York: DK Publishing, 2011. p. 32.

Representação dos encéfalos de diferentes hominíneos. As porcentagens indicam a proporção da massa corporal correspondente ao encéfalo. Repare na diferença de proporção que o encéfalo de cada espécie tem em relação ao próprio corpo hominíneo. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

3. A nutrição do corpo humano envolve a ação conjunta de diversos sistemas corporais. Que sistemas são esses? Explique a integração funcional entre eles.

Resposta no **Suplemento para o professor**.

Paralelamente ao aumento do encéfalo, ocorreram outras adaptações relacionadas à alimentação, como mandíbulas robustas e grandes molares, que contribuíram para a mastigação de alimentos mais consistentes. O desenvolvimento de encéfalos maiores também favoreceu comportamentos mais complexos, como o de utilizar fogo para preparar os alimentos e torná-los mais macios, facilitando a mastigação. Outra vantagem disso é a de que, no caso de alguns tubérculos, o cozimento aumenta a quantidade de nutrientes energéticos disponíveis. Ao longo do tempo, cozinhar os alimentos favoreceu a seleção de outras adaptações, como dentes menores e mandíbulas menos robustas.

Independentemente da dieta, todos os animais precisam ingerir alimentos que forneçam energia e materiais necessários ao crescimento, à manutenção do organismo e à regulação de diversas funções no corpo.

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

MODERNA

A nutrição humana é um processo que envolve a obtenção, o processamento e o uso dos nutrientes e da energia provenientes dos alimentos. Ela depende do trabalho conjunto de diferentes sistemas do corpo humano.

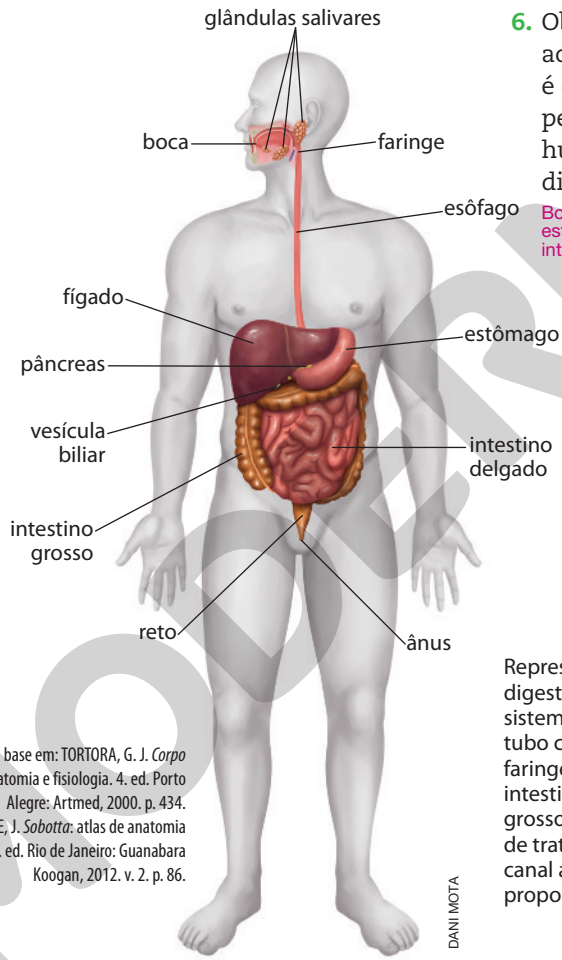
Para que as células do corpo absorvam os nutrientes dos alimentos, é necessário que eles sejam quebrados em componentes menores durante o processo de digestão. Após a absorção das substâncias nutritivas e da água, aquilo que não pode ser utilizado pelo corpo é eliminado por meio das fezes.

O sistema digestório é o responsável pela ingestão e pela digestão dos alimentos, pela absorção de nutrientes e pela formação e eliminação das fezes.

A digestão extracelular humana envolve processos mecânicos e químicos, os quais se iniciam na boca.

A digestão mecânica envolve a quebra dos alimentos pelos dentes, estruturas acessórias inseridas nos ossos da mandíbula e da maxila. Eles cortam, perfuram e amassam o alimento, misturando-o à saliva com o auxílio da língua, que também ajuda na deglutição.

A digestão química inicia-se por meio da ação das enzimas presentes na saliva, produzida e secretada na boca pelas glândulas salivares. A ação das enzimas sofre influência de diferentes fatores, como o pH (potencial hidrogeniônico). Por isso, ao longo do processo de digestão, são observadas variações de pH no interior das estruturas componentes do sistema digestório. A amilase salivar ou ptialina, por exemplo, presente na saliva, atua na quebra de moléculas de amido em pH neutro ou levemente básico.



Representação do sistema digestório humano. Nesse sistema é possível identificar um tubo contínuo, que inclui boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado e intestino grosso, e que recebe o nome de trato gastrointestinal ou canal alimentar. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 434.
PAULSEN, F.; WASCHKE, J. *Sobotta*: atlas de anatomia humana: órgãos internos. 23. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. v. 2. p. 86.

Como resultado da ação dos dentes e da mistura com a saliva, o alimento adquire uma consistência pastosa e passa a ser denominado bolo alimentar. Este é deglutido, ou seja, empurrado com o auxílio da língua para a faringe, estrutura que liga a boca ao esôfago.

O esôfago é um órgão muscular em forma de tubo constituído por músculos lisos, cujas contrações involuntárias, denominadas movimentos peristálticos, empurram o alimento até o estômago.

O estômago, por sua vez, é um saco muscular expandido cuja atividade peristáltica contribui para que eventuais partículas maiores ainda persistentes sejam quebradas mecanicamente, além de facilitar a mistura do suco gástrico ao bolo alimentar. O pH estomacal é ácido $(\text{pH} \simeq 2)$, sendo responsável por transformar o pepsinogênio em pepsina, a forma ativa da enzima presente no suco gástrico, e ativar a lipase lingual, produzida pela língua na forma inativa. Além disso, o pH ácido inativa a amilase salivar. A pepsina atua na quebra das ligações químicas das proteínas, iniciando a digestão desse tipo de nutriente. Já a lipase lingual e a lipase gástrica iniciam a digestão dos lipídeos.

4. Qual é o principal papel dos processos químicos e mecânicos que ocorrem durante a digestão dos alimentos?

5. Que processos devem ocorrer no organismo para que os nutrientes e a energia dos alimentos sejam utilizados pelo corpo?

6. Observando o esquema ao lado, determine qual é o caminho percorrido pelo alimento no corpo humano durante a digestão.

Boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e reto.

4. Espera-se que os estudantes citem que esses processos são importantes para transformar os nutrientes em moléculas menores, capazes de serem absorvidas e utilizadas pelas células do corpo humano.
5. Para a absorção e o uso dos nutrientes e da energia, é necessário que os alimentos sejam previamente digeridos. Em seguida, os nutrientes devem ser absorvidos e transportados até as células, nas quais serão transformados, via respiração celular, em moléculas utilizáveis de energia (ATP).

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

MODERNA

O fígado exerce importante papel na nutrição humana, pois metaboliza carboidratos, lipídeos e proteínas. Nesse sentido, ele atua, por exemplo, no armazenamento de tais nutrientes e na disponibilização destes às células. O fígado também auxilia na transformação das substâncias em energia utilizável pela célula.

Emulsificação: nesse caso, ação de quebrar moléculas grandes de gordura, transformando-as em pequenas.

As enzimas presentes no estômago atuam na digestão química do bolo alimentar e o transformam em um material de consistência mais líquida, denominado quimo, que segue para o intestino delgado.

As células do intestino delgado secretam o suco intestinal, composto de enzimas e muco, que tem pH levemente alcalino $(\text{pH} \simeq 7{,}6)$ e neutraliza a acidez do quimo, protegendo a parede intestinal. Além disso, o intestino delgado recebe do pâncreas o suco pancreático, uma mistura que contém diversas enzimas, as quais atuam na digestão de amido (amilase pancreática), proteínas (tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase), lipídeos (lipase pancreática) e ácidos nucleicos (ribonucleases e desoxirribonucleases). O pH do suco pancreático é levemente básico (entre 7,1 e 8,2), o que inativa a pepsina e ativa as enzimas intestinais citadas anteriormente.

O intestino delgado também recebe a bile, secreção produzida pelo fígado e armazenada na vesícula biliar. A bile atua na emulsificação de gorduras, facilitando, assim, a atuação de enzimas.

Além da digestão, o intestino delgado absorve cerca de 90% de água e nutrientes. A absorção envolve a passagem de pequenas moléculas pelas células epiteliais do intestino, que vão para o interior de vasos sanguíneos e linfáticos. Ao entrar na circulação sanguínea, por exemplo, tais nutrientes são transportados e distribuídos a diferentes partes do corpo humano.

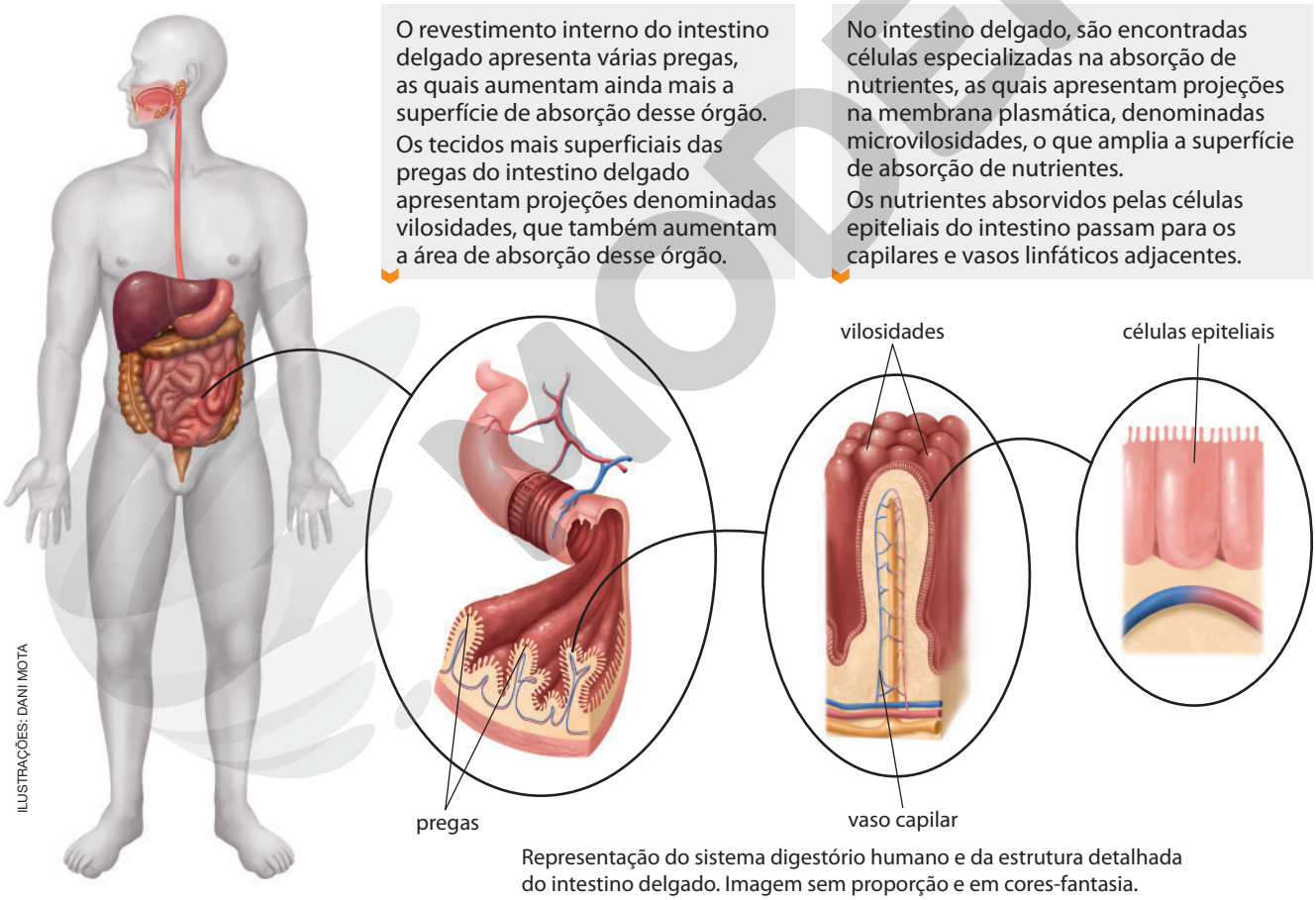
A elevada capacidade absortiva do intestino delgado está relacionada à presença de estruturas que aumentam a superfície intestinal.

O revestimento interno do intestino delgado apresenta várias pregas, as quais aumentam ainda mais a superfície de absorção desse órgão.

Os tecidos mais superficiais das pregas do intestino delgado apresentam projeções denominadas vilosidades, que também aumentam a área de absorção desse órgão.

No intestino delgado, são encontradas células especializadas na absorção de nutrientes, as quais apresentam projeções na membrana plasmática, denominadas microvilosidades, o que amplia a superfície de absorção de nutrientes.

Os nutrientes absorvidos pelas células epiteliais do intestino passam para os capilares e vasos linfáticos adjacentes.



Representação do sistema digestório humano e da estrutura detalhada do intestino delgado. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 447. CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 889.

Após passar pelo intestino delgado, os nutrientes que não foram absorvidos chegam ao intestino grosso. Nele, por ação de bactérias, ocorre a digestão final de alguns materiais, produção de algumas vitaminas, absorção de mais nutrientes e formação e expulsão das fezes.

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

MODERNA

Para serem absorvidos, os nutrientes precisam se apresentar sob a forma de pequenas moléculas. Os carboidratos, por exemplo, são absorvidos como monossacarídeos. Já as proteínas são absorvidas sob a forma de aminoácidos, dipeptídios ou tripeptídios. Dependendo do tamanho e das características da molécula, como de ser carregada eletricamente ou não, ela será absorvida por um tipo específico de transporte.

Comente com os estudantes que os íons são exemplos de moléculas carregadas eletricamente.

O transporte de moléculas nas células pode ocorrer, por exemplo, por osmose, difusão simples, difusão facilitada e transporte ativo.

A membrana plasmática atua no controle das moléculas que entram e saem da célula. Essa característica se deve à permeabilidade seletiva das membranas, resultado de sua estrutura e composição.

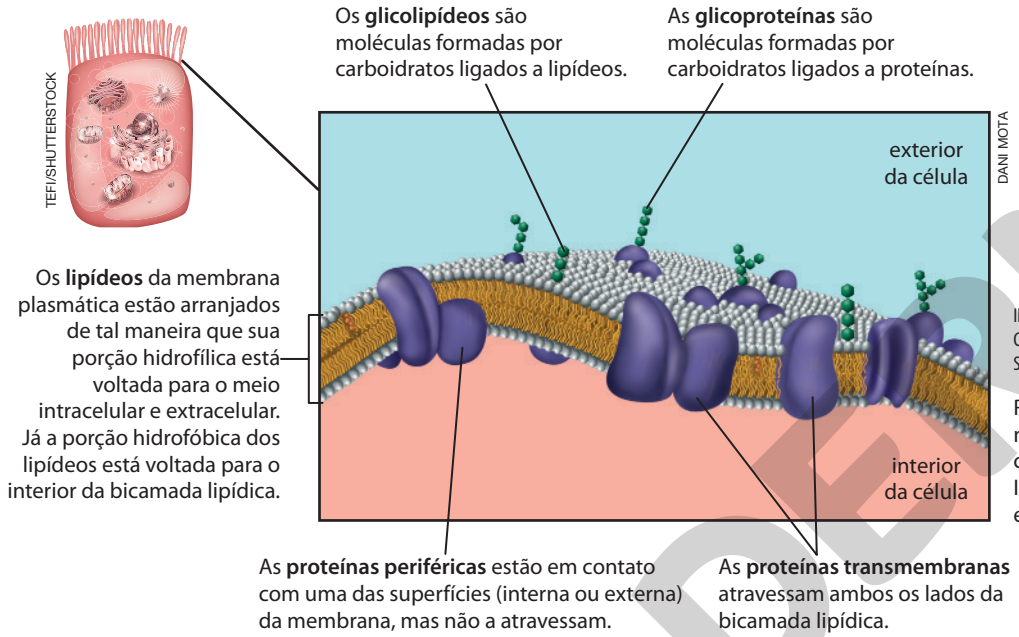


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson, 2008. p. 128.

Representação de membrana plasmática em célula epitelial intestinal. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Algumas moléculas são capazes de atravessar facilmente a membrana plasmática, enquanto outras não. Por isso, a entrada e a saída de materiais das células podem ocorrer via transporte ativo, no qual há gasto energético, ou transporte passivo, sem gasto energético.

O **transporte passivo** pode ocorrer por meio da difusão simples, da difusão facilitada e da osmose.

A **difusão simples** envolve o transporte de pequenas moléculas, como alguns ácidos graxos e vitaminas hidrossolúveis. Esse processo ocorre quando moléculas de um soluto se movimentam de um local de maior concentração do soluto para um de menor concentração por meio de uma membrana semipermeável. Essa movimentação se dá a favor do gradiente de concentração e possibilita que o soluto se distribua igualmente nos meios interno e externo da célula.

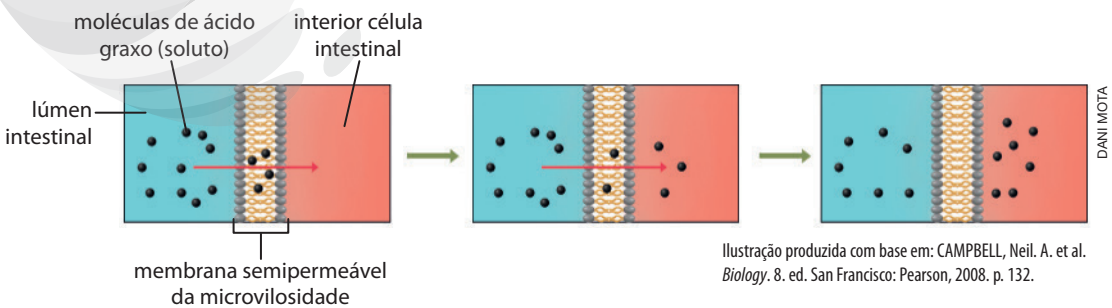


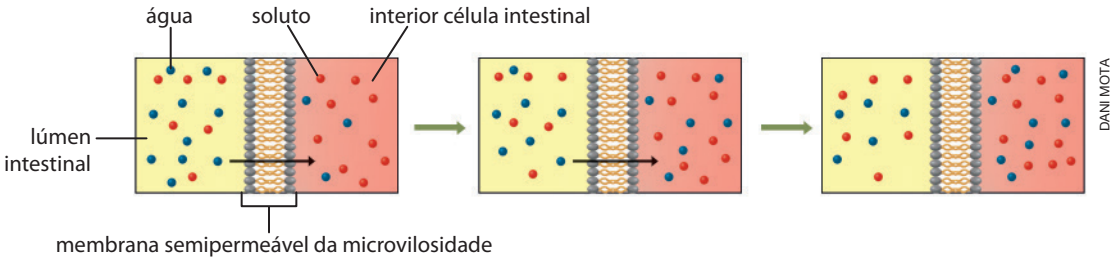
Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, Neil. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson, 2008. p. 132.

Representação da difusão simples das moléculas de ácido graxo de cadeia curta. Essas moléculas são formadas pela digestão de carboidratos e lipídeos ou pela ação, em carboidratos, de bactérias abundantes no trato gastrointestinal. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

MODERNA

A **osmose** é um tipo de transporte passivo, em que as moléculas de água atravessam uma membrana semipermeável de um local com menor concentração de soluto para outro com maior concentração.



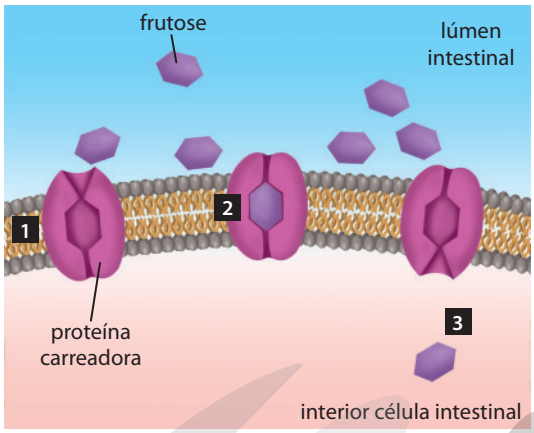
DANI MOTA

Representação do transporte de água através da membrana plasmática, via osmose. A movimentação da água ocorre até que se igualem as concentrações de ambos os lados da membrana celular. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

A difusão facilitada ocorre também com íons. Sua entrada ou saída da célula é realizada por meio de canais iônicos, que também são formados por proteínas.

A **difusão facilitada** é outro tipo de transporte passivo. Algumas moléculas, como monossacarídeos, somente entram ou saem das células com o auxílio de proteínas carreadoras. Essas proteínas estão presentes na membrana plasmática e aumentam a velocidade de movimentação de determinadas moléculas entre o interior e o exterior da célula e vice-versa. Esse transporte ocorre a favor do gradiente de concentração e pode acontecer de diferentes maneiras, a depender do tipo de molécula a ser transportada.

DANI MOTA



Por ser uma molécula polar, a frutose não atravessa facilmente a membrana plasmática e precisa ser transportada por proteínas carreadoras.

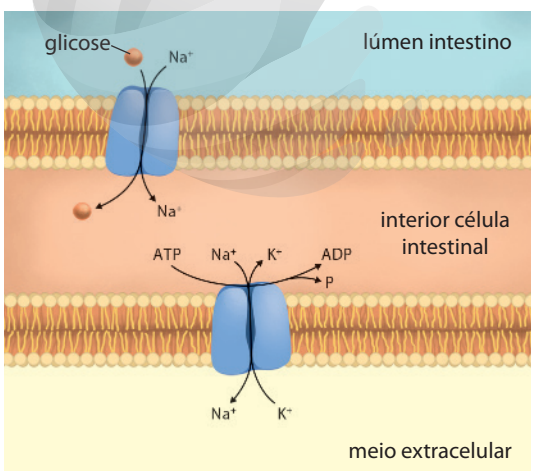
A proteína carreadora tem um sítio de ligação específico para a frutose (**1**). Assim, para ser transportada, essa molécula se liga ao sítio da proteína carreadora (**2**). Tal ligação faz a proteína carreadora alterar sua conformação, o que resulta na liberação da glicose no interior da célula (**3**).

Ilustrações produzidas com base em: PURVES, W. K. et al. *Vida*: a ciência da biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 88, 90.

Representação da difusão facilitada da frutose. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

A organização dos lipídeos da membrana plasmática impede a passagem da maioria das moléculas. Além disso, muitas delas são transportadas contra o gradiente de concentração, requerendo, assim, o **transporte ativo**. Dipeptídios, tripeptídios, glicose e vitaminas hidrossolúveis, por exemplo, são transportadas mediante gasto energético, direto ou indireto, pela célula. A glicose, por exemplo, é movimentada pela membrana plasmática por meio de um cotransporte de íons sódio (Na^+). Observe a seguir.

HELOÍSA PINTARELLI



A proteína transmembrana, responsável por transportar a glicose para o interior da célula, apresenta um sítio de ligação tanto para esse carboidrato quanto para o Na^+. Sendo assim, ambos são transportados para o interior da célula. Como resultado desse processo, eleva-se a concentração de Na^+ na célula.

Para remover esse íon, visando manter a concentração iônica adequada nos meios intracelular e extracelular, utiliza-se um transportador denominado bomba de sódio-potássio. Esse transportador é responsável por movimentar íons sódio para fora da célula e íon potássio (K^+) para o meio intracelular. Como esse transporte de íons ocorre contra o gradiente de concentração, ocorre gasto de energia.

Representação do transporte ativo de glicose, mediante cotransporte de íon sódio. O gasto de ATP é notado pela sua quebra em uma molécula de ADP (adenosina difosfato) e fósforo (P). Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

MODERNA

Consumo de vegetais

Contextualização

Em geral, os vegetais são alimentos ricos em água, vitaminas, sais minerais e fibras, as quais não são absorvidas pelo nosso corpo, mas, por absorverem água, auxiliam no funcionamento intestinal. Os vegetais também têm antioxidantes, moléculas responsáveis por inibir a reação de radicais livres, que contribuem para o envelhecimento celular e o desenvolvimento de algumas doenças.

Dessa maneira, os vegetais desempenham importante papel no funcionamento e na manutenção do corpo humano. Por isso, a ingestão de verduras, legumes e frutas é essencial para uma alimentação adequada.

ART COOK STUDIO/SHUTTERSTOCK

Salada temperada. O alface é uma verdura rica em vitaminas, como o ácido fólico, C, A, E, e K.

a) Como é a estrutura de uma célula vegetal?

b) Temperar a salada com sal de cozinha – cloreto de sódio (NaCl) – causa alterações nas células vegetais? Explique.

c) Caso a reposta ao item **b** seja afirmativa, essas alterações podem ser revertidas? Explique.

Orientações

Junte-se a três colegas e elaborem um roteiro de investigação para verificar o que acontece com as células vegetais quando temperamos uma salada. Contemple as questões a seguir em seu roteiro.

- Quais são os materiais necessários para a montagem dessa investigação?
- Quais fatores ambientais devem ser considerados para realizar a investigação?
- Como fazer a observação das estruturas de uma célula?
- Quais são os cuidados necessários durante a realização da atividade?
- Como serão registrados os dados observados?
- O que deve ser feito com os materiais após a realização da atividade?

! Caso seja necessário utilizar material cortante, peça ajuda a um adulto.

Durante a execução da atividade, procurem soluções para os problemas e as dificuldades que possam surgir e registrem, por meio de filmagem, cada etapa da investigação, bem como os resultados obtidos. Pesquisem em livros, artigos científicos e *sites* confiáveis as informações necessárias para a montagem dessa investigação.

Análise e divulgação dos dados

Produzam um vídeo explicativo que contemple todo o processo de montagem e os resultados obtidos durante a investigação. Divulguem a produção na internet e compartilhem o *link* de acesso com os demais colegas e com os membros da comunidade escolar. O vídeo também deve abordar os itens a seguir e responder aos questionamentos sugeridos.

1. Descreva os resultados observados nessa investigação.
2. As hipóteses levantadas no início da investigação foram aceitas ou refutadas? Explique.
3. Qual é o processo que ocorre nas células observado nessa investigação? Por que ele acontece?
4. Se no lugar de sal de cozinha você utilizasse açúcar para temperar a salada, você teria os mesmos resultados? Justifique sua resposta.

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

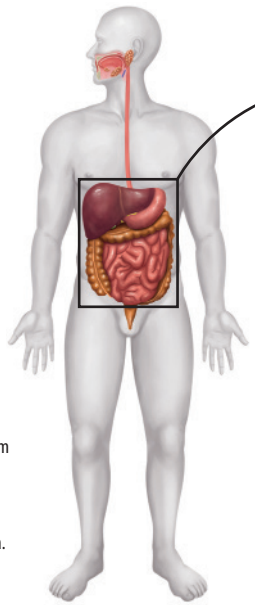
MODERNA

Veia porta é qualquer veia que transporta o sangue de uma rede de capilares para outra. No caso da veia porta hepática, ela recebe o sangue dos capilares dos órgãos do sistema digestório e o distribui para o fígado.

Transporte e distribuição de nutrientes e de gases pelo corpo

Após serem absorvidos, principalmente no intestino delgado, a água e os nutrientes passam para os capilares sanguíneos, seguindo então para a circulação porta hepática.

O sangue proveniente do sistema digestório, rico em água e nutrientes, encaminha-se à veia porta do fígado, a qual é formada pelas veias esplênica e mesentérica. Nesse órgão, os nutrientes são processados, o que os tornam utilizáveis pelas células. Em seguida, o sangue contendo esses componentes segue para a veia cava inferior.



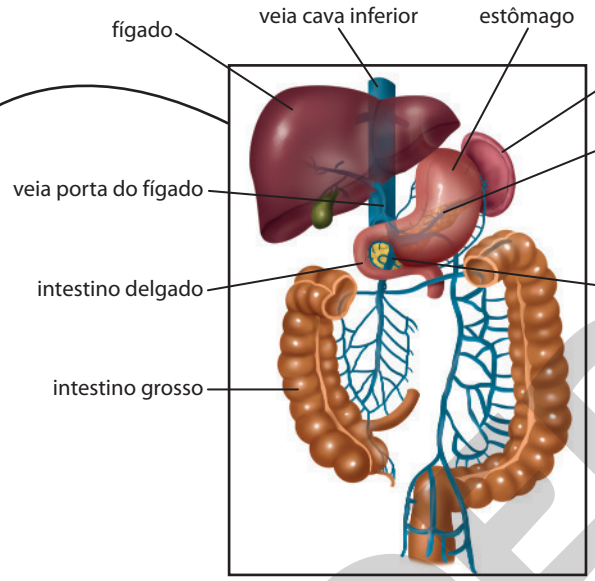
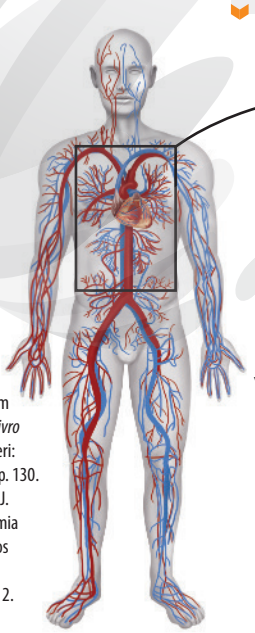


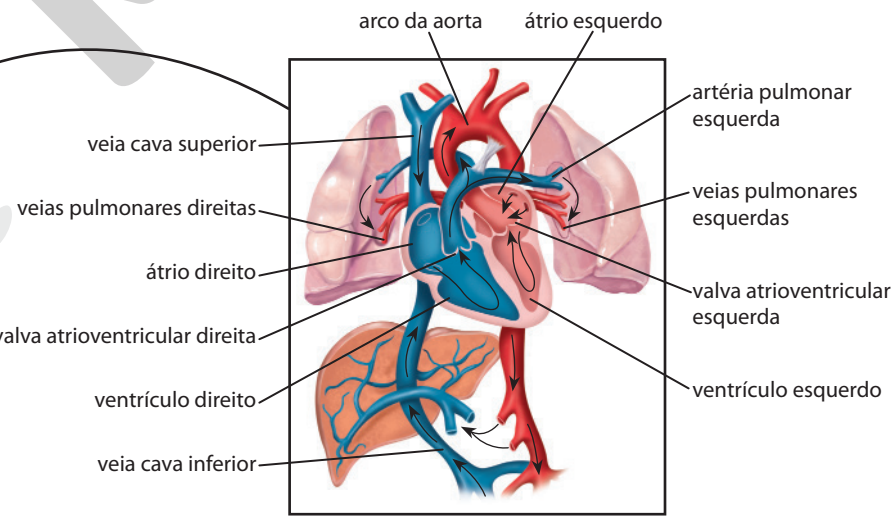
Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 414.

Representação do sistema digestório humano, com destaque para o sistema porta hepático. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

O sangue presente na veia cava inferior é encaminhado ao coração. Observe a imagem e a descrição a seguir.

O sangue pobre em gás oxigênio (O_2) e rico em nutrientes entra no coração pelo átrio direito, segue para o ventrículo direito e é bombeado aos pulmões, onde será oxigenado. Após as trocas gasosas, o sangue, agora rico em gás oxigênio, retorna ao coração pelo átrio esquerdo. Essa trajetória é conhecida como **circulação pulmonar**. Do átrio esquerdo, o sangue passa ao ventrículo esquerdo e é bombeado ao restante do corpo, percurso esse denominado **circulação sistêmica**.





ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

Ilustração produzida com base em: PARKER, S. *O livro do corpo humano*. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 130. PAULSEN, F.; WASCHKE, J. *Sobotta*: atlas de anatomia humana: órgãos internos 23. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. v. 2. p. 9.

Representação do sistema cardiovascular humano, com destaque para a circulação do sangue no interior do coração e nos pulmões. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

À medida que é transportado pela circulação sistêmica, alcançando as células dos diferentes tecidos, o sangue perde gás oxigênio e ganha gás carbônico (CO_2). Assim, ao retornar para o coração, esse sangue, agora rico em gás carbônico, é direcionado aos pulmões, via circulação pulmonar, para que haja as trocas gasosas.

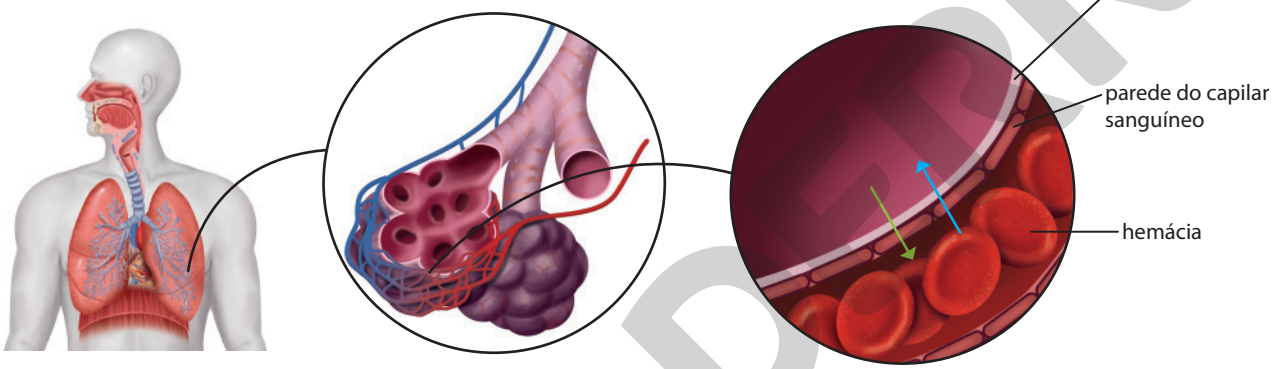
As trocas gasosas entre células teciduais e capilares sanguíneos, bem como entre os capilares sanguíneos e as células pulmonares, ocorrem via difusão simples, uma vez que os gases carbônico e oxigênio atravessam facilmente a membrana plasmática. Para que as trocas gasosas ocorram nos pulmões, é necessária a ventilação pulmonar, que compreende os movimentos respiratórios de inspiração e expiração.

Ao entrar nos pulmões, o ar atmosférico chega aos alvéolos pulmonares. Nessas estruturas ocorre a **respiração externa** ou troca gasosa pulmonar. Veja o esquema a seguir.

O gás oxigênio (⟶) presente no ar do interior dos alvéolos pulmonares atravessa, via difusão simples, a membrana plasmática dessas estruturas e dos vasos capilares sanguíneos ao seu redor, atingindo o sangue.

Simultaneamente à oxigenação do sangue, ocorre a perda de gás carbônico (⟶), o qual se difunde do sangue para o interior dos alvéolos. Destes, o CO_2 é, então, eliminado para o ambiente por meio da expiração.

DANI MOTA

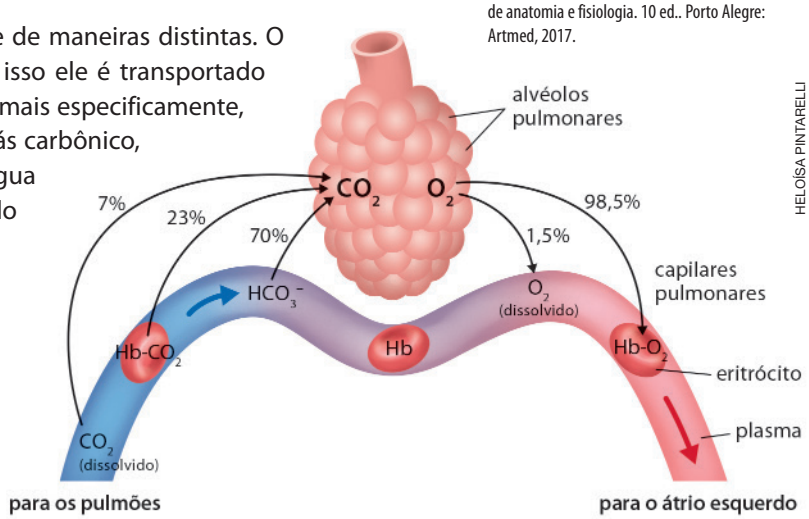


Representação do sistema respiratório humano, com detalhamento de estruturas dos sacos alveolares e da interface das membranas alveolares e dos capilares sanguíneos. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: PARKER, S. *O livro do corpo humano*. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 130, 134.

O sangue rico em gás oxigênio, proveniente dos pulmões, retorna ao coração, que o bombeia para as células dos diferentes tecidos do corpo. Nas células teciduais também ocorrem trocas dos gases oxigênio e carbônico, na denominada **respiração interna** ou troca gasosa sistêmica. Nesse tipo de respiração, o gás oxigênio presente no sangue difunde-se para as células teciduais, assim como o gás carbônico passa delas para o sangue. Enquanto o gás oxigênio é utilizado pelas células, o gás carbônico é encaminhado com o sangue até os pulmões.

O transporte dos gases no sangue ocorre de maneiras distintas. O gás oxigênio é pouco solúvel em água, por isso ele é transportado no sangue, sobretudo, ligado às hemácias e, mais especificamente, associado ao pigmento hemoglobina. Já o gás carbônico, por ser cerca de 24 vezes mais solúvel em água que o O_2, é transportado, em maior parte, pelo plasma. Observe ao lado.



Representação da respiração externa e dos modos de transporte do CO_2 e do O_2 no sangue. Note que o CO_2 pode ser transportado de três maneiras: combinado com a hemoglobina $(Hb\text{-}CO_2)$, dissolvido no plasma e sob a forma de íon bicarbonato (HCO_3^-). Já o O_2 é transportado de duas maneiras: dissolvido no plasma e, principalmente, associado à hemoglobina $(Hb\text{-}O_2)$. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10 ed.. Porto Alegre: Artmed, 2017.

HELOÍSA PINTARELLI

7. Diferencie inspiração de expiração.

8. Qual é o caminho percorrido pelo ar ao entrar pelas narinas e chegar aos pulmões?

7. A inspiração é a entrada de ar nos pulmões e a expiração é a saída desse ar e consequente liberação no ambiente.
8. Espera-se que os estudantes citem: narina, cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios e pulmões.
Comente com os estudantes que os íons bicarbonato participam da manutenção do pH do sangue. Uma maior concentração desses íons resulta em um pH mais ácido e uma menor concentração, em um pH mais básico.

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

MODERNA

Transformações de energia

Observe a imagem abaixo e responda às questões propostas.

FERNANDO VIVALDINNI/FOTOARENA

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL
Porção de 50g (1/2 xícara de chá)

Quantidade por porção		% VD
Valor Energético	172 Kcal = 722 kJ	9%
Carboidratos	38 g	13%
Proteínas	5,0 g	7%
Gorduras Totais	0 g	0%
Gorduras Saturadas	0 g	0%
Gorduras Trans	0 g	"VD não estabelecido"
Fibra Alimentar	1,0 g	4%
Sódio	0 mg	0%
Ferro	2,1 mg	15%
Ácido Fólico	75 µg	19%

(*) % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal, ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

CONTÉM GLÚTEN

Rótulo de farinha de trigo. O glúten é um tipo de proteína encontrada em alguns cereais, como cevada, centeio e trigo. Algumas pessoas apresentam a denominada doença celíaca, caracterizada pela intolerância a essa proteína, a qual, quando ingerida, pode causar sintomas como diarreia, anemia e, no caso de crianças, problemas no crescimento. Por isso, a presença do glúten nos alimentos deve ser identificada no rótulo.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

9. O que significa valor energético de um alimento?

10. Qual é a importância da energia presente nos alimentos para o nosso organismo?

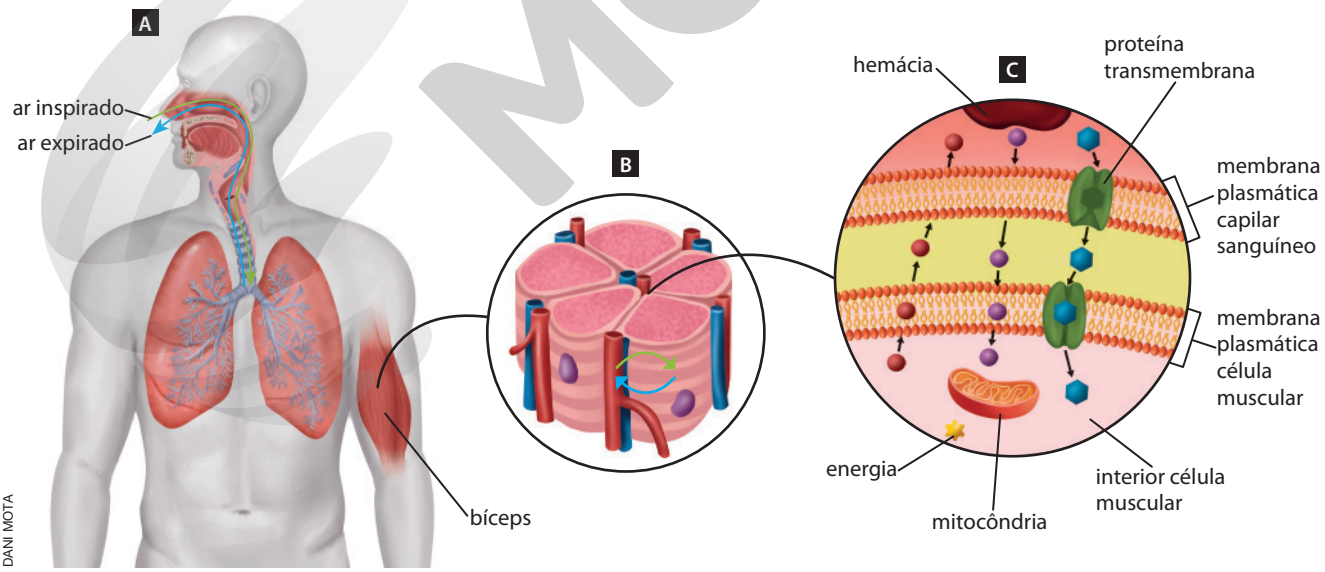
11. Como a energia química presente nos alimentos é disponibilizada para o uso do organismo?

Além da entrada de gás oxigênio e da saída de gás carbônico, as células teciduais recebem nutrientes presentes no sangue e provenientes da digestão dos alimentos. Tais nutrientes adentram as células por meio de diferentes tipos de transporte, como estudamos anteriormente. A energia contida nas ligações químicas das moléculas de nutrientes não pode ser diretamente utilizada pelas células. Por isso, é necessário que tal energia seja transformada em moléculas energéticas específicas por meio de um processo denominado **respiração celular**. Observe o exemplo a seguir.

O gás oxigênio obtido pela inspiração é transportado pelo sangue, juntamente com nutrientes, às células musculares do bíceps. O gás oxigênio ( ) difunde-se do capilar sanguíneo para o interior da célula muscular, enquanto a glicose ( ) é transportada ativamente através das membranas celulares dos capilares e das células musculares via proteínas transmembrana.

No interior da célula muscular, a glicose é transformada em ácido pirúvico e transferida, juntamente com o O_2, ao interior da mitocôndria. No interior dessa organela, o ácido pirúvico é transformado por uma série de reações químicas, resultando na formação de água, gás carbônico ( ) e moléculas de ATP (adenosina trifosfato) ( ), as quais armazenam a energia que pode ser utilizada pelas células.

O gás carbônico resultante desse processo é tóxico para a célula e, portanto, deve ser removido. Para isso, ele se difunde aos vasos sanguíneos próximos às células musculares, sendo transportado pelo sangue até os pulmões, onde passa ao interior dos alvéolos e é, então, liberado para o ambiente via expiração.



DANI MOTA

Representação do processo de respiração celular em células musculares. Nesta imagem, a silhueta apresenta o sistema respiratório humano e o músculo bíceps (**A**), cuja estrutura é representada em detalhes (**B**). O processo de trocas gasosas e de nutrientes entre sangue e células musculares, bem como a respiração celular, estão representados em **C**. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

MODERNA

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

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **2** e **3** no **Suplemento para o professor**.

1. **(Fuvest-SP)** Um elemento essencial para a evolução da dieta humana foi a transição para a agricultura como o modo primordial de subsistência. A Revolução Neolítica estreitou dramaticamente o nicho alimentar ao diminuir a variedade de mantimentos disponíveis; com a virada para a agricultura intensiva, houve um claro declínio na nutrição humana. Por sua vez, a industrialização recente do sistema alimentar mundial resultou em uma outra transição nutricional, na qual as nações em desenvolvimento estão experimentando, simultaneamente, subnutrição e obesidade.

George J. Armelagos, "Brain Evolution, the Determinates of Food Choice, and the Omnivore's Dilemma", **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2014. Adaptado.

A respeito dos resultados das transformações nos sistemas alimentares descritas pelo autor, é correto afirmar:

a) A quantidade absoluta de mantimentos disponíveis para as sociedades humanas diminuiu após a Revolução Neolítica.

b) A invenção da agricultura, ao diversificar a cesta de mantimentos, melhorou o balanço nutricional das sociedades sedentárias.

c) Os ganhos de produtividade agrícola obtidos com as revoluções Neolítica e Industrial trouxeram simplificação das dietas alimentares.

d) As populações das nações em desenvolvimento estão sofrendo com a obesidade, por consumirem alimentos de melhor qualidade nutricional.

e) A dieta humana pouco variou ao longo do tempo, mantendo-se inalterada da Revolução Neolítica à Revolução Industrial.

Alternativa **c**.

2. Após uma aula de Ciências da Natureza, um grupo de estudantes resolveu investigar parte do tema abordado durante a aula sobre nutrição do corpo humano. Para isso, eles realizaram o experimento a seguir.

I) Os estudantes pegaram duas folhas de papel sulfite usadas. A folha **1** foi mantida lisa, enquanto a folha **2** foi dobrada em zigue-zague.

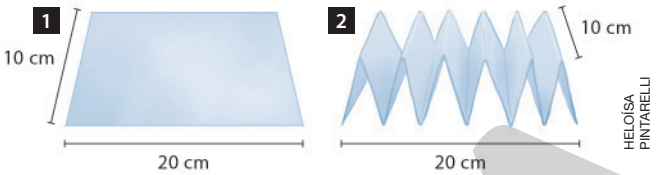
II) Cada uma das folhas foi colocada em um recipiente contendo 200 ml de água, até a total submersão.

III) Após 30 segundos, os estudantes retiraram as folhas dos recipientes, escorrendo o excesso de água, e mediram o volume restante em cada recipiente.

IV) No recipiente onde foi colocada a folha **1**, restaram 190 ml de água. No outro recipiente, restaram 184 ml de água.

a) Explique, com suas palavras, o resultado observado pelos estudantes.

b) Como tal experimento pode ser relacionado com a nutrição do corpo humano?



HELOÍSA PINTARELLI

Representação das duas folhas de papel sulfite utilizadas no experimento. Imagem sem proporção.

3. O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro e tóxico aos seres vivos. Ele é liberado pela queima incompleta de combustíveis fósseis, estando presente também na fumaça do cigarro. Os sintomas de intoxicação por CO incluem coloração vermelho-cereja forte dos lábios e mucosa da boca, tontura, dores de cabeça, fraqueza, náuseas e vômitos. A longo prazo, esse tipo de intoxicação pode causar problemas cardíacos e neurológicos. A intoxicação por esse gás interfere diretamente no transporte de gases pelo organismo.

ALF RIBEIRO/FOLHAPRESS

Trânsito de veículos na avenida 23 de maio, no município de São Paulo (2018). A poluição do ar, principalmente nos grandes centros urbanos, é um grave problema de saúde pública. Esse tipo de poluição causa prejuízos ambientais, uma vez que, além do monóxido de carbono, a queima de combustíveis libera outros gases poluentes, como o dióxido de carbono – gás de efeito estufa e principal responsável pela intensificação desse efeito nos últimos anos.

a) Pesquise como a intoxicação por monóxido de carbono pode interferir no transporte de gases no organismo.

b) Como esse tipo de intoxicação pode prejudicar o funcionamento das células e, consequentemente, dos tecidos, como o nervoso e o cardiovascular?

c) Um dos modos de reverter a intoxicação é pela administração de gás oxigênio puro, via inalação. Explique por que essa é uma medida possível. Se necessário, pesquise sobre a influência da pressão parcial de gases sobre as trocas gasosas.

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

MANUAL DO PROFESSOR

Respostas das questões **5** e **8** no **Suplemento para o professor**.

4. **(Uerj-RJ)** No chamado *doping* sanguíneo, atletas retiram determinado volume de sangue e o reintroduzem no corpo, em momento próximo ao da competição.

Esse procedimento, que melhora o desempenho do atleta, possibilita o aumento do seguinte parâmetro sanguíneo:

a) número de eritrócitos

b) capacidade anaeróbia

c) agregação plaquetária

d) concentração de ácido lático

Alternativa **a**.

5. **(Unicamp-SP)** A cirrose hepática é uma séria enfermidade que frequentemente surge do hábito de ingerir bebida alcoólica. O álcool pode alterar várias estruturas do fígado, como ductos biliares e as células produtoras de bile, além de causar acúmulo de glóbulos de gordura.

a) Qual a importância da bile para o processo de digestão e em que parte do tubo digestório a bile é lançada?

b) Outra função realizada pelo fígado é a produção e armazenamento de glicogênio. Espera-se que esse processo ocorra depois de uma refeição ou após um longo período de jejum? Qual a importância do armazenamento do glicogênio?

6. **(Enem)** Osmose é um processo espontâneo que ocorre em todos os organismos vivos e é essencial à manutenção da vida. Uma solução 0,15 mol/L de NaCl (cloreto de sódio) possui a mesma pressão osmótica das soluções presentes nas células humanas. A imersão de uma célula humana em uma solução 0,20 mol/L de NaCl tem, como consequência, a

a) adsorção de íons Na^+ sobre a superfície da célula.

b) difusão rápida de íons Na^+ para o interior da célula.

c) diminuição da concentração das soluções presentes na célula.

d) transferência de íons Na^+ da célula para a solução.

e) transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução.

Alternativa **e**.

7. **(UEM-PR)** Sobre fisiologia humana, escreva em seu caderno a soma das alternativas corretas.

01) Durante o funcionamento do coração o sangue venoso do ventrículo direito é conduzido para a artéria pulmonar para ser oxigenado nos pulmões.

02) O fígado exerce diversas funções, dentre elas a de transformar o excesso de glicídios e de proteínas em lipídios, que serão armazenados no tecido adiposo.

04) No processo da hematose, que ocorre nos alvéolos pulmonares, o gás carbônico é transferido dos alvéolos para o sangue por transporte ativo.

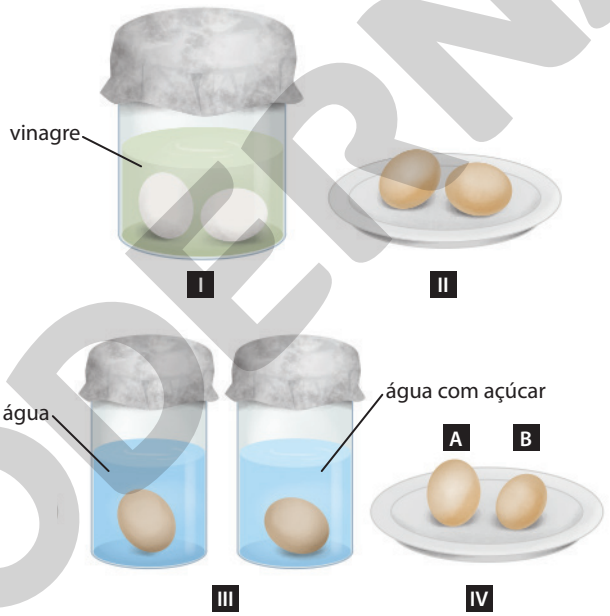
08) A ingestão de bebida alcoólica causa aumento na produção de urina devido à inibição da secreção do hormônio ADH (antidiurético).

16) Uma pancreatite afetaria de imediato a reabsorção de água e de sais minerais e a regulação de fósforo no sangue.

Soma: 01 + 02 + 08 = 11

Hematose: processo de trocas gasosas que ocorre nos alvéolos pulmonares.

8. Um professor realizou o experimento a seguir para demonstrar a osmose em uma célula animal.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação do experimento realizado pelo professor para demonstrar a osmose. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

I) Ele colocou dois ovos cozidos em um recipiente e os cobriu com vinagre. Depois, tampou o recipiente com papel-alumínio.

II) No dia seguinte, ele retirou os ovos da solução e os lavou, retirando as cascas.

III) Em seguida, colocou um dos ovos em um recipiente com água e o outro em uma solução com alta concentração de açúcar.

IV) Após 48 horas, o ovo que ficou na água (**A**) estava bem maior do que o ovo da solução de açúcar (**B**).

a) Qual é a finalidade de manter os ovos imersos no vinagre por 24 horas?

b) Por que o ovo imerso em água (**A**) aumentou de tamanho e o outro (**B**) diminuiu?

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

MODERNA

CAPÍTULO 2

Movimentação e coordenação do corpo humano

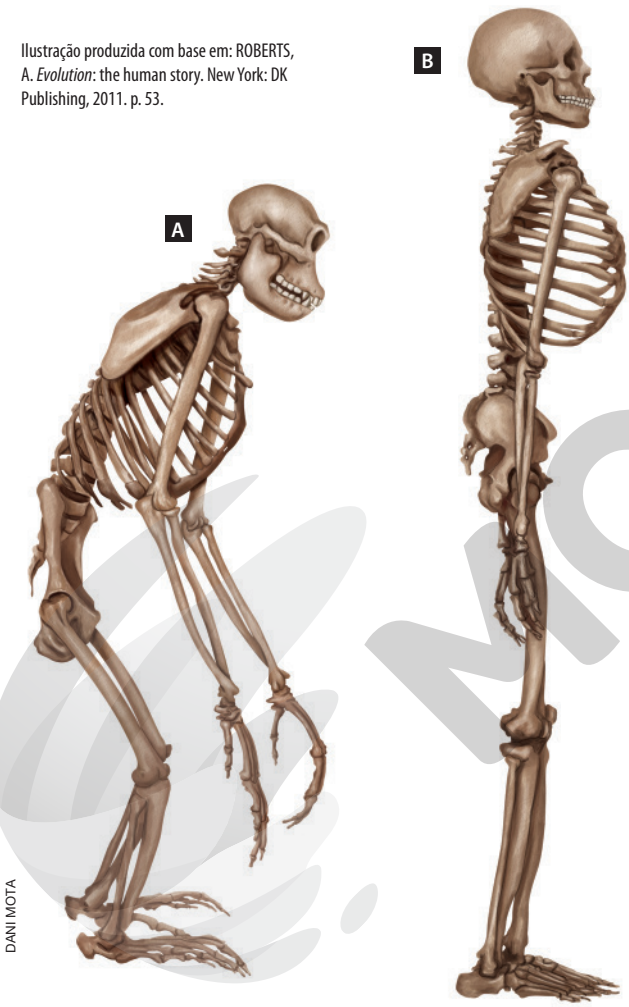
Corpo humano em movimento

O ser humano é capaz de realizar diversos movimentos, dos mais simples aos mais complexos, os quais envolvem a ação conjunta de diferentes sistemas e estruturas corporais.

Essa habilidade foi resultado de diversas alterações estruturais que ocorreram ao longo da evolução dos primatas e, posteriormente, dos hominíneos.

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

Ilustração produzida com base em: ROBERTS, A. *Evolution*: the human story. New York: DK Publishing, 2011. p. 53.



DANI MOTA

Representação de esqueleto de chimpanzé (**A**) e de ser humano (**B**). Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

A capacidade de o ser humano andar e correr, por exemplo, relaciona-se diretamente com a postura bípede, desenvolvida ao longo da evolução, e é considerada a principal diferença entre os seres humanos e os chimpanzés.

Observe a imagem ao lado e responda à questão.

1. Considerando o formato, o tamanho e a organização dos ossos do esqueleto, quais as diferenças existentes entre os chimpanzés e os seres humanos que possibilitaram o desenvolvimento do nosso andar bípede?
Resposta no **Suplemento para o professor**.

Quando comparados aos chimpanzés, é possível identificar diversas adaptações presentes nos seres humanos, selecionadas ao longo da evolução humana, que favoreceram uma postura ereta e o andar bípede. Entre elas, é possível perceber:

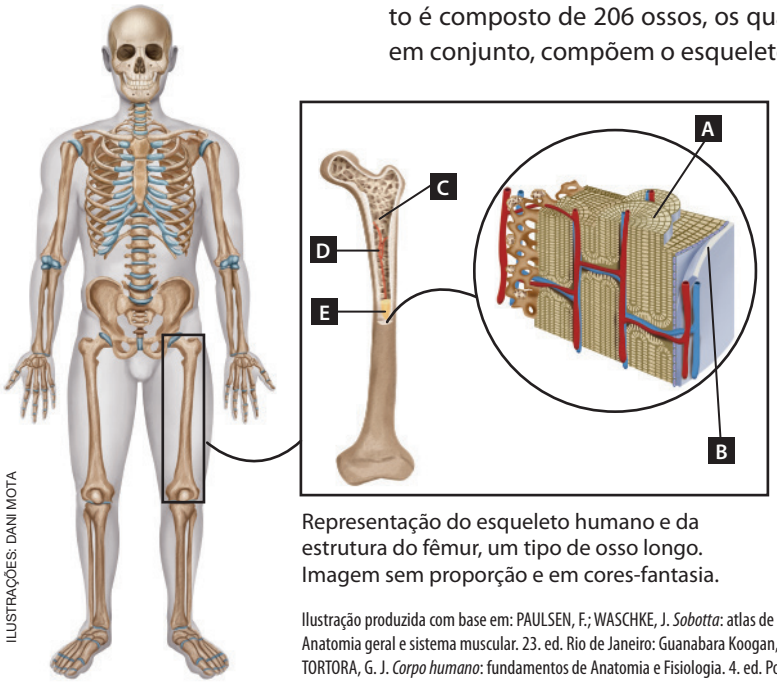
- pernas mais longas, posicionadas mais para dentro, embaixo do centro de gravidade do corpo;
- pélvis mais curta e larga, posicionando o tronco acima do quadril;
- pernas mais longas do que os braços, os quais podem se movimentar ao lado do corpo, auxiliando no equilíbrio durante o andar/correr;
- coluna vertebral com curvatura em S, favorecendo o equilíbrio na postura bípede e a absorção de impacto desse tipo de movimentação;
- joelhos posicionados sob o centro de gravidade do corpo;
- forame magno mais deslocado para frente, favorecendo o equilíbrio do crânio sobre a coluna em uma postura ereta;
- os polegares não opositores dos pés, alinhados aos demais dedos, e os pés arqueados favorecem a caminhada/corrida.

A seleção de muitas das adaptações citadas anteriormente está relacionada com a mudança do hábito arborícola dos ancestrais humanos nas florestas úmidas para o da vida terrestre nas savanas, motivada pelas alterações climáticas que deixaram o clima africano mais seco.

MODERNA

Sustentação do corpo humano

Para realizar os diversos movimentos que os seres humanos são capazes, é necessário que o corpo se sustente. Isso é possível graças à existência de estruturas rígidas, que formam o arcabouço do corpo humano, os ossos. Em geral, o corpo humano adulto é composto de 206 ossos, os quais apresentam diferentes formatos e tamanhos e, em conjunto, compõem o esqueleto.



ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

Representação do esqueleto humano e da estrutura do fêmur, um tipo de osso longo. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Os ossos são estruturas fortes e resistentes constituídos de minerais, proteínas, como o colágeno, e a água. Eles também estão associados a vasos sanguíneos, que nutrem as células ósseas.

O tecido ósseo é formado por uma substância chamada matriz óssea (**A**), composta de sais minerais e fibras colágenas.

O periósteo (**B**) – membrana que reveste o osso externamente – é formado por tecido conjuntivo, vasos sanguíneos, nervos e células ósseas. Ele auxilia na proteção, na nutrição e no crescimento dos ossos.

Na cavidade ou canal medular (**C**), encontra-se a medula óssea, que pode ser do tipo vermelha ou amarela.

A vermelha (**D**) produz células sanguíneas, enquanto a amarela (**E**) atua como local de reserva de gordura.

Ilustração produzida com base em: PAULSEN, F.; WASCHKE, J. *Sobotta*: atlas de Anatomia humana: Anatomia geral e sistema muscular. 23. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. v. 1. p. 14.
TORTORA, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 99-101.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

As células presentes no sangue, como plaquetas, glóbulos vermelhos e glóbulos brancos, são originadas de um único tipo de célula chamada célula-tronco hematopoiética. Essas células podem ser utilizadas em diversos tratamentos médicos e são produzidas na medula óssea; também é possível encontrá-las no cordão umbilical.

- Converse com os colegas sobre as possíveis aplicações das células-tronco hematopoiéticas e a importância da doação de medula óssea.

Osteoporose

RVOLTAN/SHUTTERSTOCK

Idosos praticando atividade física em academia ao ar livre durante a pandemia de COVID-19, no município de São Paulo (2020). Exercitar-se ajuda a prevenir a osteoporose, assim como uma alimentação rica em cálcio e a manutenção de níveis adequados de vitamina D.

Á medida que o ser humano envelhece, os níveis de hormônios sexuais, como estrógeno e testosterona, tendem a diminuir, principalmente nas mulheres durante a menopausa. Esses hormônios estimulam a atividade dos osteoblastos, células responsáveis pela síntese de matriz óssea.

Dessa maneira, com o envelhecimento e a consequente diminuição desses hormônios, ocorre mais decomposição do tecido ósseo do que formação, levando à redução de sua massa e ao enfraquecimento dos ossos, que se tornam mais porosos e frágeis, aumentando a chance de fraturas, o que caracteriza a osteoporose.

Resposta no **Suplemento para o professor**.

- Embora a perda óssea seja uma condição natural do processo de envelhecimento, muitos idosos não têm conhecimento sobre esse assunto. Qual é a importância de esclarecer a população sobre esse assunto?

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

MODERNA

Resistência e mobilidade

Observe a imagem a seguir.

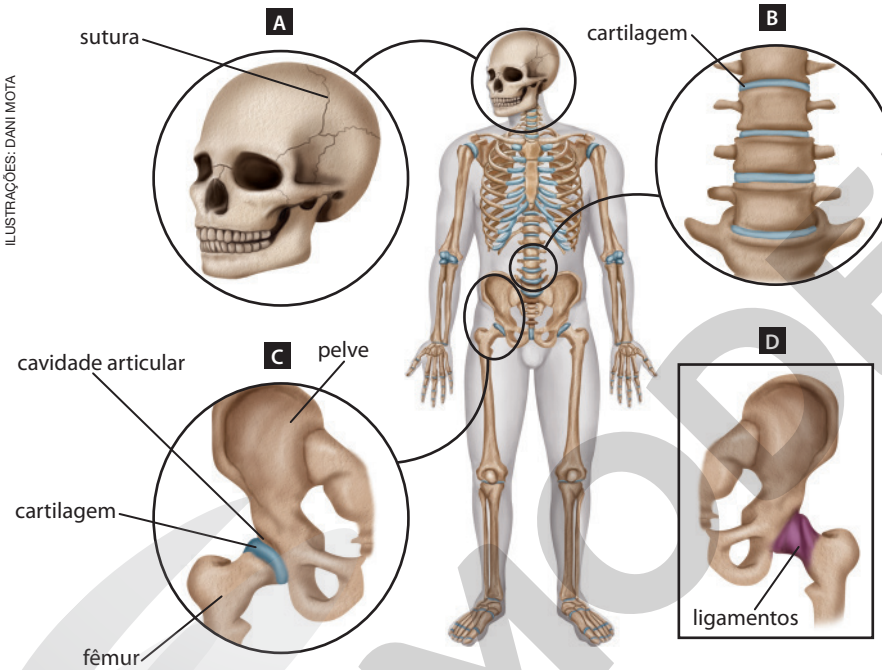
Resposta no **Suplemento para o professor**.

2. Sabendo que os ossos são estruturas rígidas, como é possível, por exemplo, pegar objetos e levantá-los?

A resistência dos ossos é essencial para sustentar e manter a estrutura do corpo humano. No entanto, para realizar movimentos, diferentes partes do corpo devem se mover, ou seja, é necessário que haja mobilidade.

Ao responder à questão proposta, é provável que você tenha mencionado que, apesar da estrutura rígida dos ossos, são as articulações que possibilitam pegar e levantar objetos. Elas são o ponto de contato entre dois ou mais ossos e, além da união das estruturas ósseas, possibilitam a movimentação do esqueleto. As articulações proporcionam flexibilidade e protegem determinados órgãos e tecidos. Quanto ao grau de mobilidade que apresentam, elas podem ser classificadas em imóveis, semimóveis e móveis.

Ligamento: estrutura formada por feixes paralelos de tecido conjuntivo, que contribuem para que os ossos se mantenham unidos.



ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

Representação das articulações do corpo humano, com destaque para algumas delas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

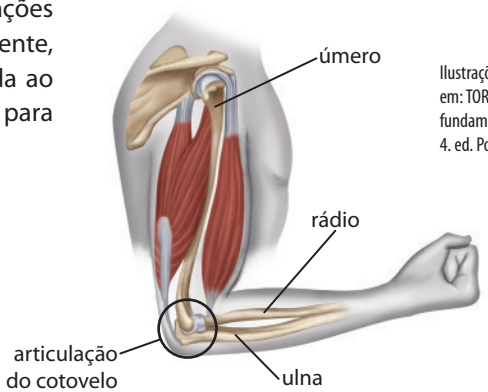
Ilustração produzida com base em: PAULSEN, F.; WASCHKE, J. *Sobotta*: atlas de Anatomia humana: Anatomia geral e sistema muscular. 23. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. v. 1. p. 14, 46, 264.

As articulações **imóveis**, também chamadas sinartroses, mantêm os ossos unidos de maneira que o movimento praticamente não ocorre, como nos pontos de encontro entre os ossos do crânio chamados suturas (**A**).

Nas articulações **semimóveis**, as anfiartroses, os ossos unem-se por meio de cartilagem, possibilitando movimentos limitados, como aqueles realizados entre as vértebras (**B**).

Já as articulações **móveis**, as diartroses, além de cartilagem articular ou hialina, apresentam um pequeno espaço entre os ossos, a cavidade articular ou sinovial, que reduz o atrito entre os ossos e absorve impactos. A membrana interna dessa cavidade produz um líquido denominado sinóvia ou líquido sinovial, que lubrifica a região, reduzindo o atrito entre as articulações. Circundando a articulação, encontra-se a cápsula articular, que possibilita movimentos amplos, como os realizados na ligação do fêmur com a pelve (**C**). Algumas articulações móveis apresentam ligamentos, que dão resistência e estabilidade às articulações (**D**).

Se pudéssemos observar os ossos e as articulações envolvidos no movimento apresentado anteriormente, veríamos uma imagem semelhante à apresentada ao lado. Observe o papel da articulação do cotovelo para realizar o movimento de dobrar o braço.



Ilustrações produzidas com base em: TORTORA, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 169.

Representação dos ossos, articulações e músculos do braço direito humano. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

3. A imagem ao lado também apresenta os músculos do braço. Em sua opinião, eles auxiliam na realização de movimentos? Explique.

Espera-se que os estudantes reconheçam a importância dos músculos como os responsáveis por "puxar" e "empurrar" os ossos durante os movimentos.

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

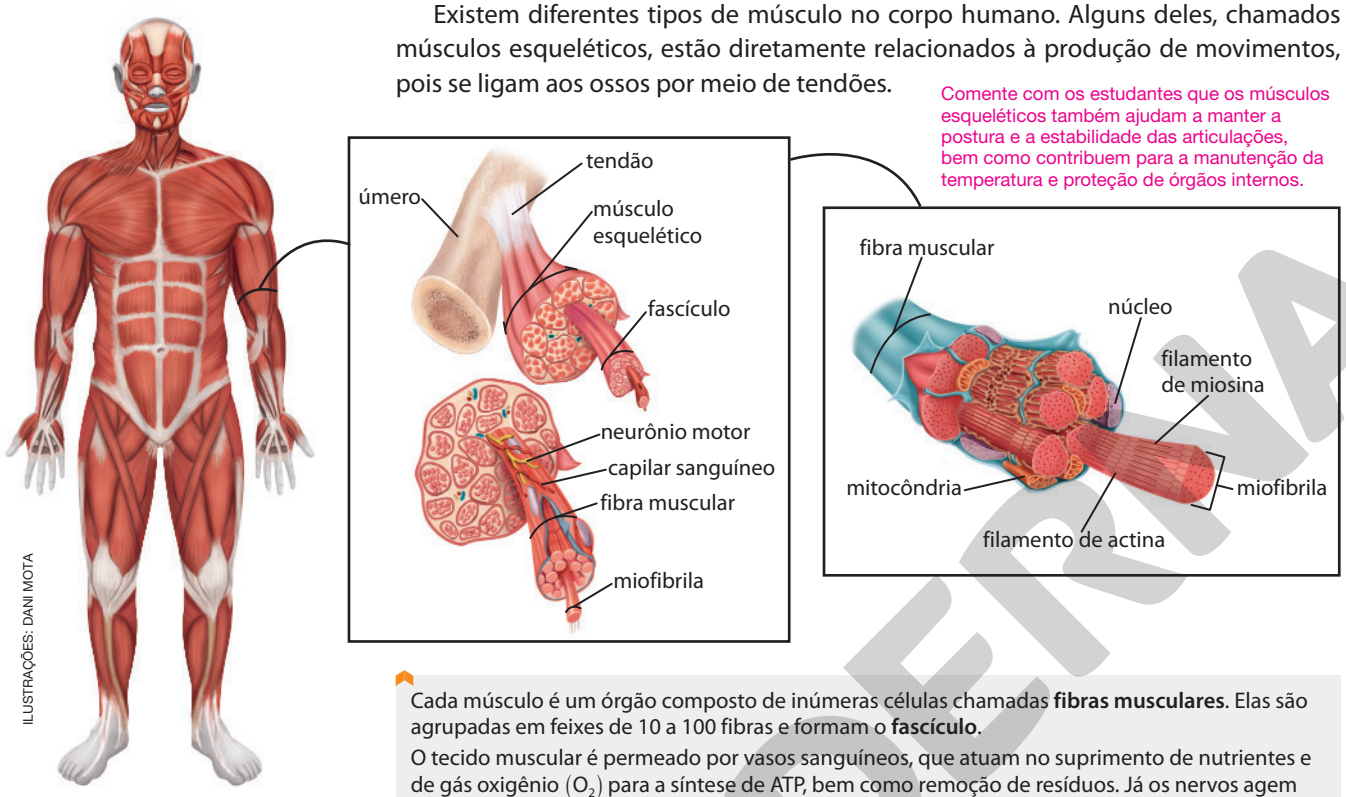
MODERNA

Movimentando os ossos

Ao se contrair, os músculos puxam os ossos, movimentando determinadas partes do corpo, como abordado na questão **3**. Portanto, os movimentos que realizamos são resultado da ação integrada de ossos, articulações, tendões, músculos e sistema nervoso.

Existem diferentes tipos de músculo no corpo humano. Alguns deles, chamados músculos esqueléticos, estão diretamente relacionados à produção de movimentos, pois se ligam aos ossos por meio de tendões.

Comente com os estudantes que os músculos esqueléticos também ajudam a manter a postura e a estabilidade das articulações, bem como contribuem para a manutenção da temperatura e proteção de órgãos internos.



ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

Representação dos principais músculos esqueléticos do corpo humano e detalhamento desse tipo de estrutura muscular. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustrações produzidas com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 185-203.

Cada músculo é um órgão composto de inúmeras células chamadas **fibras musculares**. Elas são agrupadas em feixes de 10 a 100 fibras e formam o **fascículo**.

O tecido muscular é permeado por vasos sanguíneos, que atuam no suprimento de nutrientes e de gás oxigênio (O_2) para a síntese de ATP, bem como remoção de resíduos. Já os nervos agem no controle da contração muscular.

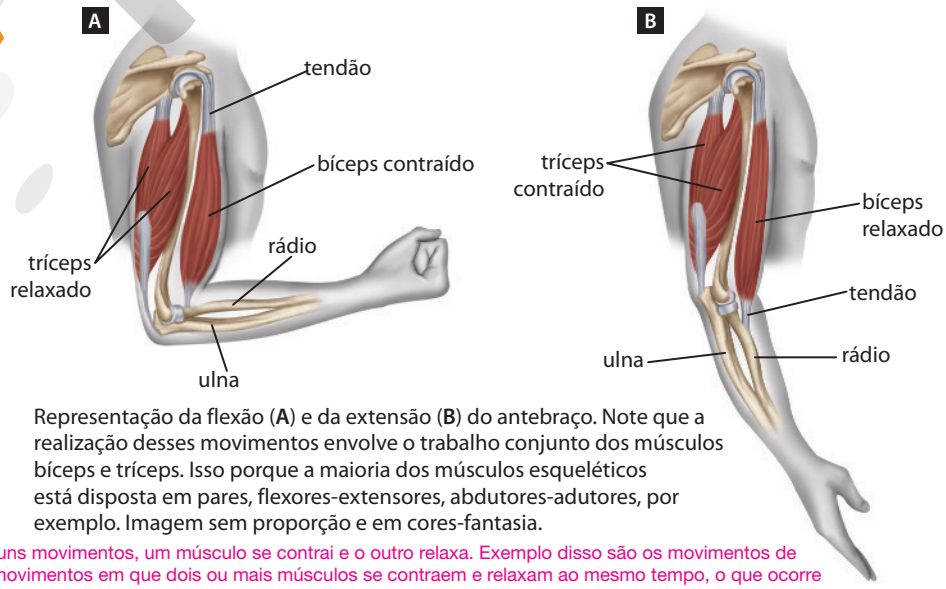
No citoplasma das fibras musculares, encontra-se um pigmento chamado **mioglobina**. Ela tem coloração semelhante à da hemoglobina e armazena gás oxigênio até ele ser exigido pela mitocôndria da célula.

Ao longo de cada fibra muscular, existem estruturas cilíndricas, as **miofibrilas**, formadas por dois tipos de filamentos proteicos: filamentos espessos de miosina e filamentos finos compostos de actina.

Quando os músculos se contraem, tracionam os tendões que movimentam determinados ossos, enquanto as articulações atuam como ponto de apoio para essa movimentação. Em conjunto, essas estruturas são responsáveis por movimentar partes do corpo humano. Observe o exemplo a seguir.

A Quando o antebraço realiza o movimento de flexão, o bíceps se contrai, diminuindo seu comprimento. O tendão puxa o rádio, que se move em direção ao braço. Nesse movimento, o bíceps se contrai e o tríceps relaxa.

B Quando o antebraço realiza o movimento de extensão, o tríceps se contrai e, com isso, o tendão puxa a ulna. O antebraço se distancia do braço. Nesse movimento, o bíceps relaxa e o tríceps se contrai, permitindo a execução do movimento.



Representação da flexão (**A**) e da extensão (**B**) do antebraço. Note que a realização desses movimentos envolve o trabalho conjunto dos músculos bíceps e tríceps. Isso porque a maioria dos músculos esqueléticos está disposta em pares, flexores-extensores, abdutores-adutores, por exemplo. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Explique aos estudantes que, em alguns movimentos, um músculo se contrai e o outro relaxa. Exemplo disso são os movimentos de flexão e extensão do antebraço. Há movimentos em que dois ou mais músculos se contraem e relaxam ao mesmo tempo, o que ocorre durante a mastigação, por exemplo.

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

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **1** a **3** no **Suplemento para o professor**.

1. Em uma aula sobre tecido ósseo, foi realizada a atividade prática descrita abaixo.

FABIO EIJI SIRASUMA

A fim de demonstrar aos estudantes o que caracteriza a dureza de um osso, o professor separou dois ossos limpos de coxa de frango. Ele segurou um dos ossos com uma pinça e o colocou sobre a chama de um bico de Bunsen por alguns minutos. O professor esperou o osso esfriar e solicitou a participação de dois estudantes. Um deles tentou torcer o osso que ficou na chama e o outro fez o mesmo com o outro osso. O osso que foi exposto à chama quebrou-se facilmente, enquanto o outro manteve-se intacto.

a) A matriz óssea é composta de componentes inorgânicos e orgânicos. Que componentes são esses?

b) Por que o osso se quebrou facilmente após o contato com a chama?

2. Leia o trecho da reportagem a seguir e responda às questões.

Cientistas revelam o que acontece ao estalar os dedos

[…]

Pode estalar os dedos sossegado. Provavelmente nenhum dano será feito às articulações e o som pode até indicar a saúde das juntas. A descoberta é de uma equipe de pesquisadores da Universidade de Alberta, no Canadá, que revelou pela primeira vez com método científico o que acontece quando estalamos as juntas. Passando os dedos de um participante do estudo por uma máquina de ressonância magnética, o grupo descobriu que é a criação de uma "bolha" na substância que lubrifica as articulações que causa o barulho – e não o atrito entre os ossos. […]

CIENTISTAS revelam o que acontece ao estalar os dedos. *Veja*, São Paulo, 16 abr. 2015. Saúde. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/saude/cientistas-revelam-o-que-acontece-ao-estalar-os-dedos/>. Acesso em: 3 set. 2020. © Veja/Abril Comunicações S.A.

a) De acordo com o texto, qual é a origem do barulho característico do estalar dos dedos?

b) Qual é a substância, citada no texto, cuja função é de lubrificar as articulações? Onde se localiza essa substância?

c) Qual é a importância das articulações na movimentação do corpo humano?

3. O coração é um órgão formado por tecido muscular estriado cardíaco e é responsável por bombear o sangue para os pulmões e o restante do corpo. Já o bíceps é formado por tecido muscular estriado esquelético e atua na movimentação dos membros superiores. A respeito desses dois tipos musculares, observe as imagens abaixo.

MEDIMAGE/SPL/FOTOARENA

Micrografia de tecido muscular estriado cardíaco em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 2 000 vezes. As estruturas em verde são as mitocôndrias. Cores artificiais.

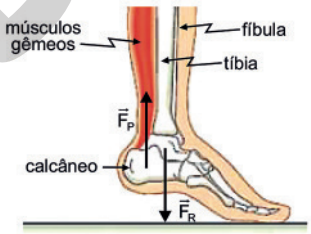
STEVE GSCHMEISSNER/SPL/FOTOARENA

Micrografia de tecido muscular estriado esquelético em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 10 000 vezes. As estruturas em vermelho mais escuro são as mitocôndrias. Cores artificiais.

a) Em qual dos dois tecidos apresentados há mais mitocôndrias? Por que existe essa diferença?

b) Qual dos dois músculos apresentados consome mais gás oxigênio? Justifique sua resposta.

4. **(Unesp-SP)** Quando nos elevamos sobre as pontas dos pés, nossos pés funcionam como uma alavanca, conforme mostra a figura.



REPRODUÇÃO

Imagem sem proporção.

(<http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/>. Adaptado.)

Para que ocorra esse movimento de elevação, os músculos gêmeos

a) são contraídos e transmitem a força ao calcâneo por meio de tendões e ligamentos, movimentando os demais ossos dos pés que estão conectados por tendões e ligamentos.

b) são contraídos e transmitem a força ao calcâneo por meio de tendões, movimentando os demais ossos dos pés que estão conectados por ligamentos.

c) são relaxados e transmitem a força ao calcâneo por meio de ligamentos, movimentando os demais ossos dos pés que estão conectados por tendões.

d) são contraídos e transmitem a força ao calcâneo por meio de ligamentos, movimentando os demais ossos dos pés que estão conectados por tendões.

e) são relaxados e transmitem a força ao calcâneo por meio de tendões, movimentando os demais ossos dos pés que estão conectados por ligamentos.

Alternativa **b**.

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

MODERNA

Coordenação dos movimentos e regulação do corpo humano

Como você estudou, os movimentos dependem da ação conjunta de diferentes sistemas, mas qual é o sistema responsável por comandar e coordenar tais movimentos? Você deve ter notado que todos os sistemas citados apresentam associações com vasos sanguíneos e nervos. Estes últimos fazem parte do sistema nervoso humano que, entre outros papéis, controla os movimentos corporais e regula o funcionamento dos órgãos e dos sistemas.

Plexo entérico: rede de neurônios localizada nas paredes dos órgãos do trato gastrointestinal.

Estruturalmente, o sistema nervoso é dividido em parte central e parte periférica.

A **parte central do sistema nervoso** recebe estímulos de diferentes partes do corpo humano, interpreta-os e gera respostas a eles. Essa parte do sistema nervoso é composta pelo **encéfalo** e pela **medula espinal**. Vários nervos estão ligados à medula espinal, a qual mantém a comunicação entre encéfalo e outras regiões do corpo, que respondem a determinados estímulos do ambiente.

A **parte periférica do sistema nervoso** encaminha impulsos nervosos até a parte central e transmite as respostas aos diferentes órgãos e às estruturas do corpo. Ela se comunica com a parte central do sistema nervoso e com os diversos órgãos e é formada, principalmente, por nervos, gânglios e pelos plexos entéricos e receptores sensoriais.

Observe o esquema a seguir.

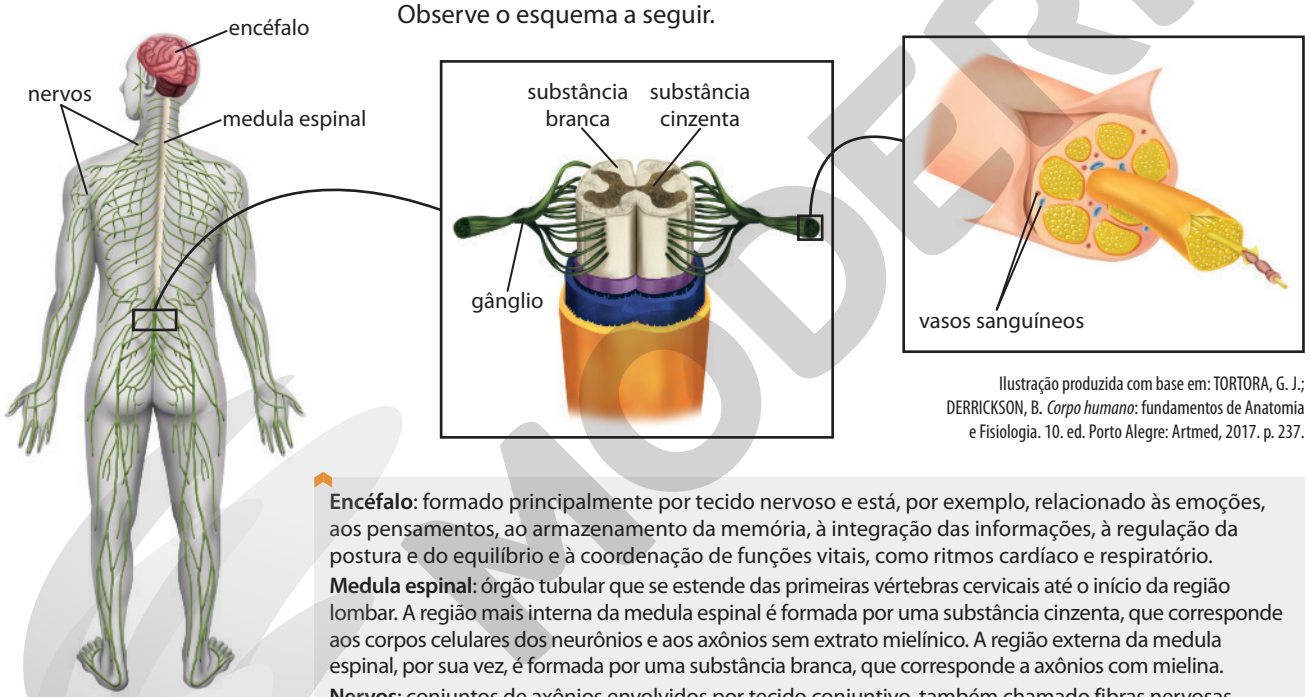


Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 237.

ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

Representação do sistema nervoso humano, com detalhamento da estrutura da medula espinal e nervos. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Encéfalo: formado principalmente por tecido nervoso e está, por exemplo, relacionado às emoções, aos pensamentos, ao armazenamento da memória, à integração das informações, à regulação da postura e do equilíbrio e à coordenação de funções vitais, como ritmos cardíaco e respiratório.

Medula espinal: órgão tubular que se estende das primeiras vértebras cervicais até o início da região lombar. A região mais interna da medula espinal é formada por uma substância cinzenta, que corresponde aos corpos celulares dos neurônios e aos axônios sem extrato mielínico. A região externa da medula espinal, por sua vez, é formada por uma substância branca, que corresponde a axônios com mielina.

Nervos: conjuntos de axônios envolvidos por tecido conjuntivo, também chamado fibras nervosas, e que atuam na condução dos impulsos nervosos. Os nervos espinais são revestidos por diferentes camadas de tecido conjuntivo, seja individual, seja em feixes. Esses revestimentos são: endoneuro, perineuro e epineuro.

Gânglios: compostos, principalmente, de corpos celulares de neurônios envolvidos por tecido conjuntivo. Os gânglios atuam na transmissão de impulsos nervosos.

O tecido nervoso é composto de neurônios e gliócitos, também chamados neuróglia ou glia.

Os **neurônios** são células capazes de responder a estímulos* físicos, químicos e mecânicos, transformando-os em impulsos nervosos e transmitindo-os a outras células. Essas células nervosas não são capazes de se dividir, ou seja, não formam novos neurônios.

Os **gliócitos** atuam na sustentação, nutrição, manutenção e proteção dos neurônios. Essas células são menores e mais numerosas que os neurônios, além disso, são capazes de se dividir, originando novas células.

*Comente com os estudantes que estímulo, nesse caso, é qualquer mudança no ambiente, interno ou externo, forte o suficiente para gerar um potencial de ação, que será abordado com mais detalhes ao longo deste capítulo.

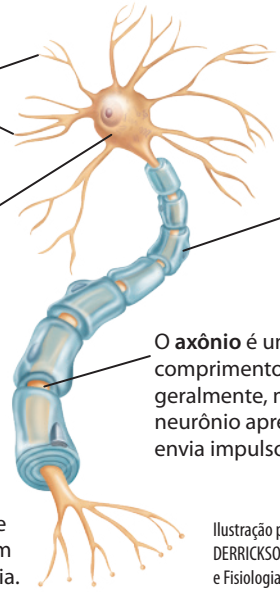
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

A maioria dos neurônios têm três partes: corpo celular, dendritos e axônios.

Os **dendritos** são prolongamentos, geralmente, curtos e bastante ramificados, que partem do corpo celular. Eles recebem a maioria dos impulsos nervosos que chegam aos neurônios.

O **corpo celular** é a região do neurônio na qual se localizam o núcleo e as organelas.



O **extrato mielínico** é composto de mielina, substância formada por lipídios e proteínas, que reveste o axônio. A presença desse extrato aumenta a velocidade de condução dos impulsos nervosos nos neurônios.

O **axônio** é um prolongamento cilíndrico com comprimento e diâmetro variáveis, porém, geralmente, maior que o dendrito. Cada neurônio apresenta um único axônio, que envia impulsos nervosos a outras células.

Representação da estrutura de um neurônio. A maioria dos neurônios, como o apresentado nesta imagem, apresenta extrato mielínico secretado pelas células de Shwann, um tipo de gliócito. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 240.

Origem e transmissão do impulso nervoso

Como mencionado anteriormente, os neurônios são capazes de transformar estímulos em impulsos nervosos, ou seja, são excitáveis, transmitindo tais impulsos a diferentes partes do corpo. Como isso ocorre?

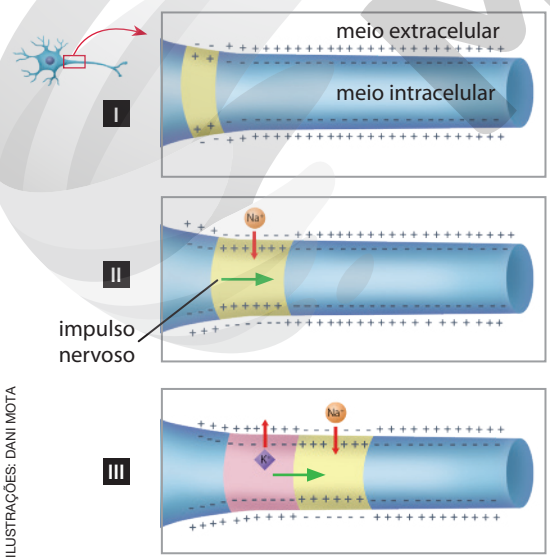
As células que apresentam um potencial de membrana são ditas polarizadas.

As células do corpo humano têm diferença de cargas elétricas entre os meios intracelular e extracelular, que podem estar carregados negativamente e positivamente, respectivamente. Essa diferença de cargas elétricas é chamada **potencial de membrana** e as células nesse estado são chamadas polarizadas. Quando os neurônios não estão conduzindo impulso nervoso, isto é, estão em repouso, a voltagem da membrana plasmática é o **potencial de membrana em repouso** e equivale a -70 mV.* Esse potencial é resultado da distribuição desigual de íons no citosol e no líquido extracelular.

*Comente com os estudantes que o sinal negativo indica que o interior da membrana é negativo em relação ao exterior.

A chegada de um estímulo ao neurônio pode causar a despolarização de sua membrana plasmática e a consequente geração de um impulso nervoso. Ele se caracteriza por ser uma sequência de eventos que diminui e inverte o potencial da membrana, graças à movimentação de íons através da membrana plasmática. Observe a seguir.

Ilustrações produzidas com base em: SILVERTHORN, D. U. *Fisiologia Humana*: uma abordagem integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 250.



ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

I A chegada do estímulo à membrana celular altera os canais iônicos voltagem-dependentes em parte da membrana celular. Como resultado, há entrada de Na^+ na célula, com a face interna tornando-se gradativamente menos negativa, iniciando, assim, a despolarização da membrana.
Se o estímulo for suficientemente forte,** ocorre a rápida alteração do potencial de membrana e a inversão momentânea da polaridade.

II A despolarização de uma área da membrana celular (em amarelo) interfere nos canais iônicos das regiões adjacentes, iniciando a despolarização de áreas vizinhas.
Após um curto intervalo de tempo, os canais de sódio da primeira porção despolarizada se fecham e os de potássio se abrem, possibilitando a saída de K^+ da célula. Com isso, ocorre a repolarização e o retorno do potencial de repouso da membrana (em rosa).

III À medida que novas porções da membrana são despolarizadas e repolarizadas, ocorre a transmissão do impulso nervoso ao longo do axônio.

Representação da geração e da transmissão de impulso nervoso em um neurônio. As fases de despolarização e repolarização duram cerca de 1 milissegundo. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Explique aos estudantes que, quando ocorre a fase de despolarização, o potencial de membrana, que era negativo, torna-se menos negativo até atingir zero de carga e, em seguida, tornar-se positivo. Durante a repolarização, o estado da membrana é restaurado à sua carga inicial negativa.
**Se o estímulo for capaz de alterar o potencial de membrana até que ele atinja 55 mV.

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

MODERNA

Os impulsos nervosos são transmitidos de um neurônio ao outro. A maioria dessas células ficam próximas entre si, mas sem contato físico entre as suas membranas. Assim, o impulso nervoso é transmitido do axônio de um neurônio aos dendritos de outro por meio de sinapses, na chamada **transmissão sináptica**.

O neurônio que transmite a informação, ou seja, o sinal elétrico, é o neurônio pré-sináptico. Já o que recebe o sinal é o neurônio pós-sináptico. Esses dois neurônios são separados por um espaço chamado fenda sináptica.

As sinapses podem ser de dois tipos, elétricas ou químicas. Nas **sinapses elétricas**, o impulso nervoso propaga-se diretamente entre as membranas plasmáticas de neurônios adjacentes por meio de estruturas chamadas junções comunicantes.

As **sinapses químicas** são as que ocorrem mais frequentemente. Nelas o impulso nervoso de um neurônio pré-sináptico estimula a liberação de moléculas chamadas neurotransmissores na fenda sináptica. Esses neurotransmissores geram um impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.

Um neurônio motor também pode transmitir impulsos elétricos para um músculo esquelético, gerando um **potencial de ação muscular**.

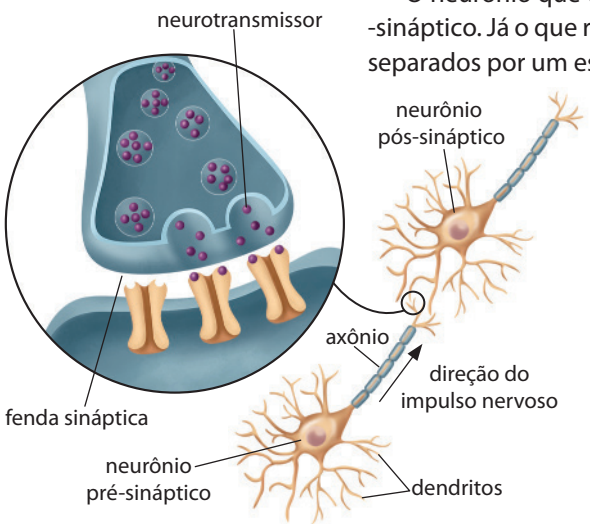


Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 248.

Representação da sinapse entre neurônios. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Na **junção neuromuscular** ocorre a transmissão de impulso nervoso entre um neurônio motor e uma fibra muscular esquelética, causando sua contração. Nos músculos esqueléticos, o axônio dos neurônios se divide em ramificações chamadas terminais axônicos, que se alargam em dilatações chamadas botões terminais sinápticos, os quais contêm vesículas com neurotransmissores químicos. A região da fibra muscular próxima ao terminal axônico é chamada placa motora terminal, e o espaço entre o botão terminal sináptico e a placa motora terminal chama-se fenda sináptica.

Junção comunicante: estrutura tubular que liga um neurônio ao outro e que possibilita o fluxo de íons entre eles, estando presentes, por exemplo, no músculo cardíaco e no encéfalo; a condução e a coordenação são rápidas.

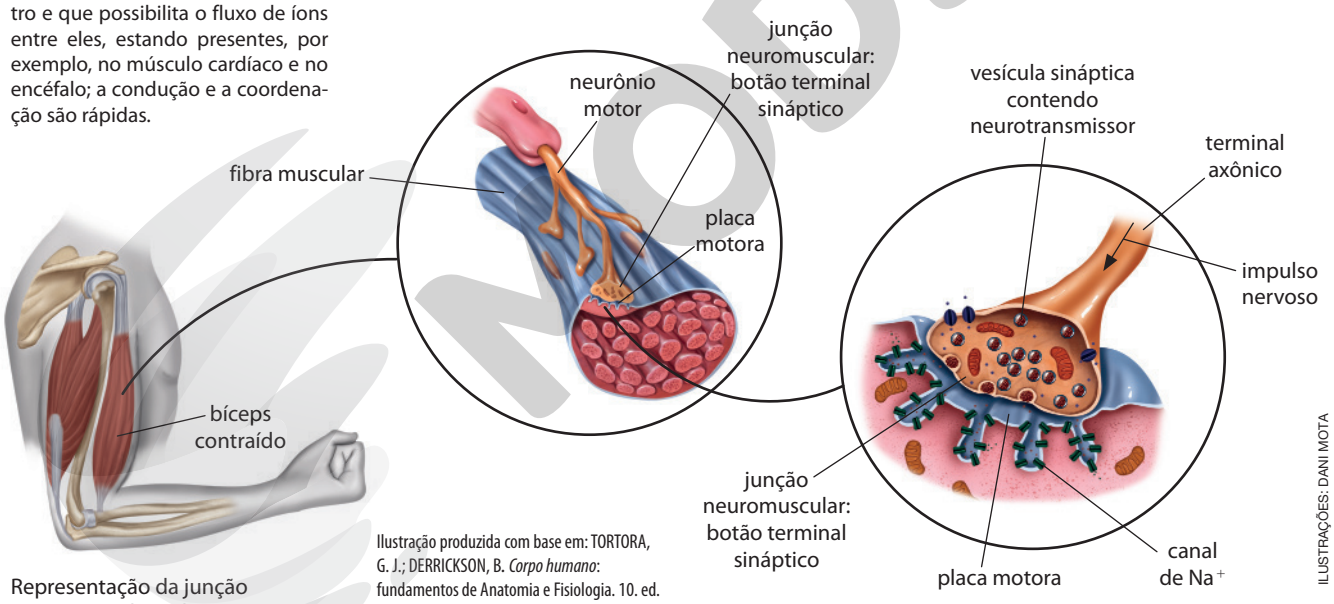


Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 189.

Representação da junção neuromuscular e da atuação do potencial de ação na contração do músculo esquelético. O efeito do neurotransmissor liberado na fenda sináptica é momentâneo, pois esse neurotransmissor é rapidamente degradado por uma enzima existente nesse espaço. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

1. Quando o impulso nervoso chega aos botões terminais sinápticos, ocorre a liberação de neurotransmissores, os quais se difundem para a fenda sináptica.
2. A ligação do neurotransmissor ao seu receptor, na placa motora terminal, abre canais, principalmente de Na^+, permitindo que esse íon entre pela membrana plasmática.
3. A entrada de Na^+ gera um potencial de ação muscular, que se propaga ao longo da fibra muscular, provocando sua contração.

ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

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

MODERNA

Hormônios

Além do sistema nervoso, a coordenação e a execução de diversas funções e movimentos envolvem a participação do sistema endócrino. Esse sistema é composto de células e glândulas que atuam na produção e na secreção de substâncias, as quais podem ser lançadas na superfície do corpo, em cavidades e no meio que envolve as células, do qual se difundem para a corrente sanguínea. Nesse último caso, tais substâncias são chamadas hormônios.

A secreção de hormônios pelas glândulas pode ser regulada por três tipos distintos de mecanismos: sinais enviados pelo sistema nervoso, alterações nas concentrações químicas de determinadas substâncias no sangue e por outros hormônios.

Em uma situação de intensa atividade física ou de estresse, nota-se algumas alterações fisiológicas no organismo que sustentam esse estado e garantem o funcionamento adequado do organismo. Esse cenário resulta da atuação, por exemplo, de hormônios liberados pelas glândulas suprarrenais, mediadas pela hipófise e pelo hipotálamo.

Durante atividade física intensa, o hipotálamo sinaliza os nervos da suprarrenal para a liberação de hormônios que levem a alterações fisiológicas que sustentem esse tipo de atividade, ao mesmo tempo que reduz outras funções corporais, como a digestão.

A As medulas das glândulas suprarrenais recebem estímulos do hipotálamo para que elas produzam e liberem epinefrina (adrenalina) e norepinefrina (noradrenalina). Esses hormônios promovem o aumento da frequência cardíaca e da força de contração, bem como a elevação da frequência respiratória, que aumenta a velocidade da ventilação pulmonar e, consequentemente, das trocas gasosas. Observa-se também a dilatação de vasos sanguíneos que suprem órgãos como coração, músculos esqueléticos e fígado para maior fluxo sanguíneo e aumento da taxa de glicose no sangue, visando garantir a produção de ATP.

B Em momentos de repouso, por sua vez, as respostas dos nervos que inervam músculos do trato gastrointestinal e das glândulas do sistema digestório, por exemplo, são estimuladas. Como resultado, ocorre a estimulação da liberação de enzimas digestivas pelo pâncreas. O aumento da glicose no sangue, por sua vez, estimula a produção e a liberação do hormônio insulina, que promove a transferência da glicose da corrente sanguínea para o interior das células.

Explique aos estudantes que, em geral, a ação do sistema nervoso é rápida, já a do sistema endócrino demora um pouco mais para surtir efeito, porém este é mais duradouro e ocorre até que o hormônio seja removido do sangue.

O hipotálamo é uma região do encéfalo e a principal conexão entre o sistema nervoso e o sistema endócrino. Suas células produzem diversos hormônios que desempenham diversas funções no organismo, controlando, inclusive, outras glândulas, como a adeno-hipófise.
A hipófise é uma glândula que se liga ao hipotálamo e apresenta duas porções: adeno-hipófise e neuro-hipófise. Devido à grande variedade de hormônios produzidos pela hipófise, ela atua no controle de diversas atividades, órgãos e, inclusive, outras glândulas.

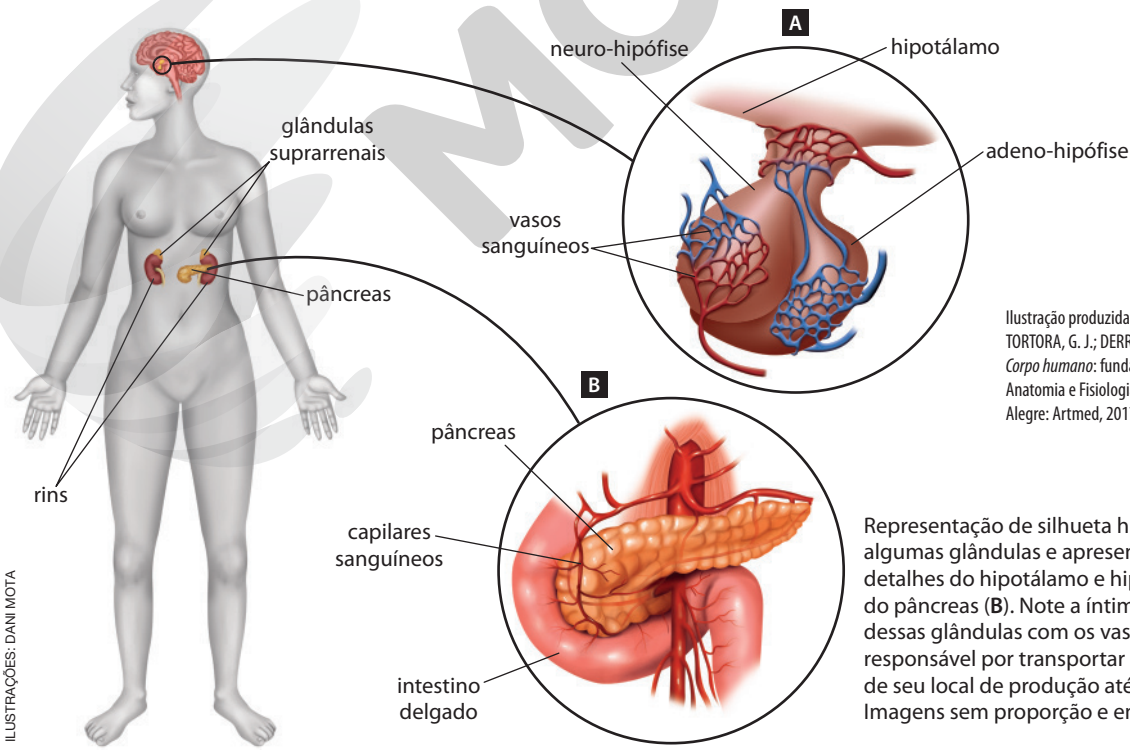


Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 328-337.

Representação de silhueta humana com algumas glândulas e apresentação em detalhes do hipotálamo e hipófise (**A**) e do pâncreas (**B**). Note a íntima relação dessas glândulas com os vasos sanguíneos, responsável por transportar os hormônios de seu local de produção até as células-alvo. Imagens sem proporção e em cores-fantasia.

ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

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

MOBERNA

Receptores sensoriais

O sistema nervoso também nos possibilita perceber o ambiente ao nosso redor. Nesse caso, tal sistema atua na percepção de estímulos luminosos, sonoros, mecânicos e químicos.

Essa capacidade de percepção está relacionada à existência de receptores sensoriais em órgãos específicos do corpo humano. Esses receptores são neurônios e, portanto, capazes de transformar estímulos em sinais elétricos, transmitidos por meio de nervos até a parte central do sistema nervoso, onde ocorre a interpretação desses sinais. De acordo com o tipo de estímulo que detectam, os receptores sensoriais podem ser de diferentes tipos.

Imagens sem proporção. Cores-fantasia.

Quimiorreceptores

Os quimiorreceptores são capazes de detectar substâncias químicas e são encontradas em órgãos sensoriais, como língua e nariz, nos possibilitando sentir gostos e cheiros, por exemplo.

Explique aos estudantes que os quimiorreceptores também detectam a presença de determinadas substâncias em líquidos do corpo, como o sangue.

Representação da estrutura da língua, dotada de quimiorreceptores, ditos receptores gustatórios. Eles possibilitam a percepção de cinco sabores interpretados no encéfalo: amargo, doce, azedo (ácido), salgado e umami.

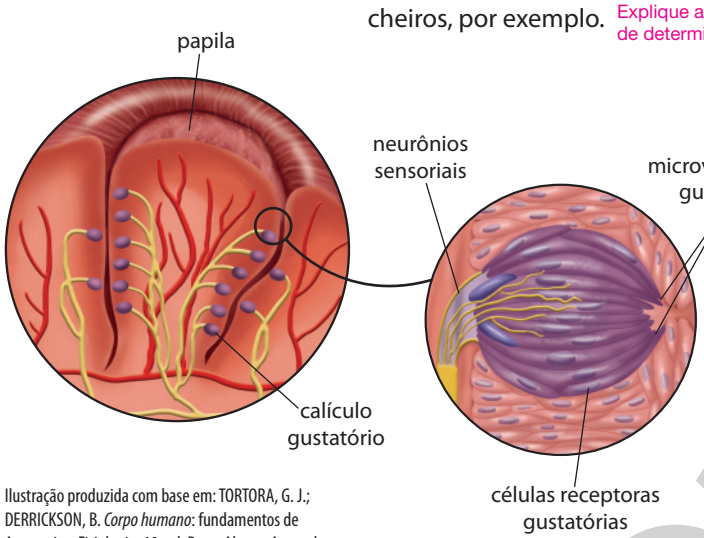
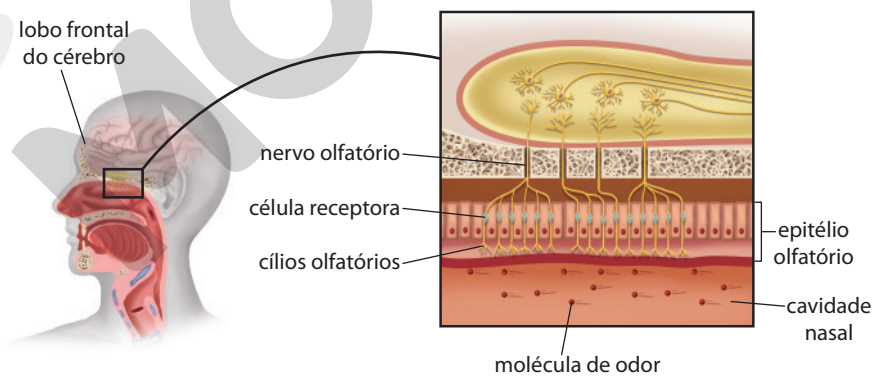


Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 299, 301.

A língua apresenta pequenas elevações chamadas papilas, as quais são dotadas de calículos gustatórios, que contêm as células receptoras gustatórias.

As substâncias percebidas por meio do paladar dissolvem-se na saliva e penetram entre as papilas da língua, atingindo as microvilosidades das células receptoras, que, quando estimuladas, liberam neurotransmissores nos neurônios com os quais faz sinapse. Por meio de nervos, tais receptores enviam impulsos nervosos ao encéfalo, onde eles são processados e o gosto da substância é identificado.

As substâncias químicas dissolvidas no ar e inspiradas são captadas pelos cílios olfatórios, presentes nas células receptoras. Elas estão presentes na porção superior da cavidade nasal, onde há muco e com o qual elas ficam em contato. As substâncias químicas dissolvem-se no muco e estimulam as células receptoras, gerando um impulso nervoso, que é encaminhado ao encéfalo por meio dos nervos olfatórios.



Representação da parte superior do sistema respiratório humano, com destaque para a estrutura da cavidade nasal.

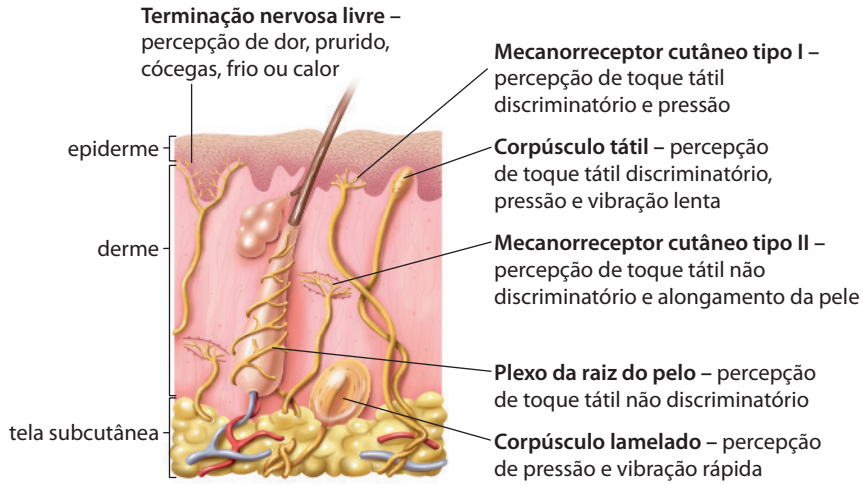
ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

Mecanorreceptores, termorreceptores e nociceptores

Os mecanorreceptores são receptores sensíveis a estímulos mecânicos, estando relacionados às sensações como pressão, tato, vibração, audição e equilíbrio. Os termorreceptores detectam alterações na temperatura. Já os nociceptores estão relacionados à resposta de dor, resultante de danos químicos ou físicos aos tecidos do corpo. Tais receptores são encontrados em diferentes órgãos, como pele e orelhas.

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

MODERNA

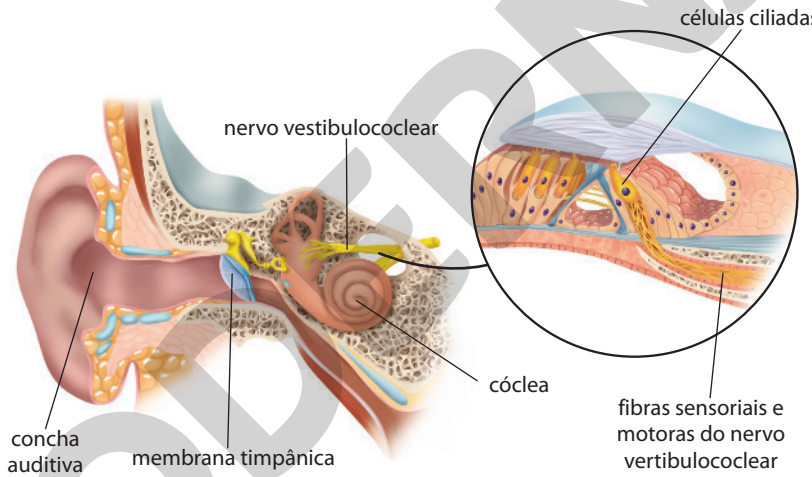


Representação da pele humana em corte, com identificação de seus receptores sensoriais.

Ilustrações produzidas com base em: TORTORA, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 295, 311, 312.

As sensações táteis, como tato, pressão, vibração, prurido e cócegas, assim como as sensações térmicas e dolorosas, são percebidas por meio de diferentes receptores sensoriais existentes na pele e na tela subcutânea. A estimulação desses receptores leva à geração de impulsos nervosos, que são transmitidos ao encéfalo, que identifica a região do corpo de onde veio o estímulo e pode gerar uma resposta a ele.

Imagens sem proporção. Cores-fantasia.



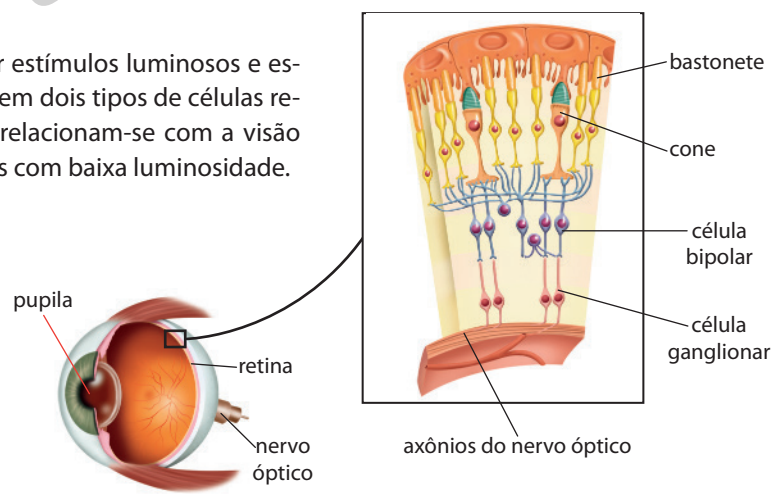
ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

As ondas sonoras são captadas pela concha auditiva e encaminhadas até o tímpano, vibrando essa membrana. Essa vibração é transferida às demais estruturas da orelha interna até atingir a cóclea, onde se encontra o órgão de Corti, preenchido por um líquido. Esse órgão apresenta células ciliadas, cujas extremidades se estendem para a endolinfa, que preenche o ducto coclear. Quando estimuladas pela vibração, as células ciliadas liberam neurotransmissores nas sinapses que fazem com os neurônios sensoriais, os quais geram o impulso nervoso e o transmitem ao nervo vestibulococlear.

Representação da orelha direita humana em corte, com detalhamento dos receptores sensoriais do órgão de Corti.

Fotorreceptores

Os fotorreceptores são capazes de perceber estímulos luminosos e estão localizados nos olhos. No ser humano, existem dois tipos de células receptoras: os cones e os bastonetes. Os **cones** relacionam-se com a visão de cores, e os **bastonetes**, com a visão em locais com baixa luminosidade.



Representação do olho humano em corte, com detalhamento de porção da retina.

Ao penetrar nos olhos, via pupila, os raios luminosos atingem a retina, onde há fotorreceptores. A luz é absorvida por pigmentos existentes nessas células receptoras, causando alterações internas que geram sinais elétricos. Esses sinais são transferidos às células bipolares e, em seguida, às células ganglionares, as quais sofrem despolarização e geram o impulso nervoso, encaminhado ao encéfalo pelo nervo óptico.

Ilustrações produzidas com base em: TORTORA, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 304, 305.

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

MODERNA

INVESTIGUE

Sistema Braille

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Contextualização

Criado em 1825 pelo francês Louis Braille (1809-1852), o sistema Braille é um método que possibilita às pessoas com deficiência visual ler e escrever usando o sentido do tato. Esse sistema consiste em arranjos de seis pontos em relevo (duas colunas, três pontos cada), os quais possibilitam a formação de 63 símbolos diferentes, utilizados para escrever palavras. Com as pontas dos dedos sobre pontos em relevo, a maioria dos leitores que domina esse sistema consegue ler, em média, 104 palavras por minuto.

SUMIT SANYAL/SOPA IMAGES/GETTY IMAGES

Estudante deficiente visual fazendo leitura de livro em sistema Braille, Índia (2020).

a) Que tipos de estímulos e receptores sensoriais estão associados ao sentido necessário para a leitura no sistema Braille?

b) A sensibilidade da pele ao toque é a mesma em todas as partes do corpo? Explique.

c) A capacidade de percepção e diferenciação de dois pontos (dois estímulos) distintos é influenciada pela região do corpo e pela distância entre esses pontos? Justifique sua resposta.

Orientações

Tenha cuidado ao manipular objetos pontiagudos. Peça ajuda a um adulto.

Junte-se a três colegas e elaborem um roteiro de investigação para verificar as variáveis que podem interferir na sensação tátil. No roteiro, contemplem as questões a seguir.

- Quais são os materiais necessários para a montagem dessa investigação?
- Quais variáveis devem ser levadas em consideração para realizar a investigação?
- Qual(is) parte(s) do corpo humano deve(m) ser utilizada(s) na investigação?
- Quais são os cuidados necessários durante a realização da atividade?
- Como serão registrados os dados observados?
- O que deve ser feito com os materiais após a realização da atividade?

Durante a execução da atividade, procurem soluções para os possíveis problemas e dificuldades que surgirem e registrem, por meio de fotografias, cada etapa da investigação, bem como os resultados obtidos. Pesquisem as informações necessárias para a montagem dessa investigação em livros, artigos científicos e *sites* confiáveis.

Análise e divulgação dos dados

Produzam um cartaz explicativo, que contemple todo o processo de montagem, execução e quais foram os resultados obtidos durante a investigação. Nesse cartaz, vocês podem ilustrar o corpo humano e indicar nele, por meio das fotografias e dos resultados obtidos, cada parte do corpo. Exponham o cartaz para a comunidade escolar. Incluam nele as respostas das questões a seguir.

1. As hipóteses levantadas no início da investigação foram aceitas ou refutadas? Explique.
2. Vocês detectaram diferença de sensibilidade entre as partes do corpo humano investigadas? Justifiquem a resposta.
3. Quais os principais receptores sensoriais envolvidos nessa investigação? Pesquisem sobre o assunto, se necessário.
4. Como os receptores sensoriais investigados nessa atividade podem auxiliar na proteção do corpo humano?

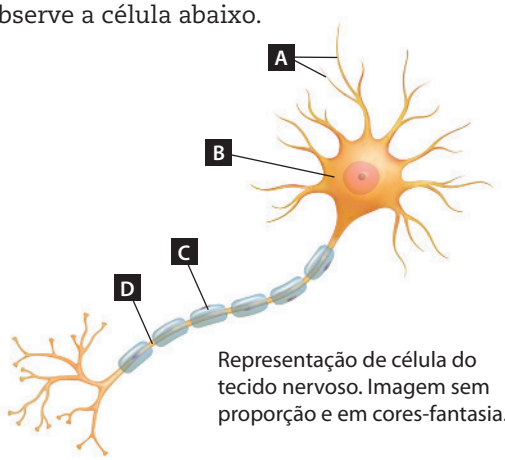
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **1** e **4** no **Suplemento para o professor**.

1. Observe a célula abaixo.



ALDONA GRISKEVICIENE/SHUTTERSTOCK

Representação de célula do tecido nervoso. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

a) Qual é a importância desse tipo celular para o funcionamento do corpo humano?

b) Identifique cada uma das partes indicadas na imagem, descrevendo a sua importância.

c) Embora a maioria dos neurônios apresentem bainha de mielina, como o representado acima, alguns podem não apresentar essa camada de lipídios.

Qual é a importância dessa bainha para a transmissão do impulso nervoso? Elabore um esquema explicativo, comparando um neurônio mielínico com um neurônio amielínico.

2. **(Uece-CE)** O mal de Alzheimer era considerado uma doença que surgia devido à degeneração das células do hipocampo, área cerebral da qual dependem os mecanismos da memória. No entanto, pesquisadores italianos publicaram estudo na revista *Nature Communications*, em abril de 2017, no qual afirmaram que o mecanismo de origem da doença está na área tegmental ventral, onde é produzida a dopamina.

Fonte: <https://www.jornalciencia.com/pesquisadores-italianos-podem-ter-descoberto-a-causa-do-alzheimer/>. Acesso em: 12 set. 2020.

Em relação ao sistema nervoso, é correto afirmar que

a) é organizado em: 1. central, responsável pela condução de informação entre os órgãos receptores, o sistema nervoso periférico e os órgãos efetores, e 2. periférico, que realiza o processamento e integração de informações.

b) o córtex cerebral apresenta lobos que coordenam funções específicas, e são denominados de acordo com os ossos cranianos que os recobrem, a saber: parental, temporal, occipital e olfativo.

c) o tálamo e o hipotálamo ficam embaixo do cérebro. O tálamo é uma estrutura do tamanho de um grão de ervilha e é importante para o controle das emoções e regulação da homeostase corporal.

d) a medula espinhal é um cordão cilíndrico, com um canal interno, revestido por três membranas fibrosas, as meninges, denominadas de: dura-máter, aracnoide e pia-máter.

Alternativa **d**.

3. **(UEPB-PB)** Sobre o tecido nervoso são apresentadas as proposições a seguir.

I) O tecido nervoso é composto pelos neurônios, que são células especializadas na condução de impulsos nervosos, e pelos gliócitos, cuja função é envolver, proteger e nutrir os neurônios.

II) Quanto à função geral, os neurônios podem ser classificados em sensitivos, motores e associativos.

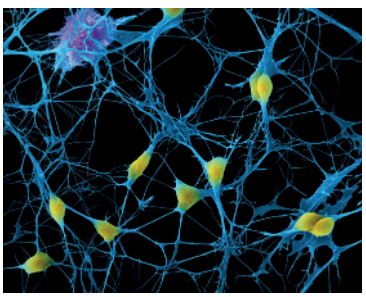
III) As sinapses nervosas geralmente ocorrem entre o axônio de um neurônio e o dendrito de outro, mas também podem ocorrer sinapses entre um axônio e um corpo celular, entre dois axônios ou entre um axônio e uma célula muscular.

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

a) I e II, apenas.
b) I, II e III.
c) I, apenas.
d) II, apenas.
e) II e III, apenas.

Alternativa **b**.

4. Algumas doenças estão relacionadas à morte de neurônios, os quais são incapazes de se multiplicar, prejudicando, assim, as funções mediadas pelo sistema nervoso. O Alzheimer é um exemplo de doença que atinge o sistema nervoso e se caracteriza, por exemplo, pela perda de memória recente. Estudos têm demonstrado que, no cérebro de pessoas afetadas por tal doença, os astrócitos, um tipo de célula da glia, estavam danificados.



DENNIS KUNKEL MICROSCOPY/SPL/FOTOARENA

Micrografia mostrando neurônios e um astrócito (célula maior no canto superior esquerdo) em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 295 vezes. Cores artificiais.

a) Qual é a importância das células da glia ou gliócitos?

b) Pesquise sobre os papéis desempenhados pelos astrócitos de modo que prejuízos nesse tipo celular possam estar relacionados a doenças neurodegenerativas.

c) Qual é a importância de se conhecer os mecanismos de ação das doenças e o modo como elas afetam o funcionamento adequado do organismo?

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

COPIA

Respostas das questões **7** e **8** no **Suplemento para o professor**.

5. **(UEPG-PR)** Quando um neurônio é estimulado, ocorre uma onda de alterações elétricas que percorre a membrana do neurônio, dos dendritos em direção ao axônio. Identifique o que for correto a respeito da propagação do impulso nervoso.

01) A alteração elétrica é chamada de despolarização, a qual consiste em uma inversão brusca de cargas em uma pequena área da membrana plasmática. Nesse local, a superfície interna da membrana torna-se momentaneamente mais positiva que a externa.

02) As alterações elétricas na membrana plasmática do neurônio, durante o impulso nervoso, ocorrem devido às mudanças temporárias em sua permeabilidade aos íons sódio e aos íons potássio.

04) A alteração (inversão) da carga elétrica da membrana plasmática durante a despolarização é chamada de potencial de ação. Enquanto uma área despolarizada da membrana está se repolarizando, outra imediatamente à sua frente está se despolarizando.

08) Durante o processo de despolarização da membrana plasmática, a superfície interna da membrana torna-se momentaneamente mais negativa que a externa. Na fase de repolarização ocorre o inverso, ou seja, a superfície interna torna-se bem mais positiva que a externa.

16) Ao atingir a extremidade de um axônio, o impulso nervoso deve ser transmitido a outro neurônio. A região de proximidade entre o axônio e a célula vizinha, por onde se dá a transmissão do impulso nervoso, é chamada de fenda sináptica.

Soma: 01 + 02 + 04 + 16 = 23

6. **(Fatec-PR)** Além da fala e da escrita, podemos perceber o ambiente que nos cerca de várias maneiras diferentes: vendo, ouvindo, cheirando, apalpando e sentindo sabores. Ao processar essas informações, nossa mente as interpreta como sinais de perigo, sensações agradáveis ou desagradáveis etc. Depois dessas interpretações, respondemos aos estímulos do ambiente, interagindo com ele.

Considerando que a capacidade de perceber o ambiente depende de células altamente especializadas, é correto afirmar que

a) os receptores sensoriais humanos responsáveis pelos sentidos do olfato e da gustação são classificados como termorreceptores.

b) as células fotorreceptoras cones e bastonetes do olho humano concentram-se na córnea, onde ocorre a formação da imagem.

c) a percepção do tato é realizada por receptores sensoriais de pressão, que se localizam apenas nas palmas das mãos e nas plantas dos pés.

d) a orelha interna humana inclui três ossículos (martelo, bigorna e estribo), que amplificam as ondas sonoras, transmitindo-as para o tímpano.

e) a íris é comparável ao diafragma ajustável das máquinas fotográficas, pois regula a quantidade de luz que entra no olho para garantir uma perfeita visão.

Alternativa **e**.

7. Ao longo do tempo, a ortopedia teve grandes avanços, como o desenvolvimento de membros biônicos que substituem partes do corpo humano por aparelhos robóticos. Isso possibilita às pessoas que utilizam esse membro realizar movimentos muitas vezes minuciosos.

SPUTNIK/GLOW IMAGES

Criança durante a Cybathlon, na Rússia (2016), um torneio internacional em que deficientes físicos competem entre si para concluir tarefas diárias.

a) Os membros biônicos, como o mostrado na imagem, são compostos de diferentes tipos de materiais e peças, que, juntos, desempenham o papel de quais sistemas do corpo humano? Justifique sua resposta.

b) Qual é a importância da tecnologia para o desenvolvimento de membros biônicos? Se necessário, faça uma pesquisa.

c) Equipamentos mais recentes possibilitam a percepção do tato. Nesse caso, as sensações táteis são captadas por sensores nos membros biônicos e enviados ao encéfalo sob a forma de sinais elétricos. No corpo humano, a que se referem tais sensores e sinais elétricos citados? Explique a importância deles para a transmissão de informação no organismo humano.

8. Em algumas situações, por exemplo, durante a prática de esportes radicais, o corpo passa por uma situação de estresse, que causa mudanças fisiológicas, como dilatação das pupilas, aumento da frequência cardíaca e da pressão arterial, promovendo maior fluxo sanguíneo. Pesquise sobre esse assunto e responda às questões a seguir.

JANE_ZH/SHUTTERSTOCK

Pessoa saltando de *bungee-jump* em uma ponte na Ucrânia (2020). Nesse tipo de esporte radical, as pessoas se jogam de grandes alturas, presas a cordas elásticas.

a) Que hormônios estão envolvidos nas mudanças fisiológicas citadas acima e como cada um desses hormônios atua no organismo?

b) Quais são as glândulas do organismo envolvidas na produção e na liberação dos hormônios citados no item **a**?

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

MODERNA

CAPÍTULO

3

Movimentos do corpo humano

Momento de uma força

Observe a imagem a seguir.

MASTER 1305/SHUTTERSTOCK

Imagem sequencial do movimento de uma atleta de vôlei.

1. Como os esforços dos músculos contribuem para realizar o movimento do corpo humano?
2. Em quais partes do corpo da atleta podemos identificar o sistema de alavanca? Classifique-as de acordo com o seu tipo.

1. O movimento do corpo humano acontece por meio da tração dos músculos sobre os ossos. Quando os músculos se contraem, eles puxam os ossos e geram o movimento.

2. Espera-se que os estudantes identifiquem esse movimento nas seguintes partes: braços, tronco, pernas e pés, nas quais acontece o sistema de alavanca, classificada de acordo com seu respectivo tipo: interfixa, interpotente ou inter-resistente.

Para golpear uma bola de vôlei, realizando o movimento da imagem acima, seria necessário aplicar força sobre ela. Para isso, os sistemas do corpo humano (muscular, esquelético, articular e nervoso) trabalham em intensa atividade, formando um sistema de alavanca.

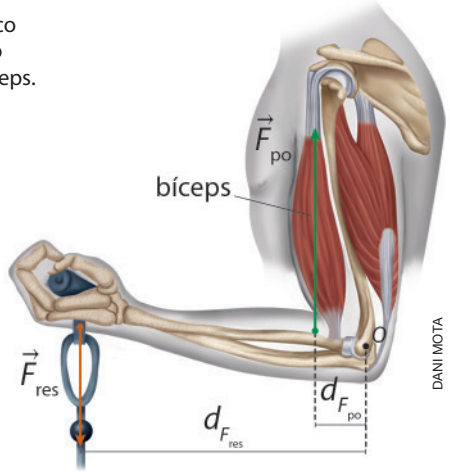
As alavancas são sistemas mecânicos compostos de um corpo extenso e rígido que pode realizar movimentos de rotação em relação a um ponto fixo e multiplicar sua força mecânica. Assim, por meio do movimento de rotação dos braços, a atleta aplica força sobre a bola, alterando seu estado de movimento.

Em academias, é comum a prática de exercícios destinados ao fortalecimento de dois músculos que constituem o braço: o bíceps e o tríceps. Para isso, os exercícios são realizados mantendo o braço imóvel e movimentando o antebraço, formando um sistema de alavanca.

Utilizando um tipo de aparelho que tenha o objetivo de exercitar o bíceps, uma pessoa deve aplicar a força para cima, mantendo os cotovelos imóveis. Assim, observa-se a rotação do antebraço para cima por meio da contração do bíceps, cujo eixo de rotação corresponde ao cotovelo. Nesse tipo de exercício, forma-se um sistema de **alavanca interpotente**, em que a força potente é concentrada entre o ponto de aplicação da força resistente e o ponto fixo (cotovelo), como mostram as imagens a seguir.

JASMINKO IBRAKOVIC/SHUTTERSTOCK

Exercício físico destinado ao treino de bíceps.



DANI MOTA

Representação do esquema de alavanca interpotente durante a realização do treino de bíceps. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

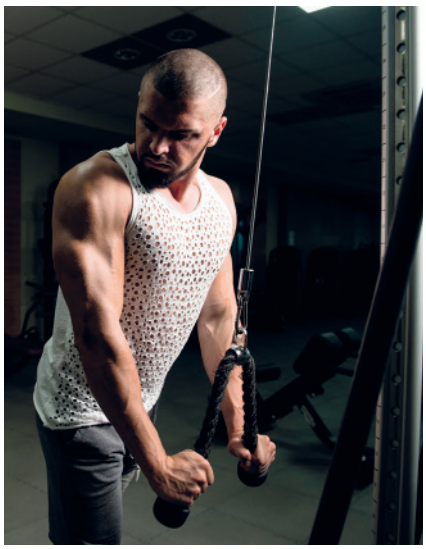
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). *Cinesiologia*: parte 2: força torque e alavancas. p. 74. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3959896/mod_resource/content/1/2_cinesiologia_forca_torque_alavancas.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

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

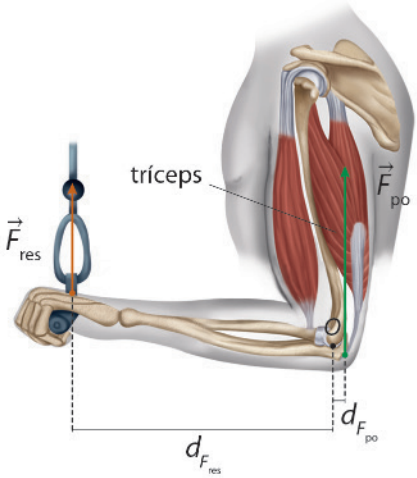
MODERNA

Entretanto, quando o mesmo aparelho é utilizado para exercitar o tríceps, observa-se que o movimento do antebraço é inverso, isto é, ele executa o movimento de rotação para baixo. Nesse caso, o braço, o antebraço e o cotovelo formam um sistema de **alavanca interfixa**, em que o ponto fixo (cotovelo) está localizando entre o ponto da ação da força potente e o da força resistente, como mostram as imagens a seguir.

JASMINKO IBRAKOVIC/SHUTTERSTOCK



Exercício físico destinado ao treino de tríceps.



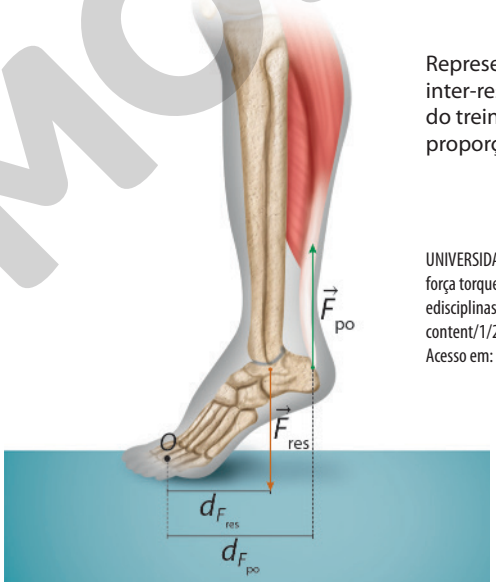
Representação do esquema de alavanca interfixa durante a realização do treino de tríceps. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). *Cinesiologia*: parte 2: força torque e alavancas. p. 74. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3959896/mod_resource/content/1/2_cinesiologia_forca_torque_alavancas.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Alguns exercícios são praticados para o fortalecimento do músculo da panturrilha, um importante músculo esforçado quando caminhamos, corremos ou subimos algum degrau. O exercício consiste em manter os dedos do pé fixos no chão e elevar o calcanhar, executando o movimento de rotação do pé. Nesse caso, o calcanhar, a planta do pé e os dedos formam um sistema de **alavanca inter-resistente**, em que a força resistente está localizada entre o ponto de ação da força potente e o ponto fixo (dedos do pé), como mostram as imagens a seguir.

JASMINKO IBRAKOVIC/SHUTTERSTOCK

Exercício físico destinado ao treino de panturrilha.



ILUSTRAÇÕES: DANI MOTA

Representação do esquema de alavanca inter-resistente durante a realização do treino de panturrilha. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). *Cinesiologia*: parte 2: força torque e alavancas. p. 75. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3959896/mod_resource/content/1/2_cinesiologia_forca_torque_alavancas.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Para cada movimento do corpo humano composto de um sistema de alavanca, há a rotação do braço de alavanca (corpo extenso) em torno de um ponto fixo (eixo de rotação). Esse efeito de movimento de rotação causado pela ação das forças potente e resistente é chamado **momento da força** ou **torque**, isto é, a ação das forças tende a produzir o movimento de rotação do corpo extenso.

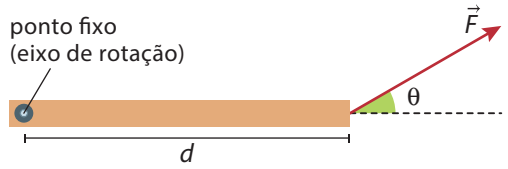
MODERNA

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

O momento da força ou torque é uma grandeza vetorial que altera o estado de movimento de rotação de um corpo extenso. Sua intensidade é definida por:

$$M = F \cdot d \cdot \operatorname{sen} \theta$$

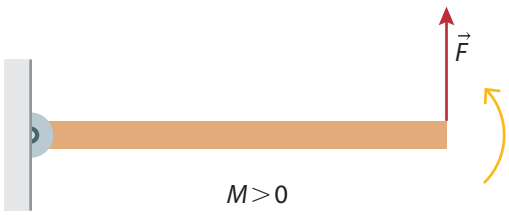
em que F é a intensidade do vetor força $\vec{F}$ que tende a produzir a rotação, d é a distância entre o ponto de aplicação da força e o eixo de rotação e θ é o ângulo entre o vetor força e o braço de alavanca, como mostra a imagem ao lado. No Sistema Internacional de Unidades (SI), o momento da força é medido em N • m.



Representação de uma força aplicada em uma alavanca. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Somente forças perpendiculares ao braço de alavanca podem produzir torque, por isso, a função seno garante que qualquer força aplicada sobre o corpo extenso considere apenas sua componente perpendicular.

Apesar de o momento da força ser uma grandeza vetorial, trataremos apenas do efeito de rotação em torno de um único eixo. Assim, não exploraremos maiores detalhes vetoriais. Entretanto, é necessário definir e diferenciar se o movimento de rotação tem sentido horário ou anti-horário. Portanto, por convenção, o momento da força ou torque é definido como positivo quando a rotação ocorre no sentido anti-horário e é definido como negativo quando a rotação se dá no sentido horário.



O momento da força que faz com que o braço da alavanca gire no sentido anti-horário é positivo.

O momento da força que faz com que o braço da alavanca gire no sentido horário é negativo.

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Equilíbrio de corpo extenso

Para que um corpo esteja em equilíbrio, é necessário que a resultante das forças que agem sobre ele seja nula. Isso garante que o corpo fique em repouso (**equilíbrio estático**) ou descreva o movimento retilíneo uniforme (**equilíbrio dinâmico**). Caso contrário, se o corpo não estiver em equilíbrio, isto é, quando a resultante das forças não é nula, ele descreverá um movimento variado, do tipo acelerado ou retardado, ou, até mesmo, trajetórias curvilíneas.

Para os corpos extensos – corpos cujas dimensões não podem ser desprezadas –, o equilíbrio é atingido quando, além de manter sua velocidade constante, evita-se que o corpo gire. Assim, para que corpos extensos mantenham o estado de equilíbrio, além de a resultante das forças ser nula, o momento resultante (ou torque resultante) também deve ser nulo.

equilíbrio

- Equilíbrio estático: repouso
- Equilíbrio dinâmico: velocidade linear e/ou velocidade de rotação constante

Intensidade da força resultante (soma das forças) igual a zero $\sum_n F_{x_n} = 0$ e $\sum_n F_{y_n} = 0$

Torque resultante (soma dos torques) igual a zero $\sum_n M_n = 0$

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

MODERNA

ET GO HOME/SHUTTERSTOCK

Pessoa praticando *slackline*.

3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes citem o equilíbrio como o maior fator de dificuldade para a prática do *slackline*.

Observe a fotografia ao lado.

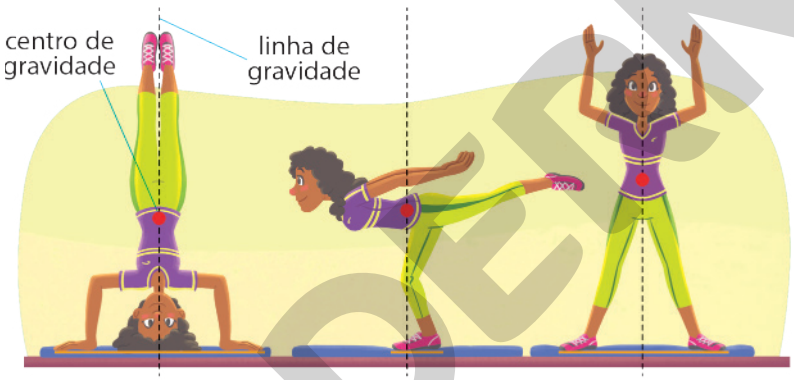
O *slackline* é um esporte que exige muito equilíbrio. Considerado uma atividade física completa – que envolve resistência física, consciência corporal e concentração –, o *slackline* contribui para o aperfeiçoamento de outros esportes, como o atletismo, a caminhada, o surfe etc., além de oferecer benefícios à saúde.

3. Em sua opinião, qual é a maior dificuldade para a prática desse esporte?

4. Você já praticou algum esporte em que teve que manter seu equilíbrio? Como o fez? Resposta pessoal. O objetivo desta questão é explorar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o equilíbrio dos corpos e aproximar o conteúdo ao seu cotidiano.

Esse esporte consiste em uma fita estreita estendida entre dois pontos distantes do solo, em que uma pessoa deve se manter em equilíbrio ao caminhar sobre ela. Para isso, o praticante de *slackline* deve manter o **centro de gravidade** na mesma vertical da corda, para não perder o equilíbrio.

O centro de gravidade é a posição geométrica, em um corpo extenso, na qual é possível considerar a ação única da força peso. Assim, em várias situações, define-se o centro de gravidade como uma posição geométrica de equilíbrio.



FABIO EIJI SIRASUMA

Movimentos com o corpo em equilíbrio. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Nos casos em que o centro de gravidade se localiza fora da linha de gravidade, tem-se o desequilíbrio, o que pode provocar, por exemplo, a queda de uma pessoa.

Para um campo gravitacional constante, a posição do centro de gravidade – ponto de aplicação da força peso – coincide com o mesmo ponto no qual toda a massa de um corpo pode ser concentrada. Esse ponto é chamado posição de **centro de massa**. Em corpos simétricos, cuja massa é uniformemente distribuída, seu centro de massa coincide com seu centro geométrico.

O corpo humano e suas inúmeras articulações atuam em conjunto para que possamos ficar de pé e caminhar. Como um professor de artes marciais bem sabe, o conhecimento sobre o centro de massa de um corpo é fundamental para que o equilíbrio aconteça, inclusive durante as práticas das lutas. O centro de massa do corpo humano está localizado nas proximidades do umbigo. O ato de dobrar os joelhos e distanciar os pés contribui para alcançar o equilíbrio ao confrontar o oponente, pois deixa os pontos de apoio mais afastados e o centro de massa mais próximo do solo.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

O centro de gravidade e o centro de massa desempenham um papel importante no cotidiano. A determinação de suas posições relativas pode determinar também o tipo de equilíbrio. Suas aplicações estão em várias situações do dia a dia, como na movimentação de cargas ou no desempenho do corpo humano.

- Pesquise os benefícios que o conhecimento do ponto de centro de gravidade e do centro de massa possibilita às pessoas no desenvolvimento de práticas e atividades do cotidiano e converse com um colega sobre eles.

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

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Equilibrando

Contextualização

a) Olhando a seu redor, você seria capaz de identificar situações em que ocorre o equilíbrio de um corpo?

b) Você sabe quais são as condições necessárias para que os corpos permaneçam em equilíbrio?

O equilíbrio está presente em diversas situações de nosso cotidiano, desde as mais simples, como caminhar ou correr, até as mais complexas, por exemplo, a construção de prédios e esculturas que impressionam pela engenhosidade e pela forma como se mantêm equilibradas.

Podemos percebê-lo, ainda, na maioria dos esportes e nas artes circenses, que já eram praticadas há milhares de anos pelas civilizações da Antiguidade.

O circo surgiu como uma forma de espetáculo reunindo diferentes tipos de apresentação e de demonstração de habilidades, como o número na corda bamba. Nele, o equilibrista caminha sobre uma corda esticada na horizontal, a vários metros de distância do solo. Para auxiliar no equilíbrio, o artista abre os braços ou carrega consigo uma vara comprida, como na imagem ao lado. Você sabe por quê?

SERGEY POZHOGA/SHUTTERSTOCK

II Festival Internacional de Arte de Circo de Minsk, Bielorrússia (2019).

Orientações

Junte-se a três colegas e investiguem, por meio de movimentos individuais realizados com o corpo, em que situações o equilíbrio pode ou não ser mantido.

Elaborem no caderno um roteiro da investigação, respondendo às seguintes questões.

- Os conteúdos trabalhados durante o capítulo serão importantes para nossa investigação?
- Devemos construir um repertório de movimentos, posturas e posições com o corpo?
- Quais materiais vamos precisar para realizar a atividade?
- Quais grandezas físicas deverão ser observadas durante a realização da investigação?
- Os movimentos deverão ser repetidos mais de uma vez?
- Quais cuidados devemos ter durante a investigação?
- De que maneira vamos organizar os dados observados e os resultados obtidos?

Conduzam a investigação buscando soluções para os possíveis problemas que surgirem, anotando no caderno as etapas e as observações, a fim de criarem hipóteses para o estabelecimento ou não do equilíbrio corporal. Durante a execução do experimento, registrem suas etapas por meio de um vídeo.

Análise e divulgação dos dados

O vídeo registrado e editado por vocês será utilizado para compartilhar com o restante da turma os procedimentos e os resultados da atividade. Para isso, indiquem a maior quantidade possível de etapas e procedimentos, os dados obtidos no decorrer da investigação e suas conclusões.

Incluam nas explicações as respostas das questões a seguir.

1. Todos os movimentos corporais propostos por vocês puderam ser realizados?
2. Vocês tiveram dificuldades em manter o equilíbrio do corpo ao realizar algum dos movimentos propostos?
3. Qual foi a maneira que vocês encontraram para realizar os movimentos e manter o equilíbrio?
4. Para que se consiga o equilíbrio estático corporal ao realizar movimentos com o corpo, basta apenas ter vigor muscular para promover a postura ou é necessário considerar os conceitos físicos estudados?

Por fim, façam a apresentação do vídeo para os colegas e proporcionem um momento para que o grupo responda às questões ou dúvidas que eles possam ter.

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

MODERNA

ATIVIDADES

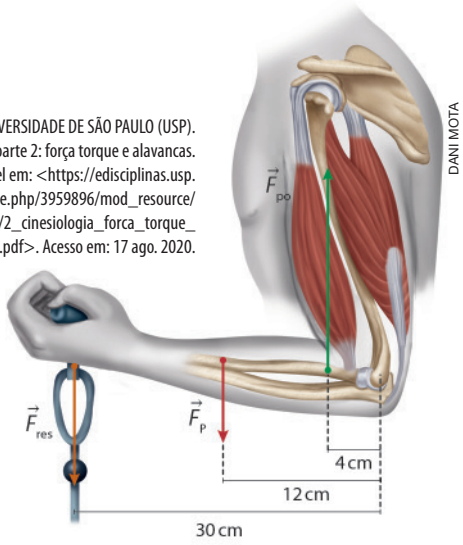
Registre em seu caderno.

5. Divida as 9 esferas em 3 grupos de 3 esferas. Coloque um grupo por prato da balança, de modo que um grupo fique de fora. Se a balança ficar equilibrada, significa que a esfera de maior massa está no grupo que ficou fora da balança. Se a balança pender para um lado, significa que ali está a esfera de maior massa. Assim, descobrimos em qual dos grupos está a esfera com massa diferente. Em seguida, retire as esferas dos pratos e repita o processo apenas com o grupo que contém a esfera de maior massa, colocando uma esfera em cada prato, de modo que uma delas fique fora da balança. Caso a balança penda para algum lado, aquela é a esfera de maior massa. Caso a balança se equilibre, a esfera que ficou de fora é a de maior massa.

Respostas das questões **1**, **2** e **4** no **Suplemento para o professor**.

1. Exercícios físicos para o fortalecimento dos bíceps são bastante comuns nas academias. Considere que o conjunto de antebraço e mão tem 2,5 kg de massa, com a força peso agindo em um ponto a 12 cm do cotovelo. A figura mostra a realização de um exercício no qual uma pessoa está equilibrando o antebraço na horizontal, em repouso, e com a mão sustentando um cabo que exerce sobre ela uma força de resistência com intensidade de 60 N, para baixo.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). *Cinesiologia*: parte 2: força torque e alavancas. p. 74. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3959896/mod_resource/content/1/2_cinesiologia_forca_torque_alavancas.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.



DANI MOTA

Representação da ação do músculo do bíceps durante a realização de um exercício físico. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

a) Qual é a intensidade do torque gerado no antebraço devido às forças peso do antebraço e da mão? A tendência de giro ocorre no sentido horário ou anti-horário? Considere $g = 10\,m/s^2$.

b) Qual é a intensidade do torque gerado no antebraço devido à força de resistência? A tendência de giro ocorre no sentido horário ou anti-horário?

c) Qual é a intensidade da força realizada pelo bíceps para que o antebraço se mantenha em repouso?

d) Cite outras partes do corpo humano em que existem sistemas de alavancas.

e) Você considera importante realizar atividades físicas? Por quê?

2. Em armários e guarda-roupas, geralmente, os puxadores das gavetas são fixados no centro da placa; já os puxadores de portas são colocados na extremidade oposta às dobradiças. Explique por que existe essa diferença na montagem da porta, baseando-se nos conceitos estudados.

3. **(Uece-CE)** Espacate é um movimento ginástico que consiste na abertura das pernas até que formem um ângulo de 180° entre si, sem flexionar os joelhos. Considere uma posição intermediária, em que um(a) atleta de 70 kg faça uma abertura de 120°. A força normal feita pelo solo no pé do(a) atleta exerce um torque sobre sua perna em relação a um ponto no centro do seu quadril. Pode-se estimar esse torque assumindo que a distância entre o ponto de aplicação da força e o ponto central é 1 m e que a aceleração da gravidade é $10\,m/s^2$. Assim, é correto dizer que esse torque, em N · m, é aproximadamente

a) 350 · sen(60°).

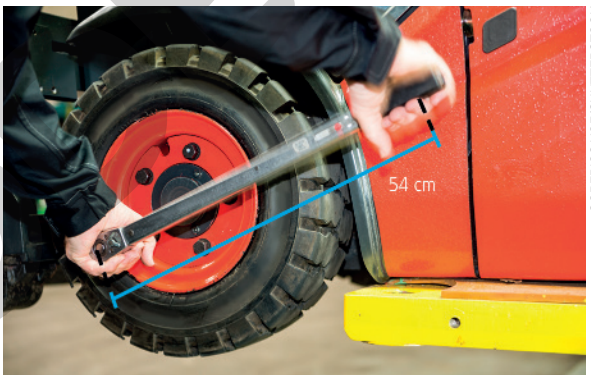
b) 350 · cos(60°).

c) 350 · cos(120°).

d) 700 · cos(60°).

Alternativa **a**.

4. O torquímetro é um aparelho que mede o torque aplicado em parafusos ou porcas que exigem precisão em sua fixação, como mostrado na fotografia.

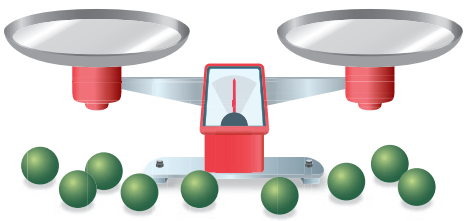


COREPICS VOF/SHUTTERSTOCK

Pessoa utilizando um torquímetro.

Calcule o valor da força que deve ser aplicada nesse torquímetro para que uma porca receba um torque de 270 N · m.

5. Considere que nove esferas possuem o mesmo tamanho e cor, sendo que oito delas têm massas idênticas e uma tem massa maior. Explique como identificar a esfera que tem massa diferente utilizando uma balança por apenas duas vezes.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação de uma balança com dois pratos. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

CAPÍTULO

4

Prática de esportes

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes comentem sobre o esporte que mais gostam de praticar. Caso não tenham o hábito de se exercitar, eles podem comentar sobre a modalidade que mais lhes chama a atenção.

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes mencionem benefícios como agilidade motora e mental, disposição para a realização das tarefas diárias etc.

Estudando os movimentos dos corpos

1. Você realiza a prática de alguma modalidade esportiva? Cite a sua preferida.

2. Quais benefícios o esporte traz para saúde de quem o pratica? Comente com os colegas.

Muitas modalidades esportivas necessitam da utilização de equipamentos de proteção, como capacetes, óculos, tênis apropriados, joelheiras, etc. Esses equipamentos protegem a integridade física dos esportistas em casos de acidentes. Portanto, pratique esportes com a devida proteção.

A prática de esportes promove uma importante função para a manutenção da saúde do ser humano, contribuindo para o desenvolvimento de aptidões físicas, para a qualidade de vida e até mesmo para a integração social.

O corpo humano é capaz de realizar diversos tipos de movimento – muitos deles são percebidos na prática de esportes. Por exemplo, em diversas modalidades esportivas, os atletas precisam correr, saltar, arremessar objetos, nadar, pedalar, erguer pesos, etc. Em todas as atividades mencionadas, é possível analisar vários movimentos do ponto de vista da Física.

PAOLO BONA/SHUTTERSTOCK

Na natação, por exemplo, a **velocidade** e a **aceleração** são conceitos fundamentais que definem um atleta campeão. Nesse tipo de prova, os atletas nadam em raias que delimitam a trajetória do movimento, descrevendo um **movimento retilíneo**.

Atletas durante uma competição de natação.

WAVE BREAK MEDIA/SHUTTERSTOCK

O arremesso de martelo é realizado com o lançamento de uma esfera massiva de metal, a qual é presa um cabo de aço que o atleta segura firmemente na extremidade oposta. Para arremessá-la o mais distante possível, o atleta faz a esfera girar rapidamente em torno de seu corpo, adquirindo grande velocidade. A trajetória do movimento da esfera descreve um **movimento circular**.

Atleta durante o arremesso de martelo.

IVAN SMUK/SHUTTERSTOCK

Na canoagem de velocidade, após a etapa de largada, os atletas mantêm um ritmo constante de remadas. Neste momento, a canoa (embarcação a remo) descreve, aproximadamente, um **movimento uniforme**, isto é, um movimento cuja velocidade é constante.

Atletas praticando canoagem.

CHRIS HYDE/GETTY IMAGES

Já no esqueite, a velocidade diminui ao realizar o movimento para subir a rampa e aumenta quando a desce. Essas variações na velocidade são causadas pela aceleração gravitacional da Terra, a qual pode ser considerada constante para pontos próximos à superfície terrestre. Um movimento submetido a uma aceleração constante é chamado de **movimento uniformemente variado**.

Atleta praticando esqueite.

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

MODERNA

Leia o trecho de reportagem a seguir, sobre o primeiro atleta a correr uma maratona em menos de 2 horas.

> O queniano Eliud Kipchoge fez história no atletismo [...] terminou a prova clássica de 42,195 quilômetros em 1 hora, 59 minutos e 40 segundos.
>
> [...]
>
> Correndo a uma velocidade média de 2 minutos e 50 segundos por quilômetro, que se manteve praticamente constante ao longo da corrida, o queniano completou metade da maratona em 59 minutos e 35 segundos, 11 segundos antes do previsto.
>
> [...]
>
> Queniano completa maratona em menos de duas horas. *Deutsche Welle*, Berlim, 12 out. 2019. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/queniano-completa-maratona-em-menos-de-duas-horas/a-50807017>. Acesso em: 29 jul. 2020.

3. A velocidade da corrida realizada pelo atleta Eliud Kipchoge (1984-) durante toda a maratona foi a mesma?

3. A informação da velocidade do atleta fornecida no texto está relacionada à sua velocidade média, isto é, a média de todas as diferentes velocidades atingidas durante todo seu deslocamento, a qual permaneceu aproximadamente constante ao longo da prova.

A **velocidade** é uma grandeza que representa a rapidez com que um móvel (objeto, pessoa, automóvel etc.) se desloca, portanto, é uma grandeza vetorial, ou seja, que possui módulo, direção e sentido. A média das diferentes velocidades é chamada velocidade média, que é definida pela razão entre o deslocamento $(\Delta\vec{s})$ e o intervalo de tempo (Δt) para a realização do respectivo deslocamento, ou seja:

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}$$

> No Sistema Internacional de Unidades (SI), a velocidade é medida em m/s. Para transformá-la em km/h, é necessário multiplicá-la pelo fator 3,6. Caso a transformação ocorra de km/h para m/s, divide-se por 3,6.

Para movimentos retilíneos, isto é, movimentos unidimensionais e sem alteração de sentido, a direção do vetor velocidade coincide com a direção da trajetória e com a direção do vetor deslocamento. Assim, é possível dirigir nossa atenção apenas para a variação do valor numérico (módulo) da posição, da velocidade e da aceleração. Portanto, podemos escrever a velocidade média como:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Apesar de a maratona não ser oficializada, o feito alcançado por Eliud Kipchoge é impressionante, pois, de acordo com o texto, ele correu 1 km a cada 2 minutos e 50 segundos, isto é, uma velocidade média de aproximadamente 5,9 m/s, a qual permaneceu aproximadamente constante por toda a prova.

FABRICE COFFRINI/AFP

Usain Bolt durante prova dos 100 m rasos que obteve o recorde mundial, Alemanha (2009).

Na modalidade dos 100 m rasos, o atleta inicia seu movimento a partir do repouso e aumenta sua velocidade com o tempo. O recorde mundial dessa prova pertence ao atleta jamaicano Usain Bolt (1986-), que completou a prova em 9 segundos e 58 centésimos, em 2009. Ele atingiu a velocidade de 12 m/s após 3,78 s.

Quando a velocidade de um corpo não é constante ao longo do tempo, significa que ele está sujeito a uma **aceleração**, que é uma grandeza vetorial, definida pela razão da variação da velocidade $(\Delta\vec{v})$ pelo intervalo de tempo (Δt), ou seja:

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Novamente, trabalhando apenas com o módulo da aceleração, podemos escrever a relação acima como:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Nessas condições, para atingir a velocidade de 12 m/s, supondo que Bolt desempenhou uma aceleração constante, ele aumentou sua velocidade em 3,17 m/s a cada segundo, isto é, uma aceleração de aproximadamente 3,17 m/s^2.

> A aceleração é medida, no SI, em metro por segundo ao quadrado (m/s^2).

MODERNA

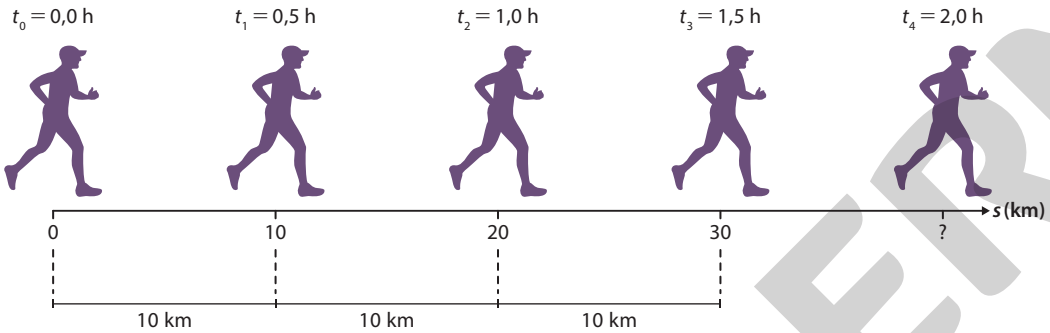
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Movimento uniforme e movimento uniformemente variado

Como vimos, na prática de esportes ou nas situações do cotidiano, podemos perceber a realização de movimentos que são classificados como uniforme, em que módulo, direção e sentido do vetor velocidade permanecem constantes em função do tempo; e uniformemente variado, em que ocorre a variação da velocidade em função do tempo.

As classificações do movimento em uniforme e uniformemente variado são idealizações que contribuem para a compreensão, a descrição e a previsão dos movimentos observados no cotidiano.

Na maratona corrida pelo queniano Eliud Kipchoge, mencionada anteriormente, consideraremos que sua velocidade foi constante e igual a 20 km/h durante todo seu percurso, descrevendo, portanto, um **movimento uniforme**. Supondo que um cronômetro seja iniciado logo após a largada e que as parciais do atleta sejam anotadas a cada 30 minutos (0,5 h), podemos construir o esquema a seguir.



HELOISA PINTARELLI

Representação esquemática de um maratonista desenvolvendo movimento uniforme. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Como conhecemos o valor da velocidade do corredor e da sua posição inicial em relação à linha de largada, é possível fazer o estudo desse movimento com base nas suas posições ocupadas em cada instante de tempo.

A relação que existe entre as posições (s) e os instantes de tempo (t) pode ser expressa por meio da equação geral de uma reta, chamada equação horária das posições do movimento uniforme. Para isso, consideramos a variação de tempo como $\Delta t = t - t_0$ e a variação da posição como $\Delta s = s - s_0$. Como o movimento é uniforme, a velocidade média representa a própria velocidade do movimento, já que ela é a mesma em qualquer instante de tempo, isto é, $v_m = v$. Portanto, a partir da definição de velocidade média, a expressão matemática que descreve o movimento uniforme é dada por:

$$v_m = v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0} \Rightarrow s - s_0 = v \cdot (t - t_0) \therefore \boxed{s = s_0 + v \cdot (t - t_0)}$$

Para o caso em que o instante inicial é zero $(t_0 = 0)$, temos:

$$\boxed{s = s_0 + v \cdot t}$$

Essa equação descreve matematicamente o movimento uniforme. Por meio dela, é possível realizar previsões das posições (s) de um móvel dotado de velocidade constante em qualquer instante de tempo (t). Para isso, basta conhecer as condições iniciais, que são a velocidade e a posição inicial.

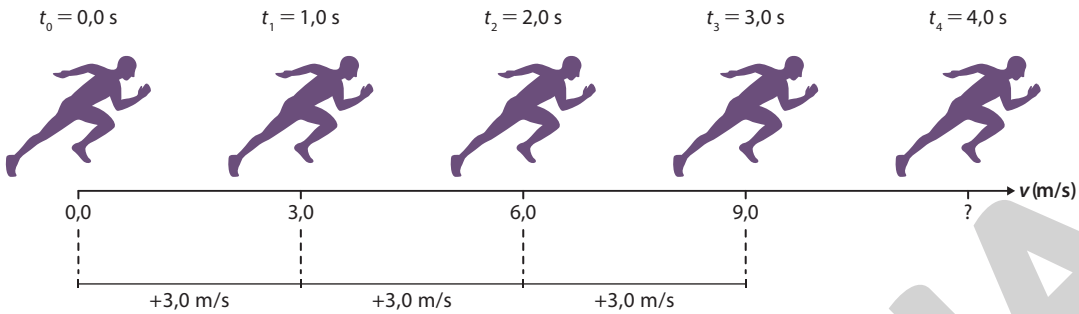
Sendo a velocidade do atleta $v = 20$ km/h e sua posição inicial $s_0 = 0$, sua posição s no instante de tempo $t = 2$ h será:

$$s = 0 + 20 \cdot 2 \therefore s = 40 \text{ km}$$

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

MODERNA

Na prova de atletismo, mencionada anteriormente, realizada por Usain Bolt, consideraremos que sua aceleração foi constante e aproximadamente 3,0 m/s² nos primeiros 30 m de prova, descrevendo, portanto, um **movimento uniformemente variado**. Supondo que um cronômetro seja iniciado a partir da largada e que as parciais do atleta sejam anotadas a cada segundo, podemos construir o esquema a seguir.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação esquemática de um velocista durante prova de atletismo.
Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Como conhecemos o valor de sua aceleração e de sua velocidade inicial, em que inicia seu movimento a partir do repouso, é possível fazer o estudo desse movimento com base nas suas velocidades em cada instante de tempo.

De modo similar ao do movimento uniforme, a relação que existe entre as velocidades (v) e os instantes de tempo (t) pode ser expressa por meio da equação geral de uma reta, neste caso, chamada equação horária da velocidade do movimento uniformemente variado. Para isso, consideramos a variação da velocidade como $\Delta v = v - v_0$ e a variação de tempo como $\Delta t = t - t_0$. A partir da definição de aceleração, a expressão matemática que descreve o comportamento da velocidade de um movimento uniformemente variado é dada por:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} \Rightarrow v - v_0 = a \cdot (t - t_0) \therefore \boxed{v = v_0 + a \cdot (t - t_0)}$$

Para o caso em que o tempo inicial é zero $(t_0 = 0)$, temos:

$$\boxed{v = v_0 + a \cdot t}$$

Essa equação descreve matematicamente a variação da velocidade do movimento uniformemente variado. Por meio dela, é possível realizar previsões das velocidades (v) de um móvel sujeito a uma aceleração constante em qualquer instante de tempo (t). Para isso, basta conhecer as condições iniciais que são a velocidade inicial e a aceleração.

Sendo a velocidade inicial do atleta $v_0 = 0$ e sua aceleração $a = 3$ m/s², sua velocidade v no instante de tempo $t = 4{,}0$ s será:

$$v = 0 + 3 \cdot 4 \therefore v = 12 \text{ m/s}$$

O aumento da velocidade se deve ao fato de a aceleração ser positiva, neste caso, o movimento é classificado como acelerado. No entanto, se a aceleração fosse negativa, a velocidade diminuiria e o movimento seria classificado como retardado.

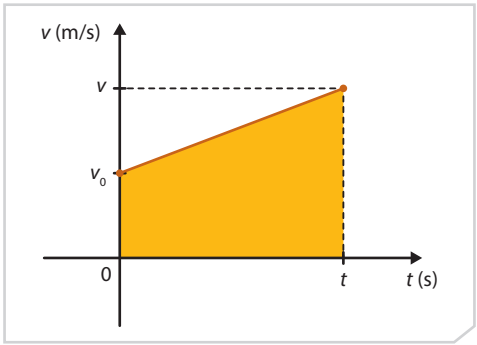
No movimento uniformemente variado também é possível obter uma equação que relaciona as posições (s) do corpo em cada instante (t), chamada **equação horária das posições no movimento uniformemente variado**. Para isso, considere o diagrama das posições em função do tempo a seguir.

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

MODERNA

VELOCIDADE EM FUNÇÃO DO TEMPO DE UM MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO

HELOÍSA PINTARELLI



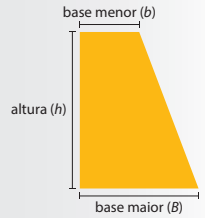
O deslocamento realizado por um corpo no intervalo entre $t_0 = 0$ e t é dado pela área da região delimitada pelo gráfico de velocidade pelo tempo, que, neste caso, corresponde à área de um trapézio:

$$\text{área} \overset{N}{=} \Delta s = s - s_0 = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$$

Portanto, a partir da figura, temos:

$$s - s_0 = \frac{(v + v_0) \cdot t}{2} = \frac{(v + v_0) \cdot t}{2}$$

A área de um trapézio é calculada por $A_{\text{trapézio}} = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$.



Para representar uma dependência apenas em relação ao tempo, a variável v pode ser substituída pela equação horária das velocidades do movimento uniformemente variável, definida anteriormente. Portanto, isso nos leva a seguinte expressão:

$$s - s_0 = \frac{(v_0 + a \cdot t + v_0) \cdot t}{2} = \frac{(2 \cdot v_0 + a \cdot t) \cdot t}{2} \therefore \; s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Por meio desta equação, é possível realizar previsões das posições do móvel em determinados instantes de tempo.

Ainda em relação à prova do recorde de Bolt, sendo $s_0 = 0$ e $v_0 = 0$ e $a = 3\ \text{m/s}^2$, a posição que ele ocupou após 4 s de prova é dada por:

$$s = 0 + 0 \cdot 4 + \frac{3 \cdot 4^2}{2} = \frac{48}{2} \therefore s = 24\ \text{m}$$

É possível definir uma terceira equação que não apresenta dependência temporal. Para isso, pode-se usar a equação horária das velocidades resolvida para o tempo:

$$v = v_0 + a \cdot t \Rightarrow t = \frac{(v - v_0)}{a}$$

Substituindo a relação acima na equação horária das posições para o movimento uniformemente variado, tem-se:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} = s_0 + v_0 \cdot \left(\frac{(v - v_0)}{a}\right) + \frac{a \cdot \left(\frac{(v - v_0)}{a}\right)^2}{2}$$

Fazendo os devidos arranjos dos termos, obtemos a relação conhecida como **equação de Torricelli**, que mostra a dependência entre posição e velocidade, com dependência indireta com o tempo:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot (s - s_0)$$

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

O estudo e a análise do movimento uniforme e uniformemente variado possui grande aplicação por profissionais no cotidiano.

- Junte-se a um colega e pesquise quais profissionais fazem uso das equações de movimento na sua prática de trabalho. Quais os objetivos desses profissionais em fazer uso dessas equações?

  Em seguida, escolha uma das profissões pesquisada e prepare uma apresentação para o restante da turma, a fim de mostrar a importância do estudo do movimento e sua aplicação.

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

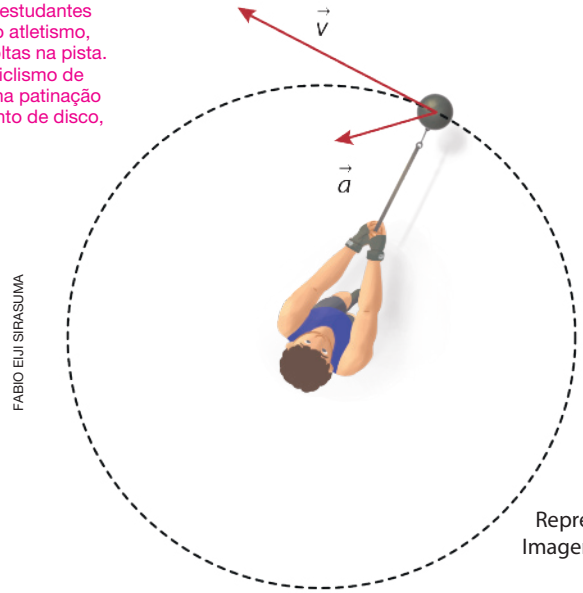
MODERNA

4. Resposta pessoal. Os estudantes podem citar as provas do atletismo, em que os atletas dão voltas na pista. Também podem citar o ciclismo de pista, manobras de giro na patinação ou no esqueite, lançamento de disco, entre outros.

Movimento circular

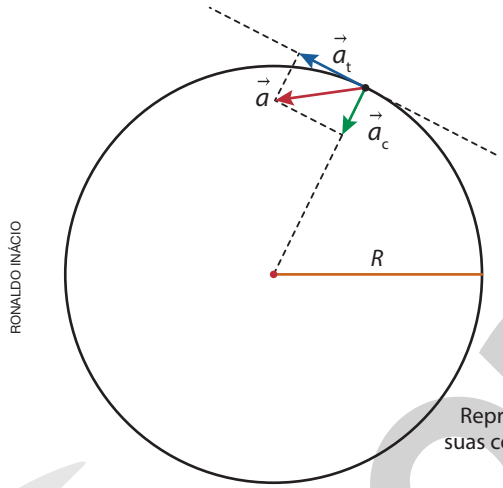
Um movimento é chamado **circular** quando o corpo em estudo descreve uma trajetória curva (ou arco de circunferência). Há vários movimentos que podem ser caracterizados como movimento circular, como na modalidade de lançamento de martelo, descrita no início deste capítulo.

4. Em quais outros esportes, além do lançamento de martelo, podemos encontrar exemplos de movimento circular?



FABIO EIJI SIRASUMA

Representação esquemática da velocidade e aceleração. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.



RONALDO INÁCIO

Representação esquemática da aceleração e suas componentes tangencial e centrípeta.

O movimento circular é estudado utilizando-se as grandezas já apresentadas, como a posição, a velocidade e a aceleração. Entretanto, essas grandezas são analisadas por meio de suas características angulares, baseadas em elementos da circunferência, tal como o raio e o ângulo.

Por exemplo, a aceleração $(\vec{a})$ no movimento circular apresenta duas componentes: a aceleração tangencial $(\vec{a}_t)$ e a aceleração centrípeta $(\vec{a}_c)$, como mostra a imagem ao lado.

A componente tangencial da aceleração está relacionada à variação da intensidade do vetor velocidade do martelo. Ela possui direção tangente à trajetória e seu módulo é dado por:

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Já a componente centrípeta está relacionada com a variação da orientação (direção e sentido) do vetor velocidade do martelo. Ela possui direção radial, com sentido para o centro da trajetória. Seu módulo é calculado por:

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

Portanto, o módulo da aceleração do martelo é dado por $a = \sqrt{a_t^2 + a_c^2}$.

Supondo que o atleta faça com que o martelo gire com velocidade, cujo módulo seja constante, isto é, com aceleração tangencial nula, o período de rotação do martelo é o mesmo que o período de rotação dos braços do atleta. Entretanto, os comprimentos das trajetórias são diferentes. Esse tipo de movimento descrito é chamado **movimento circular uniforme**.

O estudo do movimento circular pode ser realizado com a definição de um referencial bidimensional com a origem sobre o eixo de rotação (O). Considere que determinado corpo executa um movimento circular entre a posição inicial (i) e a posição final (f), descrevendo um arco de circunferência, como mostra a imagem a seguir.

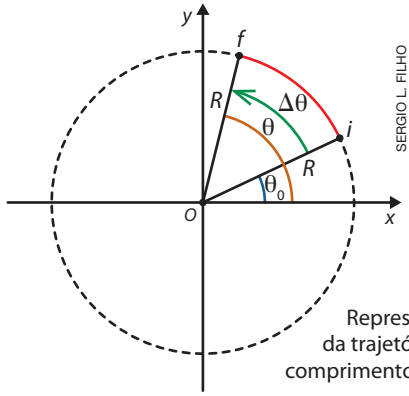
Período de rotação (T) é o intervalo de tempo para cada ciclo, isto é, intervalos regulares de tempo em que o móvel retorna à sua posição inicial. Sua relação é inversamente proporcional à frequência (f), que é definida como o número de ciclos por unidade de tempo, medida, no SI, em s^{-1}, denominado hertz (Hz).
A relação entre período e frequência é inversamente proporcional, de modo que $f = \frac{1}{T}$ ou $T = \frac{1}{f}$.

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

MODERNA

As posições *i* e *f* do corpo são determinadas, respectivamente, pelos segmentos de reta $\overline{Oi}$ e $\overline{Of}$, em relação ao ângulo que elas fazem a partir do eixo *x*. Nesse caso, denomina-se a posição angular inicial como θ_0 e a posição angular final como θ. Portanto, o deslocamento angular, que é definido como a diferença entre a posição angular final e inicial, é dado por:

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0$$



SERGIO L. FILHO

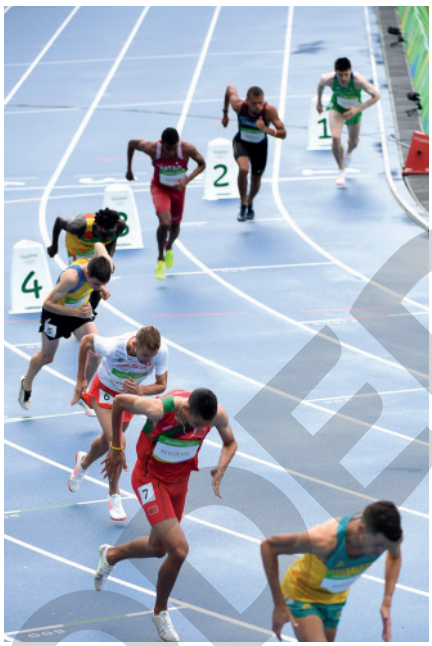
Representação esquemática da trajetória circular e os comprimentos dos ângulos.

A posição angular e o deslocamento angular são expressos em radiano (rad), unidade de medida no SI.

Conforme o corpo realiza um deslocamento angular $\Delta\theta$, ele também realiza um deslocamento linear Δs, que corresponde ao arco de circunferência. A relação entre os deslocamentos angular e linear é dada por:

$$\Delta\theta = \frac{\Delta s}{R} \quad \text{ou} \quad \Delta s = \Delta\theta \cdot R$$

Com base na relação acima, observa-se que a relação entre o deslocamento linear e o raio da circunferência é inversamente proporcional. Por isso, nas provas de atletismo de maiores distâncias, o atleta que ocupa as raias mais externas larga mais à frente dos outros, a fim de compensar o maior comprimento de semicírculo que percorrerá, devido ao maior raio.


PEDRO UGARTE/AFP

Prova de atletismo de 800 m rasos durante os jogos olímpicos no município do Rio de Janeiro (2016).

A rapidez em que ocorre a mudança na posição angular do móvel define-se como velocidade angular ou frequência angular. A média das diferentes velocidades angulares é chamada velocidade angular média, que é definida pela razão entre o deslocamento angular $(\Delta\theta)$ e o intervalo de tempo (Δt) para a realização do respectivo deslocamento, ou seja:

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

A velocidade angular é medida, no SI, em radiano por segundo (rad/s).

Caso seja um **movimento circular uniforme**, isto é, movimento cuja velocidade angular seja constante, a velocidade angular média corresponde à velocidade angular do corpo em qualquer ponto da trajetória. Portanto, podemos considerar $\omega_m = \omega$, ou seja, a velocidade angular média é a própria velocidade angular do movimento. Assim, de forma semelhante ao movimento retilíneo uniforme, podemos escrever a equação horária para a posição angular:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta - \theta_0}{t - t_0} \Rightarrow \theta - \theta_0 = \omega \cdot t \therefore \theta = \theta_0 + \omega \cdot t$$

A partir da relação acima, é possível descrever e prever as posições angulares do corpo que descreve um movimento circular.

Podemos obter uma relação entre a velocidade (*v*) e a velocidade angular (ω). Para isso, divide-se a relação entre o deslocamento linear e o deslocamento angular pela variação de tempo, isto é:

$$\Delta s = \Delta\theta \cdot R \Rightarrow \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \cdot R \therefore v = \omega \cdot R$$

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

MODERNA

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

1. Um nadador pretende atravessar uma piscina de 50 m de comprimento em 62,5 s. Na primeira metade da piscina, ele desenvolve uma velocidade média de módulo 0,5 m/s. Qual deve ser sua velocidade média na segunda metade da piscina para seu objetivo ser alcançado?
$v = 2$ m/s

2. **(Unicamp-SP)** Correr uma maratona requer preparo físico e determinação. A uma pessoa comum se recomenda, para o treino de um dia, repetir 8 vezes a seguinte sequência: correr a distância de 1 km à velocidade de 10,8 km/h e, posteriormente, andar rápido a 7,2 km/h durante dois minutos.

a) Qual será a distância total percorrida pelo atleta ao terminar o treino? $s = 9\,920$ m

b) Para atingir a velocidade de 10,8 km/h, partindo do repouso, o atleta percorre 3 m com aceleração constante. Calcule o módulo da aceleração a do corredor neste trecho.
$a = 1{,}5\ m/s^2$

3. Um ciclista se movendo por uma ciclovia retilínea com velocidade de 36 km/h avista um galho caído no meio da pista a 10 m do local onde ele aciona subitamente os freios. Qual é a aceleração mínima, supostamente constante, que ele deve submeter para não bater no galho caído? Escreva a alternativa correta em seu caderno.

a) $5\ m/s^2$ **b)** $-5\ m/s^2$ **c)** $10\ m/s^2$ **d)** $3\ m/s^2$ **e)** $-3\ m/s^2$
Alternativa **b**.

4. Um atleta de salto ornamental abandona a plataforma de salto de 10 m em queda livre. Estime o tempo que o atleta tem para realizar suas acrobacias e sua velocidade ao entrar na água. Aproximadamente 1,41 s e 14,1 m/s.

5. **(Fuvest-SP)** Em uma tribo indígena de uma ilha tropical, o teste derradeiro de coragem de um jovem é deixar-se cair em um rio, do alto de um penhasco. Um desses jovens se soltou verticalmente, a partir do repouso, de uma altura de 45 m em relação à superfície da água. Em seu caderno, escreva a alternativa que apresenta o tempo decorrido, em segundos, entre o instante em que o jovem iniciou sua queda e aquele em que um espectador, parado no alto do penhasco, ouviu o barulho do impacto do jovem na água.

Note e adote:

Considere o ar em repouso e ignore sua resistência.

Ignore as dimensões das pessoas envolvidas.

Velocidade do som no ar: 360 m/s.

Aceleração da gravidade: $10\ m/s^2$.

a) 3,1. **b)** 4,3. **c)** 5,2. **d)** 6,2. **e)** 7,0.
Alternativa **a**.

6. **(UPF-RS)** Um corpo descreve um movimento circular uniforme cuja trajetória tem 5 m de raio. Considerando que o objeto descreve 2 voltas em 12 s, é possível afirmar que sua velocidade tangencial, em m/s, é de, aproximadamente (considere $\pi = 3{,}14$ rad e escreva a alternativa correta em seu caderno):

a) 3,14 **b)** 5,2 **c)** 15,7 **d)** 6,28 **e)** 31,4
Alternativa **b**.

7. Na modalidade esportiva de lançamento de martelo, antes do arremesso, o atleta realiza movimentos de rotação fazendo o objeto girar junto com seu corpo com o cabo de aço de 1,2 m de comprimento esticado. Suponha que o atleta demore 0,5 s para completar uma volta. Considerando que esse movimento seja circular uniforme, responda:

a) Qual a frequência de seu movimento? $f = 2$ Hz

b) Qual a velocidade angular desse movimento? $\omega = 4 \cdot \pi$ rad/s

c) Antes de iniciar o giro, o atleta posicionou o corpo formando um ângulo π na posição angular inicial. Escreva a equação para a posição angular horária do giro do atleta.
$\theta = \pi + 4 \cdot \pi \cdot t$

d) Qual a velocidade do martelo na extremidade do cabo se o braço do atleta possuir 75 cm de comprimento? $v = 7{,}8 \cdot \pi$ m/s

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

CAPÍTULO

5

Energia e impulso

Trabalho

DPA PICTURE ALLIANCE/ ALAMY/FOTOARENA

Equipe brasileira de *bobsled* nas Olimpíadas de Inverno de PyeongChang, Coreia do Sul (2018).

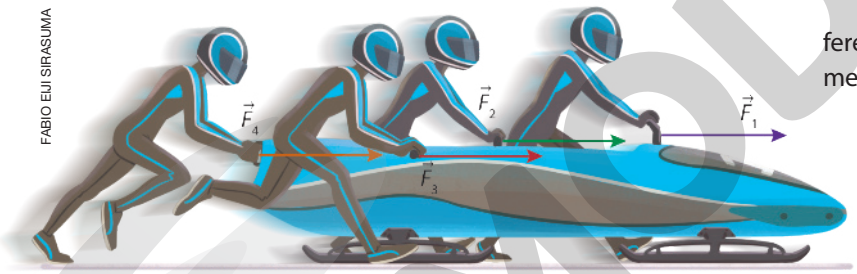
Você conhece o *bobsled*? Ele é um esporte coletivo de inverno. Os praticantes dessa modalidade esportiva utilizam um trenó para percorrer uma pista de gelo no menor tempo possível. As provas são divididas em categorias com equipes formadas por dois atletas ou quatro.

Antes de começar a descida, os atletas devem empurrar o trenó por cerca de 50 m, para adquirir certa velocidade, e entrar nele na sequência.

Devido ao impulso inicial e a inclinação da pista, o conjunto trenó e atletas pode atingir uma velocidade máxima de aproximadamente 150 km/h.

Considerando a situação descrita acima, os atletas devem procurar atingir a maior velocidade possível nos 50 primeiros metros, enquanto empurram o trenó. No geral, eles levam 6 s até saltar no trenó e chegam à velocidade de, aproximadamente, 40 km/h.

Para analisar o que acontece enquanto os atletas empurram o trenó, podemos utilizar um diagrama de corpo livre, ou seja, uma representação esquemática em que identificamos todas as forças que atuam em determinado corpo.



FABIO EIJI SIRASUMA

Representação de um trenó de *bobsled* sendo empurrado por quatro atletas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Durante a fase de empurrar, os atletas transferem energia para o trenó, deslocando-o por meio da força que aplicam.

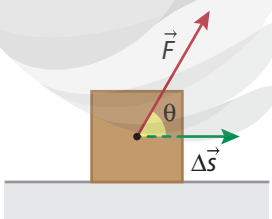
A grandeza física relacionada à transferência de energia de um sistema ou de um corpo para outro, a partir da relação entre força e deslocamento, é denominada **trabalho**, representado pela letra grega tau (τ).

Na situação descrita, a força resultante (soma de todas as forças que atuam sobre o corpo) é a responsável por causar o deslocamento. O valor do trabalho realizado por uma força que tem a mesma direção e o mesmo sentido do deslocamento é dado pelo produto entre a intensidade da força e do deslocamento.

$$\tau = F \cdot \Delta s$$

Em que:

- F é a intensidade da força que atua sobre o corpo em newton (N);
- Δs é o deslocamento causado pela força em metro (m);
- τ é o trabalho realizado pela força em newton-metro (N · m), unidade que foi denominada joule (J) em homenagem ao físico inglês James Prescott Joule (1818-1889), que verificou a transformação de energia mecânica em térmica.



HELOÍSA PINTARELLI

Força sendo aplicada com determinado ângulo em relação ao sentido do movimento: apenas a componente paralela contribuirá para o trabalho. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Quando a força aplicada e o deslocamento têm orientações diferentes, somente a componente que está na mesma direção do deslocamento realiza trabalho, de modo que a equação pode ser reescrita como:

$$\tau = F \cdot \Delta s \cdot \cos\theta$$

O ângulo θ é medido entre as direções da força e do deslocamento.

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

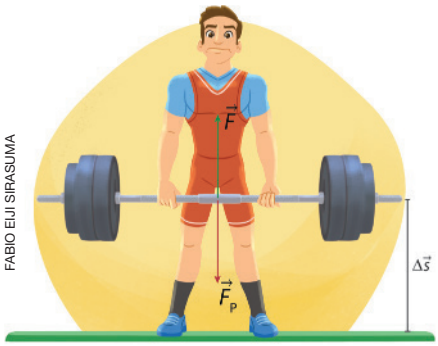
MODERNA

Se a força ou uma de suas componentes tem o mesmo sentido do deslocamento $(0° \leqslant \theta < 90°)$, o trabalho realizado fornece energia ao corpo ou ao sistema e tem sinal positivo. Se a força ou uma de suas componentes tem sentido oposto ao do deslocamento $(90° < \theta \leqslant 180°)$, o trabalho realizado retira energia do corpo ou do sistema e tem sinal negativo. Se a força for perpendicular ao deslocamento, temos $\cos 90° = 0$, isso significa que a força não realiza trabalho sobre o corpo.

Temos ainda que o trabalho é máximo quando a força aplicada ocorre paralelamente ao deslocamento, pois $\cos 0° = 1$.

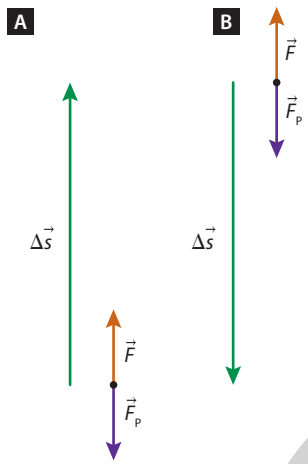
Quando mais de uma força estiver agindo sobre o corpo, devemos calcular o trabalho realizado pela força resultante $(\vec{F}_R)$. O ângulo será medido entre a força resultante e o deslocamento.

Outro esporte que podemos analisar é o levantamento de peso, no qual os atletas elevam e descem halteres.



FABIO EIJI SIRASUMA

Representação das forças que atuam sobre um haltere movimentado por um atleta. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.



SERGIO L. FILHO

Representação do sentido das forças e do deslocamento no movimento de subida (**A**) e descida (**B**) do haltere.

Supondo que um atleta eleva o haltere até certa altura, descendo-o até a posição inicial com velocidade constante, e desprezando pequenas acelerações no início de cada movimento, a força aplicada pelo atleta tem a mesma intensidade que a força peso do haltere $(F = F_P = m \cdot g)$, e o deslocamento vertical corresponde à altura atingida pelo haltere $(\Delta s = h)$.

O trabalho realizado por meio da força aplicada pelo atleta na subida é dado por:

$$\tau = F \cdot \Delta s \cdot \cos 0° \Rightarrow \tau = F_P \cdot h \cdot 1 \Rightarrow \tau = m \cdot g \cdot h$$

Durante a subida, a força peso tem sentido oposto ao deslocamento, de modo que o trabalho realizado pela força peso na subida é dado por:

$$\tau_{F_P} = F \cdot \Delta s \cdot \cos 180° \Rightarrow \tau_{F_P} = F_P \cdot h \cdot (-1) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \tau_{F_P} = -m \cdot g \cdot h$$

Ao descer o haltere com velocidade constante, a força peso atua na mesma direção do deslocamento; o ângulo entre a força peso e o deslocamento é de 0° e o trabalho realizado por ela durante a descida é dado por:

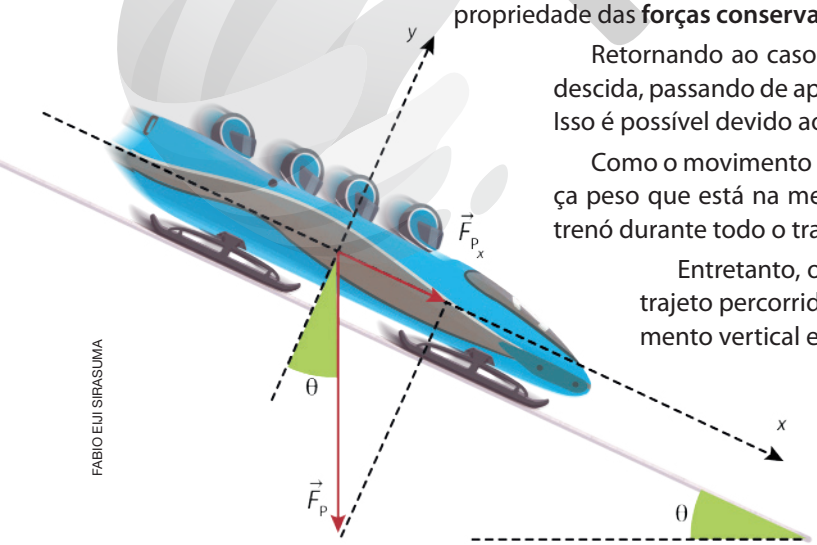
$$\tau_{F_P} = F \cdot \Delta s \cdot \cos 0° \Rightarrow \tau_{F_P} = F_P \cdot h \cdot 1 \Rightarrow \tau_{F_P} = m \cdot g \cdot h$$

Vemos, então, que o trabalho da força peso depende apenas da distância vertical entre os pontos inicial e final, sendo independente da trajetória executada. Essa é uma propriedade das **forças conservativas**.

Retornando ao caso do *bobsled*, é fato que o trenó acelera ao longo da descida, passando de aproximadamente 40 km/h para até cerca de 150 km/h. Isso é possível devido ao trabalho realizado sobre o trenó pela força peso.

Como o movimento ocorre em uma pista inclinada, a componente da força peso que está na mesma direção da rampa (F_{P_x}) realiza trabalho sobre o trenó durante todo o trajeto da pista.

Entretanto, o valor do trabalho da força peso é independente do trajeto percorrido e pode ser obtido apenas considerando o deslocamento vertical entre o ponto mais alto e o mais baixo da pista.



FABIO EIJI SIRASUMA

Componentes da força peso sobre o trenó de *bobsled*, em um plano inclinado. O trabalho da força pode ser obtido pelo produto entre a componente F_{P_x} e a distância percorrida por ele. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

MODERNA

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

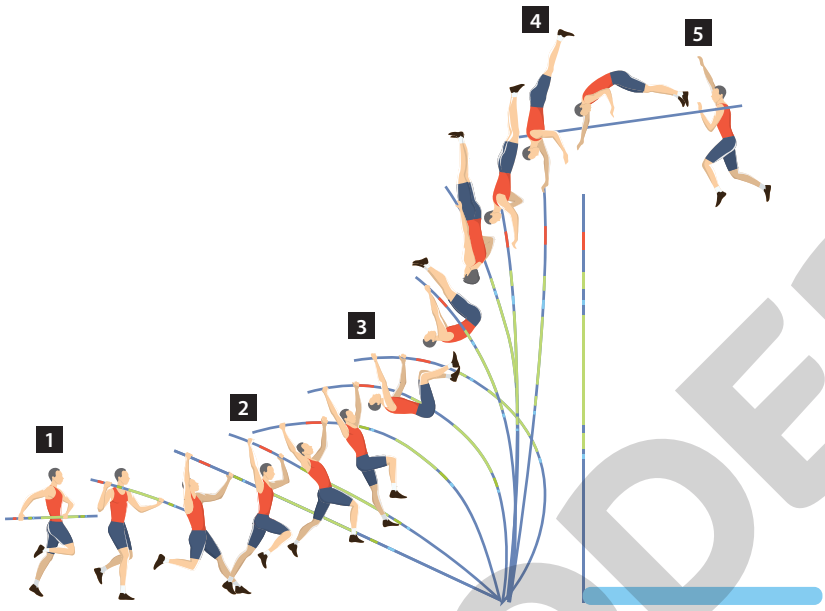
Energias

No tópico anterior, vimos que a realização de trabalho pode adicionar ou retirar energia de um corpo ou sistema.

Apesar de estar presente em diversas situações do cotidiano, o conceito de energia não é facilmente definido. Ele está relacionado a processos de mudanças e transformações em corpos ou sistemas. Em virtude disso, costuma-se estudar as transformações de energia.

Nas práticas de esportes, geralmente há diversas transformações de energia, por isso vamos analisar o que acontece no salto com vara. Nesse esporte, o atleta usa uma vara flexível para saltar por cima de um obstáculo, chamado sarrafo, que pode estar a mais de 6 m de altura.

A imagem a seguir mostra diferentes momentos do salto com vara.



INSPIRING/SHUTTERSTOCK

Representação da sequência de movimentos realizados por um atleta durante salto com vara. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

1 No início da prova, o esportista deve correr para atingir uma boa velocidade. Nesse momento, ele está utilizando a energia química, armazenada em seu corpo (especialmente em seus músculos) graças à alimentação. A energia química é transformada em energia cinética, que é a energia relacionada à velocidade, e o atleta adiciona um componente vertical à sua velocidade.

2 Na sequência, o atleta apoia a vara flexível em uma caixa na área de impulsão. O movimento do atleta faz a vara se curvar, acumulando **energia potencial elástica** (a mesma energia acumulada nos elásticos e nas molas). É uma energia potencial, pois está armazenada na deformação da vara, que tende a voltar ao seu formato original.

A maneira como o atleta executa o salto faz a energia acumulada arremessá-lo para cima. Antigamente, as varas eram feitas de materiais mais rígidos, impossibilitando um grande acúmulo de energia nelas, o que também limitava bem mais a altura final dos saltos realizados.

3 A velocidade horizontal do atleta diminui, mas ele desenvolve velocidade na vertical para cima. Isso ocorre devido a uma nova transformação da energia: a energia cinética e a potencial elástica transformam-se em **energia potencial gravitacional** e o atleta ganha altura em relação ao solo.

4 Na altura máxima, o atleta gira seu corpo para superar o sarrafo, sem derrubá-lo.

5 Enquanto o atleta cai devido à ação da força gravitacional, retornando ao solo, a energia potencial gravitacional acumulada é transformada em energia cinética. Para proteger o atleta, há um colchão de aterrissagem, que absorve o impacto da queda (dissipando a energia cinética em **vibração**, **calor** e **som**, sem permitir que o atleta se machuque.

Nas provas de salto com vara, vence o atleta que superar a maior altura. Ao final dos saltos, o atleta descansará e se alimentará, repondo a energia consumida.

1. Você já pensou em todos os tipos de energia que utilizamos no cotidiano? Cite, pelo menos, três tipos de energia, relacionando-os a uma atividade do cotidiano.

Resposta pessoal. O objetivo desta questão é resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação à energia, eles podem citar energia elétrica para acender uma lâmpada, energia térmica para aquecer alimentos, energia química nos combustíveis e alimentos, energia luminosa para iluminar os ambientes, entre outros tipos de energia.

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

MODERNA

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Mesmo dentro do limite de velocidade de uma rodovia, a energia cinética de um carro é muito grande.

- Converse com seus colegas sobre como a velocidade dos veículos pode influenciar nos danos ocasionados em colisões automotivas, de acordo com a energia cinética. Em seguida, faça um infográfico, mostrando como a energia cinética se comporta quando a velocidade aumenta.

Vamos descrever, agora, os diferentes tipos de energia envolvidos no salto com vara e em diversas situações do nosso cotidiano.

Como citado anteriormente, a **energia cinética** (E_c) é a energia relacionada ao movimento. Ela é uma grandeza escalar e depende da massa (m) em quilograma (kg) e do módulo da velocidade (v) em metro por segundo (m/s) do corpo em movimento, sendo calculada pela relação a seguir.

Diga aos estudantes que essas unidades de medidas são do Sistema Internacional de Unidades (SI).

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Como todos os tipos de energia, a cinética também é dada, no SI, em joule (J).

Note que a energia cinética é diretamente proporcional à massa e ao quadrado da velocidade. Isso significa que, ao dobrar a massa do objeto, dobramos a energia cinética, mas ao dobrar a velocidade, a energia cinética aumenta em quatro vezes.

Um caminhão, por exemplo, mesmo em baixa velocidade, pode ter grande energia cinética devido à sua massa. Já um projétil de rifle pode ter grande energia cinética devido à alta velocidade, mesmo tendo massa pequena.

A **energia potencial elástica** (E_{pe}) é a energia armazenada em corpos, como molas e elásticos, quando eles são deformados. Esses corpos ou materiais tendem a retornar ao seu estado de equilíbrio após uma deformação, isto é, após sofrer uma expansão ou uma compressão.

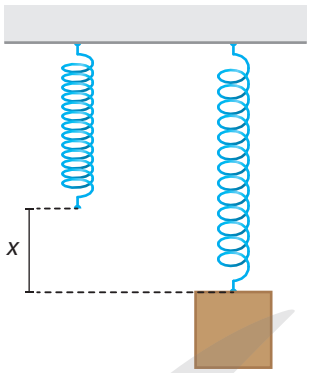
A energia potencial elástica armazenada depende do valor da deformação causada, representada por x e medida em metro (m). Ela também depende da constante elástica k do material.

A energia potencial elástica também é medida em joule (J), no SI, e calculada pela relação a seguir.

$$E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

A constante elástica (k) é uma propriedade do corpo elástico que relaciona a intensidade da força aplicada ao corpo com o comprimento da deformação causada. No SI, k é medida em newton por metro (N/m).

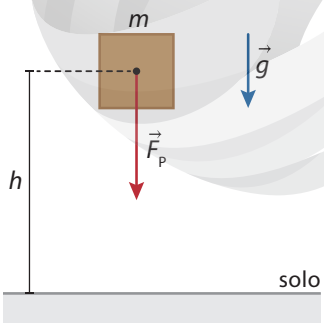
Geralmente, trabalhamos a energia potencial elástica em molas ideais, que são capazes de armazenar energia e devolvê-la sem perdas.



Representação de um bloco preso a uma mola causando uma deformação x em relação ao comprimento inicial da mola. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Já a **energia potencial gravitacional** (E_{pg}) é a energia acumulada em qualquer objeto que se encontra a certa altura do solo ou em outro nível de referência em relação à Terra devido ao campo gravitacional terrestre.

Para elevar um corpo até certa altura, é necessária uma força que realize trabalho sobre o corpo, atuando no sentido contrário à força peso. Desse modo, o corpo armazena energia potencial gravitacional e, caso ele seja deixado livre, a força peso atua, realizando trabalho sobre o corpo e transformando a energia potencial gravitacional em cinética.



Representação da energia potencial gravitacional e a distância ao referencial relevante (no caso, o solo). Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

A energia potencial gravitacional depende da massa do corpo (m) em quilograma (kg), da altura (h) em relação ao nível de referência em metro (m) e da aceleração da gravidade local (g), dada pela relação a seguir.

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

A energia potencial gravitacional também é medida em joule (J).

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

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

MODERNA

É importante notar que a energia armazenada, seja ao elevar um corpo no espaço, seja ao comprimir uma mola, será transformada em outros tipos de energia, de modo que a quantidade de energia total do sistema se mantém constante. Ou seja, a energia não é criada nem destruída, apenas se transforma. Esse é o princípio da **conservação da energia**.

Quando um sistema tem somente as energias cinética, potencial elástica e potencial gravitacional, dizemos que ele tem uma quantidade de **energia mecânica** (E_m). O sistema pode ter apenas energia cinética, apenas potencial ou ambas somadas, de modo que podemos expressar a energia mecânica como:

$$E_m = E_c + E_{pe} + E_{pg}$$

Em um **sistema conservativo**, a energia mecânica mantém-se constante. Isso quer dizer que o valor da energia mecânica final (E_m) é igual ao valor da energia mecânica inicial (E_{m_0}), ou seja:

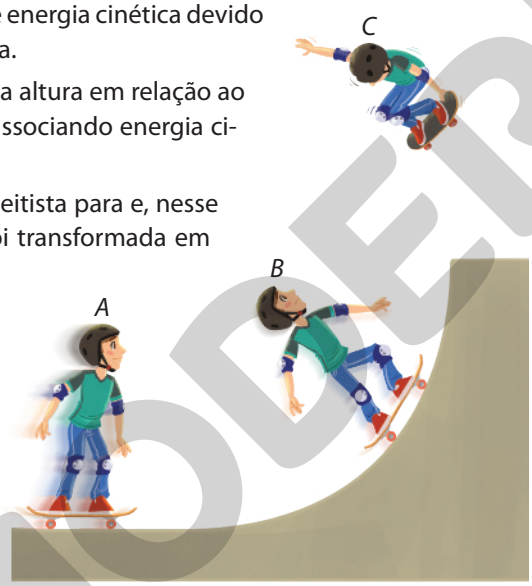
$$E_m = E_{m_0}$$

Podemos verificar essa transformação ao analisar um esqueitista que realiza um salto em uma rampa.

Na base da rampa (*A*), ele tem somente energia cinética devido à velocidade necessária para subir a rampa.

À medida que ele sobe a rampa (*B*), sua altura em relação ao solo aumenta e sua velocidade diminui, associando energia cinética e energia potencial gravitacional.

Ao atingir a altura máxima (*C*), o esqueitista para e, nesse instante, toda a energia cinética inicial foi transformada em energia potencial gravitacional.



FABIO EIJI SIRASUMA

Representação de esqueitista realizando uma manobra em uma pista denominada *half pipe*. À medida que ele se movimenta, realiza transformações de energia entre a forma cinética e a potencial gravitacional, de modo que a energia mecânica total se conserva em todos os momentos. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Em seguida, ele desce a rampa, transformando a energia potencial gravitacional em cinética novamente (ao voltar ao ponto *A*), o que conservaria a energia mecânica do sistema em um caso ideal.

Devemos observar que as transformações de energia em um sistema conservativo ocorrem devido às forças elástica e gravitacional (peso), de modo que o trabalho realizado por essas forças pode ser determinado pela variação da energia cinética do corpo, ou seja:

$$\tau = \Delta E_c \Rightarrow \tau = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \tau = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

Na qual E_c é a energia cinética final do corpo e E_{c_0} é a energia cinética inicial do corpo.

É importante ressaltar que a energia se conserva, mas nem sempre se transforma de maneira que possa ser reaproveitada. No caso do esqueite, em situações não ideais, parte da energia mecânica é transformada em calor (energia térmica) e som (energia sonora) devido ao atrito. Dizemos então que a força de atrito é uma força dissipativa, pois ela diminui a energia mecânica do sistema.

Portanto, o trabalho das forças dissipativas pode ser calculado pela seguinte relação:

$$\tau_{F_d} = \Delta E_m$$

Acesse o simulador "Energia na pista de *skate*", desenvolvido pela Universidade de Colorado Boulder para verificar as transformações de energia no movimento de um esqueitista sobre uma rampa. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html>. Acesso em: 28 jul. 2020.

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

MODERNA

Potência e rendimento

Vimos, anteriormente, diferentes tipos de energia e suas transformações. A partir de agora, estudaremos a relação do conceito de energia com o tempo.

2. Por que subir rapidamente uma escada causa mais cansaço físico do que subi-la lentamente?

SHAHJEHAN/SHUTTERSTOCK

Atletas realizando a prova de 100 metros rasos durante os Jogos Olímpicos no município do Rio de Janeiro (2016).

Por exemplo, imagine que você vai percorrer uma distância de 100 m. Não parece algo exaustivo se você caminhar tranquilamente, o que levaria em torno de 80 s. Por outro lado, a prova dos 100 metros rasos é uma modalidade esportiva na qual os atletas podem levar cerca de 10 s para percorrer tal distância. Certamente, o esportista terá um maior cansaço físico após percorrer os 100 m do que você em sua caminhada.

O que diferencia essas duas situações é a taxa com a qual o trabalho foi realizado. A grandeza que relaciona o trabalho realizado e o intervalo de tempo para realizá-lo é a **potência** (P).

A **potência média** (P_m) expressa a taxa média com a qual o trabalho foi realizado por unidade de tempo. Ela é calculada pela razão entre o trabalho realizado (τ) e o intervalo de tempo (Δt), como mostrado a seguir.

$$P_m = \frac{\tau}{\Delta t}$$

Como no SI, o trabalho é dado em joule (J) e o intervalo de tempo em segundo (s), a potência é dada em joule por segundo (J/s), unidade que foi renomeada para watt (W) em homenagem ao engenheiro escocês James Watt (1736-1819).

Caso uma força constante atue sobre um corpo, realizando trabalho em certo intervalo de tempo, a potência média pode ser escrita como:

$$P_m = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta s}{\Delta t} = F \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow P_m = F \cdot v_m$$

!

Caso o intervalo de tempo seja muito pequeno $(\Delta t \to 0)$, isto é, tendendo a zero, a velocidade será a instantânea (v) e a potência (P), no instante de tempo (t), será a potência instantânea.

$$P = F \cdot v$$

ZORAN ORCIK/SHUTTERSTOCK

Guindaste elevando objetos de grande massa em uma obra de construção civil.

O conceito de potência é muito útil para estudar o funcionamento das máquinas.

Todas as máquinas funcionam da mesma maneira: recebem uma potência total (P_t) do motor, por exemplo, utilizam uma parte dela para realizar o objetivo da máquina (potência útil P_u) e a outra parte é dissipada (potência dissipada P_d). No caso representado na imagem do guindaste ao lado, considera-se potência útil a potência que efetivamente é usada para erguer a viga. O restante, a potência que causa aquecimento e ruídos sonoros, é considerada como sendo a potência dissipada, de modo que:

$$P_t = P_u + P_d$$

A relação entre a potência total e a potência útil na máquina ou no sistema fornece-nos o rendimento (η) da máquina, calculado por:

$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

O rendimento é um valor adimensional, ou seja, não tem unidade de medida. Quanto maior o rendimento de uma máquina, maior é a potência útil e menor é a potência dissipada (ou a energia dissipada).

2. O objetivo desta questão é resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação à potência. Eles podem relacionar a subida da escada com o trabalho realizado para isso, de modo que, para subir rapidamente, é realizado o mesmo trabalho em um intervalo de tempo menor, ou seja, com maior potência. Em complemento, uma rápida subida exige que a energia química da pessoa seja transformada em energia potencial gravitacional em um curto intervalo de tempo, causando maior cansaço físico.

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

Quantidade de movimento e impulso

Como sabemos, um objeto sob a ação de uma força resultante pode ter seu estado de movimento alterado, sofrendo uma aceleração enquanto a força atuar.

Um saque em uma bola de vôlei, um arremesso de handebol, uma tacada de golfe ou o chute em uma bola de futebol são exemplos de aplicações de forças que causam aceleração nas bolas utilizadas nos respectivos esportes, fazendo com que elas se movam com certa velocidade.

A velocidade de um corpo está relacionada à uma grandeza denominada **quantidade de movimento**, definida pelo físico inglês Isaac Newton (1643-1727) em sua obra *Principia*.

ALEX PANTLING/GETTY IMAGES

Jogador executando um chute em uma bola de futebol.

[...]

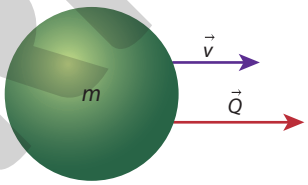
A quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria.

[...]

NEWTON, I. *Principia*: princípios matemáticos de filosofia natural – Livro I. 2. ed. 2. reimp. São Paulo: Edusp, 2012. p. 40.

A quantidade de movimento ou **momento linear** $(\vec{Q})$ é uma grandeza vetorial com a mesma direção e o mesmo sentido da velocidade; seu módulo é dado pelo produto entre a massa (m) e a velocidade $(\vec{v})$.

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$



SERGIO L. FILHO

Representação da quantidade de movimento de um corpo. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

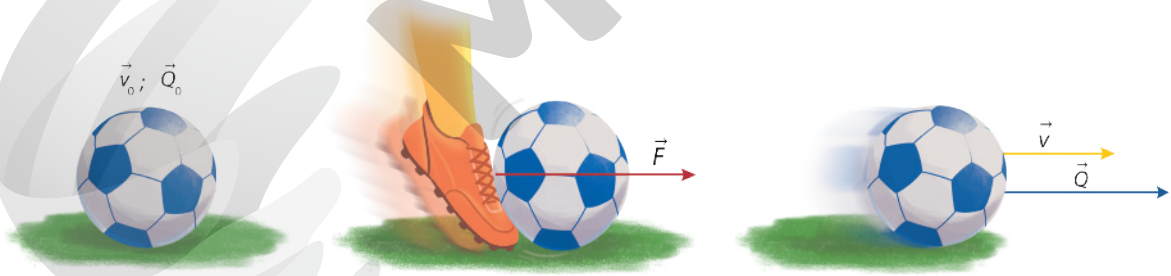
No Sistema Internacional de Unidades (SI), a massa é expressa em quilograma (kg), a velocidade em metro por segundo (m/s) e a quantidade de movimento é dada em quilograma-metro por segundo $(\text{kg} \cdot \text{m/s})$.

Observe a imagem abaixo.

A bola de futebol inicialmente se encontrava em repouso em relação ao solo. Sabendo que ela tem massa de 0,42 kg, conforme as regras oficiais do esporte, considere que, após o chute, ela passará a ter uma velocidade com módulo de 20 m/s.

Temos que o módulo da quantidade de movimento inicial $\vec{Q}_0$ é nulo, pois:

$$Q_0 = m \cdot v_0 \Rightarrow Q_0 = 0{,}42 \cdot 0 \therefore Q_0 = 0$$



FABIO EIJI SIRASUMA

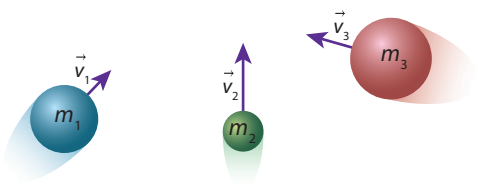
Representação da quantidade de movimento da bola de futebol antes e depois do chute. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Depois do chute, a bola passa a ter uma quantidade de movimento final $\vec{Q}$ de módulo igual a:

$$Q = m \cdot v \Rightarrow Q = 0{,}42 \cdot 20 \therefore Q = 8{,}4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Quando um sistema é formado por vários corpos, a quantidade de movimento total $(\vec{Q}_t)$ ou resultante é dada pela soma vetorial das quantidades de movimento individuais.

$$\vec{Q}_t = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3$$



SERGIO L. FILHO

Representação de um sistema formado por três corpos em movimento. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

MODERNA

Seguindo o exemplo da bola de futebol, podemos perceber que houve uma variação na quantidade de movimento dela e a causa disso foi a interação com o pé do jogador. Ao realizar um chute, o pé do jogador aplica uma força na bola durante um intervalo de tempo, provocando o movimento dela.

Considerando que a força aplicada foi constante durante todo o intervalo de tempo, temos uma grandeza denominada **impulso da força** (I), uma grandeza vetorial que atua na mesma direção e sentido da força, sendo dada pelo o produto da força pelo intervalo de tempo no qual ocorre a interação.

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Se considerarmos somente o módulo da força aplicada, a intensidade do impulso pode ser escrita como:

$$I = F \cdot \Delta t$$

No SI, como a força é dada em newton (N) e o tempo é dado em segundo (s), o impulso é dado em newton-segundo (N · s), unidade equivalente ao quilograma-metro por segundo (kg · m/s) da quantidade de movimento.

Existe uma relação entre o impulso e a quantidade de movimento, que é denominado **teorema do impulso**. Como a força aplicada sobre um corpo causa uma aceleração, a velocidade do corpo muda e, consequentemente, sua quantidade de movimento também se altera. Dessa maneira, um impulso causa uma variação na quantidade de movimento, sendo descrita como:

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q}$$

No exemplo da página anterior, a quantidade de movimento da bola de futebol aumentou de $Q_0 = 0$ para $Q = 8{,}4$ kg · m/s, de modo que a variação da quantidade de movimento é:

$$\Delta Q = Q - Q_0 \Rightarrow \Delta Q = 8{,}4 - 0 \therefore \Delta Q = 8{,}4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Se o tempo de atuação da força foi de cerca de 0,04 s, podemos determinar a intensidade da força do chute do jogador. Considerando o módulo do impulso, temos:

$$I = \Delta Q \Rightarrow F \cdot \Delta t = \Delta Q \Rightarrow F \cdot 0{,}04 = 8{,}4 \Rightarrow F = \frac{8{,}4}{0{,}04} \therefore F = 210 \text{ N}$$

Por isso as bolas de futebol e de outros esportes devem seguir padrões de especificação, pois variações na massa podem alterar os efeitos das forças aplicadas.

3. As bolas atuais de futebol são feitas de materiais impermeáveis, já as antigas absorviam muita água quando os jogos eram realizados na chuva. Como a absorção de água influencia na intensidade do chute executado pelo jogador?

O objetivo desta questão é fazer os estudantes relacionarem o impulso e a quantidade de movimento na situação proposta. Espera-se que eles respondam que a absorção de água aumenta a massa da bola, de modo que o impulso dado a ela deve ser maior para que atinja a mesma velocidade de quando está seca.

IRIN-K/SHUTTERSTOCK
AZURE 1/ SHUTTERSTOCK
DOTSHOCK/ SHUTTERSTOCK
FOCUS STOCKER/ SHUTTERSTOCK

Bolas oficiais para a prática esportiva: especificações muito claras, evitando surpresas para os esportistas.

BENOIST/SHUTTERSTOCK

Teste de colisão entre automóveis. O boneco com formato humano carrega em si diversos sensores, avaliando a segurança de um passageiro real em situação análoga.

Exemplos de aplicações do conceito do impulso são o colchão de segurança do salto com varas e os *airbags* dos automóveis. Esses dispositivos estão relacionados com impactos e atuam de maneira a levar os corpos em movimento ao repouso, variando sua quantidade de movimento.

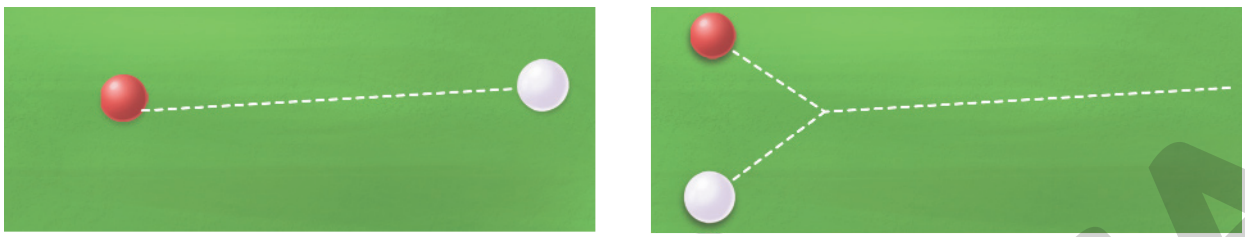
Se a variação da quantidade de movimento for rápida, a intensidade da força de interação é grande, situação que pode ser verificada pelo teorema do impulso. Mas, se a interação for mais lenta, a intensidade da força de interação diminui. Essa é a forma de atuação do *airbag*; ele aumenta o tempo de interação e diminui a intensidade da força da colisão, reduzindo os efeitos do impacto no passageiro.

MODERNA

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

Conservação da quantidade de movimento

O jogo de bilhar ou sinuca é um esporte que envolve diversos conceitos das áreas de Física e Matemática, como velocidade, forças, ângulos de reflexão, quantidade de movimento e colisões, por exemplo. O jogo consiste em colocar as bolas coloridas ou numeradas nas caçapas, impulsionando-as com a bola branca, que, por sua vez, é empurrada com um taco. Percebemos que o jogo depende de como a bola branca interage com a colorida.



ILUSTRAÇÕES: FABIO EIJI SIRASUMA

Representação de uma colisão entre bolas de bilhar. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Talvez um jogador de bilhar tenha adquirido habilidades na prática, treinando bastante e não pensando muito em Física enquanto joga, mas alguns efeitos das colisões entre as bolas de bilhar são simples de entender. Uma colisão frontal, com o centro das bolas alinhados, faz a bola colorida se mover na mesma direção da trajetória da bola branca. Colisões com os centros desalinhados fazem a bola colorida mover-se em certo ângulo em relação à direção inicial e a bola branca desviar-se de sua trajetória inicial.

Esses movimentos e interações obedecem ao **princípio da conservação da quantidade de movimento** ou momento linear. Considerando que não existem forças externas atuando no sistema, em uma colisão qualquer, a quantidade de movimento do sistema antes da colisão $(\vec{Q}_0)$ é igual à quantidade de movimento do sistema após a colisão $(\vec{Q})$.

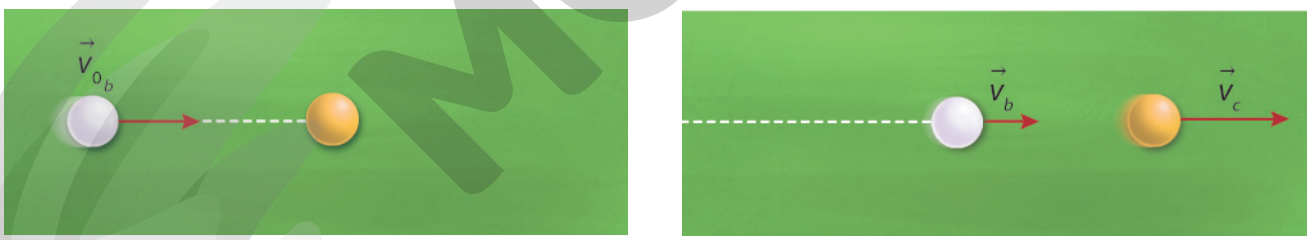
$$\vec{Q}_0 = \vec{Q}$$

Na situação da imagem a seguir, a bola branca ($m_b = 0{,}15$ kg) foi lançada com velocidade de 3 m/s na direção da bola amarela ($m_c = 0{,}12$ kg) em repouso, realizando uma colisão unidimensional. Após a colisão, a bola branca adquire uma velocidade de 0,2 m/s, continuando a se mover na mesma direção e no mesmo sentido.

!

Em colisões unidimensionais, podemos desprezar a notação vetorial. A orientação da quantidade de movimento e da velocidade é indicada por um sinal positivo ou negativo. A relação da quantidade de movimento pode ser assim escrita:

$$Q_0 = Q$$



A bola branca colidiu com a bola amarela, inicialmente parada. Qual é a velocidade da bola amarela?

Pela conservação da quantidade de movimento, a velocidade da bola amarela após a colisão é dada por:

$$Q_0 = Q \Rightarrow Q_{0_b} + Q_{0_c} = Q_b + Q_c \Rightarrow m_b \cdot v_{0_b} + m_c \cdot v_{0_c} = m_b \cdot v_b + m_c \cdot v_c \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 0{,}15 \cdot 3 + 0{,}12 \cdot 0 = 0{,}15 \cdot 0{,}2 + 0{,}12 \cdot v_c \Rightarrow 0{,}45 = 0{,}03 + 0{,}12 \cdot v_c \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 0{,}42 = 0{,}12 \cdot v_c \therefore v_c = 3{,}5 \text{ m/s}$$

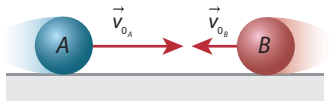
Como a velocidade adquirida pela bola amarela tem sinal positivo, ela se move na mesma direção e no mesmo sentido da bola branca, de modo que a quantidade de movimento total do sistema se manteve constante.

Em colisões bidimensionais ou tridimensionais, a análise da conservação da quantidade de movimento deve ser realizada vetorialmente.

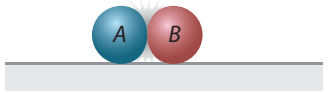
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

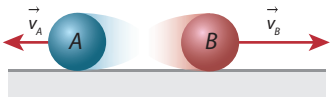
SERGIO L. FILHO



aproximação



colisão (interação)



afastamento

Representação das fases de uma colisão com afastamento. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

4. Por que os carros mais novos têm partes feitas para se deformar (amassar) mais em uma colisão quando comparados com carros antigos?

Espera-se que os estudantes respondam que a deformação dissipa a energia cinética envolvida na colisão, diminuindo os efeitos transmitidos aos ocupantes do veículo.

No exemplo anterior, as duas esferas mantêm-se em movimento após a colisão, mas, em outros casos, isso pode não acontecer. O que ocorre depois de colidir depende das massas envolvidas, da velocidade, da quantidade de movimento dos corpos e do tipo de colisão.

Apesar de a conservação da quantidade de movimento levar em conta as orientações dos vetores, neste momento vamos trabalhar apenas as colisões unidimensionais.

Considerando que as massas dos corpos não se alteram, as colisões podem ser divididas em três fases.

A primeira fase é a aproximação relativa entre os corpos.

A segunda fase é a colisão, na qual ocorre a interação entre os corpos. Nessa fase, os corpos podem se deformar, transformando energia cinética em outro tipo de energia.

Na terceira fase, pode ou não ocorrer a fase de restituição dos corpos, na qual os corpos podem se afastar um do outro, entrar em repouso ou se mover juntos.

Independentemente do que ocorre nas três fases, a quantidade de movimento sempre se conserva, mas a energia cinética (ou mecânica) pode ser dissipada na forma de calor, som e deformações.

A análise quantitativa e qualitativa, assim como a classificação das colisões, pode ser feita com base no **coeficiente de restituição** (e). Ele relaciona a velocidade relativa entre os corpos, de aproximação (v_{ap}) antes da colisão e de afastamento (v_{af}) após colidir. O coeficiente de restituição é adimensional e dado por:

$$e = \frac{v_{af}}{v_{ap}} \Rightarrow e = \frac{v_B - v_A}{v_{0_A} - v_{0_B}}$$

DARIO LO PRESTI/SHUTTERSTOCK

Pêndulo de Newton. Nesse dispositivo, podemos observar colisões elásticas durante um intervalo de tempo.

Classificamos uma colisão como **elástica** quando o coeficiente de restituição é igual a 1 ($e = 1$). Nesse caso, a velocidade de afastamento é igual à velocidade de aproximação $(v_{af} = v_{ap})$, indicando que não houve dissipação de energia cinética na colisão. Portanto, para uma colisão elástica, temos:

$$Q_0 = Q \text{ e } E_{c_0} = E_c$$

O pêndulo de Newton é um exemplo no qual podemos observar colisões elásticas no cotidiano.

Se o coeficiente de restituição tem valores entre 0 e 1 $(0 \leqslant e < 1)$, a colisão é classificada como **inelástica**. Nesse caso, há a dissipação de energia cinética na colisão e a velocidade de afastamento é menor que a de aproximação $(v_{af} < v_{ap})$. Nas colisões inelásticas, temos:

$$Q_0 = Q \text{ e } E_{c_0} > E_c$$

As colisões em que $e = 0$ são denominadas **perfeitamente inelásticas** e não há afastamento entre os corpos. Eles podem se mover juntos ou entrar em repouso. Se eles entrarem em repouso, toda a energia cinética inicial foi dissipada.

O desenvolvimento de peças de automóveis que se deformam mais facilmente e de maneira controlada aumentou a segurança deles, pois, devido à deformação das peças, a energia da colisão se dissipa, reduzindo os efeitos do abalroamento nos ocupantes dos veículos.

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

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **2**, **4**, **5**, **6** e **7** no **Suplemento para o professor**.

1. Leia os itens a seguir e escreva no caderno quais são forças conservativas e quais são forças dissipativas. a) conservativa; b) dissipativa; c) conservativa; d) dissipativa.

a) Força gravitacional.

b) Força de atrito cinético.

c) Força elástica.

d) Resistência do ar.

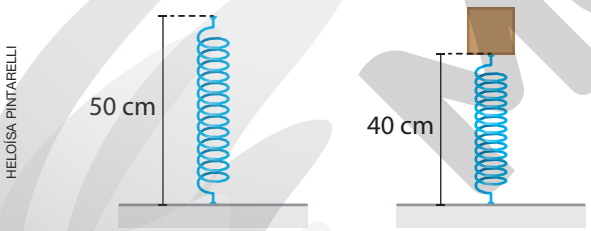
2. Obedecer às leis de trânsito é uma questão de segurança, dirigir com velocidade dentro do limite permitido pode salvar vidas. Suponha que um carro de 1 100 kg se mova com velocidade de 10 m/s. Se a velocidade dele passar para 30 m/s, a energia cinética do carro ficará quantas vezes maior? Como esse aumento de energia influencia no caso de uma colisão?

3. **(Cefet-RJ)** Um bom atleta no salto em distância é também um bom corredor. Durante um tiro curto um bom corredor pode atingir uma velocidade de 10 m/s. Se um atleta, de 70 kg de massa, ao partir do repouso, atinge essa velocidade no momento do salto, qual o trabalho realizado pela força que impulsiona o atleta, nesse intervalo, desprezando as forças internas do atleta?

a) 7 000 J. **b)** 3 500 J. **c)** 1 750 J. **d)** 1 400 J.

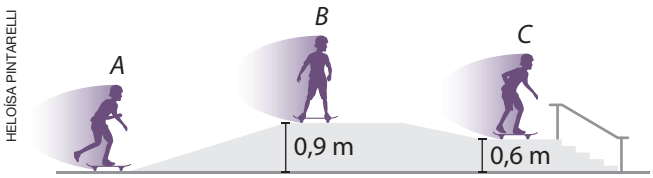
Alternativa **b**.

4. Uma mola tem comprimento de 50 cm quando está relaxada. Apoia-se um corpo de 8 kg sobre ela, como mostra a figura a seguir, e o equilíbrio é atingido com a mola no novo comprimento de 40 cm. Se a sua constante elástica é $k = 800$ N/m, qual é a energia potencial elástica armazenada na mola?



HELOÍSA PINTARELLI

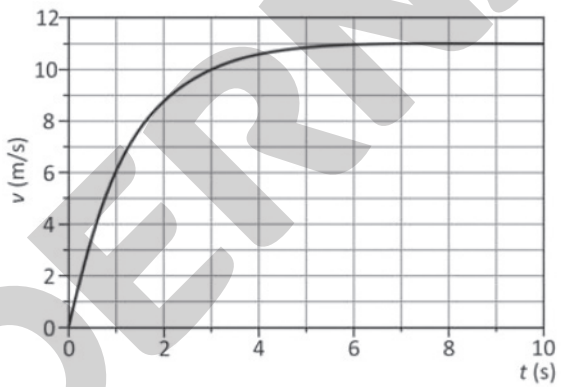
5. Em uma pista de esqueite você assiste a uma colega e tem uma visão lateral semelhante à da figura abaixo. A atleta de 45 kg sai do ponto *A* e vai até o *C*. Lembrando de sua aula de Física, você decide calcular o trabalho realizado pela força peso no deslocamento da garota. Determine o trabalho da força peso entre as posições *A* e *B*, depois entre *B* e *C*, e por fim de *A* até *C*.



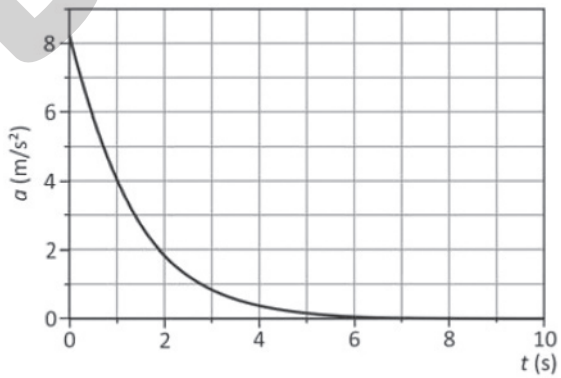
HELOÍSA PINTARELLI

6. Nos produtos alimentícios, é obrigatória a tabela de informação nutricional. Nela estão contidas as quantidades de gorduras, vitaminas, carboidratos e valor energético do produto. A base é de uma dieta de 2 000 kcal ou 8 400 kJ por dia. Supondo que uma pessoa utilize, em seu metabolismo, a quantidade de calorias indicada no período de um dia, qual é a potência da pessoa?

7. **(Fuvest-SP)** Um atleta de peso 700 N corre 100 metros rasos em 10 segundos. Os gráficos dos módulos da sua velocidade horizontal, *v*, e da sua aceleração horizontal, *a*, ambas em função do tempo *t*, estão mostrados a seguir.



REPRODUÇÃO



REPRODUÇÃO

Determine

a) a distância *d* que o atleta percorreu durante os primeiros 7 segundos da corrida;

b) o módulo *F* da componente horizontal da força resultante sobre o atleta no instante $t = 1$ s;

c) a energia cinética *E* do atleta no instante $t = 10$ s;

d) a potência mecânica média *P* utilizada, durante a corrida, para acelerar o atleta na direção horizontal.

Note e adote:

Aceleração da gravidade = 10 m/s²

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

MODERNA

Respostas das questões **8** e **11** no **Suplemento para o professor**.

8. **(UFJF-MG)** O *parkour* é uma modalidade de esporte radical em que os competidores têm que transpor diversos tipos de obstáculos em todo tipo de ambiente, como subir e pular de muros, por exemplo.

a) Qual deve ser o módulo do trabalho realizado pela força peso de um competidor de 50 kg para subir uma escada com 100 degraus, com 18 cm de altura cada um?

b) Suponha que o competidor num dado instante caia de uma altura de 3,2 m. Calcule a velocidade vertical com que atingirá o solo.

c) Uma orientação importante para os participantes dessa modalidade esportiva é para que flexionem os joelhos no momento do impacto com o chão. Isso garante o amortecimento da queda. Na situação da queda mencionada no item anterior, determine o tempo de amortecimento para que a força de impacto do solo sobre o competidor não supere os 800 N, sabendo que o competidor tem 50 kg de massa.

9. **(Udesc-SC)** Com relação às colisões elástica e inelástica, analise as proposições.

I) Na colisão elástica, o momento linear e a energia cinética não se conservam.

II) Na colisão inelástica, o momento linear e a energia cinética não se conservam.

III) O momento linear se conserva tanto na colisão elástica quanto na colisão inelástica.

IV) A energia cinética se conserva tanto na colisão elástica quanto na colisão inelástica.

Escreva em seu caderno a alternativa **correta**.

a) Somente a afirmativa III é verdadeira.

b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.

c) Somente a afirmativa IV é verdadeira.

d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

Alternativa **a**.

10. Uma esfera de 1 kg entra em queda livre a partir do repouso, de uma altura de 9,8 m em relação ao solo. Sendo as forças de resistência desprezíveis, determine a quantidade de movimento da esfera no momento exato em que toca o solo. $Q = 14\ kg \cdot m/s$

> **Note e adote:**
> Aceleração da gravidade $g = 10\ m/s^2$

11. Um corpo *A*, de massa *m* e velocidade 6 m/s, move-se de encontro a um corpo *B*, de massa $2 \cdot m$ e velocidade 4 m/s. Após a colisão, o corpo *A* inverte seu movimento e passa a mover-se com velocidade de 4 m/s.

a) Determine a velocidade de *B* após a colisão.

b) Verifique se a colisão foi elástica ou inelástica.

c) Considerando $m = 2$ kg, verifique se houve perda de energia cinética do sistema na colisão.

12. Dois blocos se movem no mesmo sentido, o bloco *A*, de 1,6 kg, com velocidade 5,5 m/s e o bloco *B*, de 2,4 kg, com velocidade 2,5 m/s. Imediatamente após a colisão, o bloco *B* se move com velocidade 4,9 m/s.

a) Qual a velocidade do bloco *A* após a colisão?
$v_A = 1{,}9$ m/s

b) A colisão foi elástica ou inelástica?
$e = 1$, portanto a colisão é uma colisão elástica.

13. **(UFMS-MS)** Em um jogo de futebol, o jogador principal e goleador do time A arrisca um arremate de média distância. O chute a gol sai com uma enorme força e grande velocidade em direção ao gol do goleiro do time B. O atacante fica na expectativa de comemorar o gol, porém ele não contava com a astúcia do goleiro adversário, que agarrou firme a bola no canto esquerdo do gol. Fisicamente, considere que o choque é elástico, a colisão da bola com a mão do goleiro é frontal, sem rolamento, uma vez que ele segurou a bola firme; despreze os atritos. Nesse sistema composto pela bola e as mãos do goleiro, há conservação de: Alternativa **e**.

a) massa e energia cinética.

b) momento linear e força.

c) velocidade e força.

d) calor e movimento linear.

e) momento linear e energia cinética.

14. **(Unicamp-SP)** As agências espaciais NASA (norte-americana) e ESA (europeia) desenvolvem um projeto para desviar a trajetória de um asteroide através da colisão com uma sonda especialmente enviada para esse fim. A previsão é que a sonda DART (do inglês, "Teste de Redirecionamento de Asteroides Duplos") será lançada com a finalidade de se chocar, em 2022, com Didymoon, um pequeno asteroide que orbita um asteroide maior chamado Didymos.

Numa colisão inelástica da sonda DART com o asteroide Didymoon, Alternativa **b**.

a) a energia cinética do conjunto sonda + asteroide **é conservada** e o momento linear do conjunto também **é conservado**.

b) a energia cinética do conjunto sonda + asteroide **não é conservada**; já o momento linear do conjunto **é conservado**.

c) a energia cinética do conjunto sonda + asteroide **é conservada**; já o momento linear do conjunto **não é conservado**.

d) a energia cinética do conjunto sonda + asteroide **não é conservada** e o momento linear do conjunto também **não é conservado**.

MODELO

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

CAPÍTULO

6

1. Os estudantes podem citar tamanho e formato, dos dentes e da mandíbula.
2. Os dentes são os responsáveis pela primeira etapa da digestão dos alimentos, a mastigação. Nesse processo, os alimentos são triturados, transformando-se em pedaços pequenos, que, junto à saliva, formam o bolo alimentar.

Equilíbrio químico e a saúde bucal

Reações reversíveis

Observe as arcadas dentárias ao lado.

1. Cite uma diferença entre a arcada dentária do ser humano atual e a de seus ancestrais.
2. Qual é a importância da dentição para o corpo humano?

JOHN READER/SPL/FOTOARENA – AFAR, ETIÓPIA

Arcadas dentárias de *Australopithecus afarensis*. Os fósseis foram encontrados em depósitos que datam de 2,6 a 3,3 milhões de anos atrás.

NATURAL HISTORY MUSEUM, LONDON/SPL/FOTOARENA – MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL, LONDRES, INGLATERRA

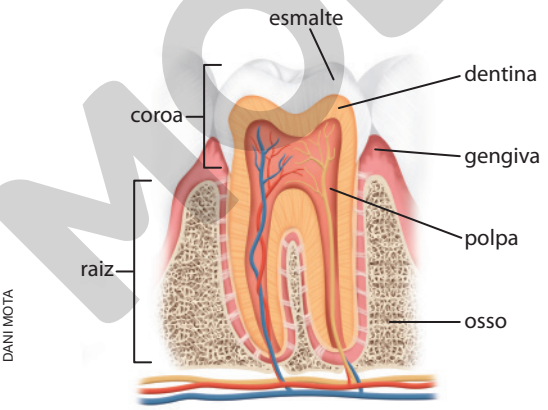
Arcada dentária de *Homo heidelbergensis* encontrada em Mauer, perto de Heidelberg, Alemanha (1907). Ela data de cerca de 500 000 anos atrás.

Na Pré-História, os ancestrais dos seres humanos atuais consumiam alimentos mais duros e, na maioria das vezes, crus. Como a mastigação dos alimentos era mais difícil, seus dentes eram mais exigidos do que os do ser humano atual.

Para que os dentes pudessem cortar, rasgar e triturar os alimentos, a arcada dentária dos ancestrais do ser humano seguia um padrão chamado **alternação**, em que cada dente inferior se relacionava diretamente com um superior e com o dente ao lado.

Com as mudanças de hábitos alimentares ao longo do tempo, a arcada dentária dos ancestrais humanos passou por mudanças. No entanto, suas funções continuam as mesmas: triturar os alimentos.

Diante da importância dos dentes para a nutrição do corpo, é essencial cuidarmos deles, a fim de evitar um dos problemas bucais mais comuns, a cárie. Para isso, vamos conhecer a estrutura interna dos dentes de um ser humano adulto.



DANI MOTA

Representação da estrutura de um dente humano. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 483.

3. O que são cáries?
4. Você já teve ou conhece alguém que já teve cárie? Como foi o tratamento?

Respostas no **Suplemento para o professor**.

O esmalte do dente é um dos tecidos mais resistente do corpo humano. É a parte dos dentes que normalmente é visível. Aproximadamente 97% do esmalte dos dentes é composto de minerais; o restante é água (H_2O) e compostos orgânicos.

O principal componente do esmalte dos dentes é a **hidroxiapatita** $\left(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2\right)$, um mineral sólido pouco solúvel em água, que ajuda a proteger os dentes.

As cáries são cavidades que aparecem nos dentes, causadas pelo ácido produzido por algumas bactérias presentes na boca. Esse ácido dissolve tecidos como o esmalte e a dentina. As bactérias produzem o ácido a partir de restos de alimentos que ficam na superfície do dente.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Como base no que você estudou sobre cáries, converse com um colega sobre atitudes que contribuem para evitá-las.

- Elabore um *podcast* informando as pessoas sobre o que são as cáries e sobre como podemos evitá-las em nosso cotidiano. Divulgue seu *podcast* em redes sociais.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

MODERNA

5. Alimentos ricos em açúcar também podem provocar obesidade e aumentar as chances de ter doenças como o diabetes.

5. Além de prejudicar a saúde dos dentes, o consumo excessivo de alimentos ricos em açúcar não é um hábito saudável. Por quê?

Desmineralizar: refere-se ao processo de perda de elementos minerais, ou seja, compostos químicos naturais.

A saliva tem em sua composição cálcio (Ca) e fosfato (PO_4^{3-}), auxiliando no processo de mineralização dos dentes. Dessa forma, fatores que reduzem a produção de saliva, como o diabetes e o uso de certos medicamentos, contribuem para a formação de cáries.

6. O que acontece com esta fogueira quando toda a madeira for queimada?

O objetivo desta questão é que os estudantes percebam que, quando um dos reagentes é totalmente consumido, a reação é finalizada.

O aumento da probabilidade do aparecimento de cáries depende de fatores como o tempo em que os restos de alimento permanecem sobre os dentes, principalmente aqueles ricos em açúcar. A quantidade de açúcar ingerida não é o maior fator de risco, mas sim a frequência dessa ingestão.

Quando a acidez na boca aumenta por causa da ingestão de açúcares, após cerca de 30 minutos o esmalte pode ser desmineralizado. Dessa forma, o hábito de mascar chiclete e ingerir balas várias vezes ao dia é prejudicial à saúde dos dentes.

Quando a desintegração mineral do esmalte é superior à sua formação mineral, inicia-se a ocorrência de cárie.

A hidroxiapatita presente nos dentes é um fosfato básico de cálcio. A desmineralização do esmalte dos dentes é causada pela presença dos íons hidrônio (H_3O^+) provenientes dos ácidos formados pelas bactérias da boca. Veja.

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2(s) + 8\,H_3O^+(aq) \rightleftharpoons 10\,Ca^{2+}(aq) + 6\,HPO_4^{2-}(aq) + 10\,H_2O(l)$$

Nesta equação química, a seta dupla indica que essa reação ocorre nos dois sentidos. Esse tipo de reação é chamada **reação reversível**. A seta para a direita indica a **reação direta**, já a seta para a esquerda indica a **reação inversa**.

RICHARD HOOD/SHUTTERSTOCK

A queima da madeira é uma reação irreversível.

Existem reações químicas reversíveis e irreversíveis. As reações de combustão, por exemplo, são processos irreversíveis. Após a queima do combustível, os produtos da combustão não podem se combinar de forma espontânea para regenerar o combustível novamente.

Já a reação de mineralização e desmineralização do esmalte dos dentes é reversível. Caso seja mantida uma higiene bucal adequada, a desmineralização natural do esmalte é compensada por outros processos que ocorrem na boca, que favorecem a mineralização. Nas reações reversíveis, chamamos essa situação de **equilíbrio químico**. Uma reação em equilíbrio apresenta as quantidades de reagentes e de produtos constantes ao longo do tempo.

TED CROLL/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Dentes que sofreram o processo de desmineralização. Note as manchas causadas pela desmineralização.

No entanto, se a higiene bucal não for adequada, o aumento da acidez da boca causará a desmineralização do esmalte em uma proporção que não poderá ser reposta pela mineralização em condições normais. Nesse caso, a reação não estará mais em equilíbrio.

As reações químicas reversíveis tendem ao equilíbrio, que é atingido quando a velocidade de reação dos produtos formados a partir dos reagentes é igual à velocidade de reação dos reagentes formados a partir dos produtos. Quando as quantidades de reagentes e de produtos se mantêm constantes durante a ocorrência da reação química, ocorre o chamado **equilíbrio dinâmico**.

A seguir, estudaremos de forma mais detalhada o processo de equilíbrio nas reações químicas.

Diga aos estudantes que existem situações em que se deseja manter uma reação em equilíbrio, como na manutenção do esmalte dos dentes, mas há casos em que se deseja favorecer mais a reação direta ou a reação inversa. Isso pode ser feito alterando algumas condições da reação.

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

O equilíbrio químico e a constante de equilíbrio

Quando uma reação atinge o equilíbrio químico, isso não significa que não são mais formados reagentes e produtos. No estado de equilíbrio, a reação continua a acontecer, mas as concentrações dos componentes não se alteram. Outro ponto importante a destacar é que, no equilíbrio, as concentrações dos reagentes e dos produtos não serão necessariamente iguais. Na maioria das vezes, esses valores serão diferentes.

Para um sistema em equilíbrio, podemos avaliar a relação entre as quantidades de reagentes e as de produtos por meio da **constante de equilíbrio** (K_c). Essa constante é dada pelo quociente entre concentrações dos produtos e dos reagentes após atingirem o equilíbrio. Considere a reação genérica:

$$a\,A + b\,B \rightleftharpoons d\,D + e\,E$$

em que *a*, *b*, *d* e *e* são os coeficientes estequiométricos das espécies químicas participantes, isto é, a quantidade de matéria, em mols, reagindo. A equação geral da constante de equilíbrio em função das concentrações molares é dada por:

$$K_c = \frac{[D]^d \cdot [E]^e}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Veja um exemplo a seguir.

$$CO_2(g) + NO(g) \rightleftharpoons CO(g) + NO_2(g)$$

$$K_c = \frac{[CO(g)] \cdot [NO_2(g)]}{[CO_2(g)] \cdot [NO(g)]}$$

Caso algum dos componentes da reação apresente coeficiente estequiométrico maior do que 1, esse coeficiente é colocado no expoente:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2\,HI(g)$$

$$K_c = \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)] \cdot [I_2(g)]}$$

O valor obtido pela constante de equilíbrio permite prever a concentração de produto formado quando a reação atingir o equilíbrio. A constante de equilíbrio para uma reação não varia com as quantidades iniciais de reagentes, apenas com a temperatura. Para cada valor de temperatura, a reação atingirá uma condição de equilíbrio diferente.

Os equilíbrios químicos podem ser estudados por meio da análise de gráficos da concentração em quantidade de matéria ou da quantidade de matéria pelo tempo.

Observe o exemplo da reação de formação da amônia a partir dos gases hidrogênio (H_2) e nitrogênio (N_2).

A reação representada pelo gráfico da página seguinte é:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

Reação de formação da amônia em um recipiente de 1 L a 350 °C			
Tempo	$[N_2]$	$[H_2]$	$[NH_3]$
t_0	1,000	1,000	0
t_1	0,874	0,622	0,252
t_2	0,814	0,442	0,372
t_3	0,786	0,358	0,428
t_4	0,781	0,343	0,438
t_5	0,781	0,343	0,438

Fonte: RUSSEL, J. B. *Química geral*. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2006. p. 690.

A constante de equilíbrio é válida apenas para sistemas homogêneos e ideais, como soluções diluídas e gases à baixa pressão. Além disso, o valor de K_c permanece constante apenas quando os participantes da reação estão realmente em equilíbrio, em um recipiente fechado e mantido a uma temperatura constante.

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

MODERNA

CONCENTRAÇÃO EM QUANTIDADE DE MATÉRIA EM FUNÇÃO DO TEMPO PARA A REAÇÃO DE FORMAÇÃO DA AMÔNIA

CARLOS BORIN

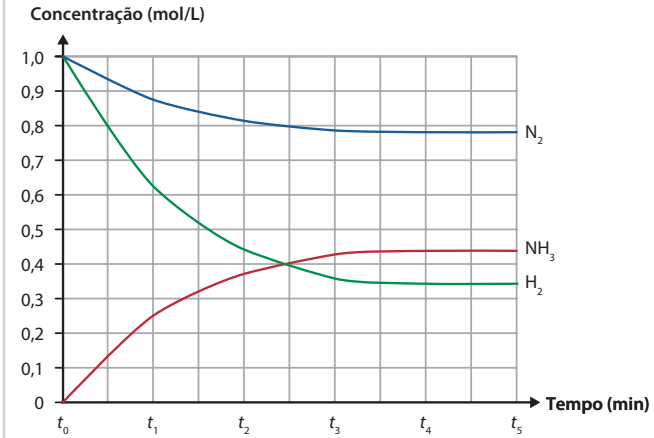


Gráfico produzido com base em: RUSSEL, J. B. *Química geral*. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2006. p. 690.

Com os dados do quadro da página anterior, é possível construir um gráfico que representa a formação da amônia, como o mostrado ao lado. Por meio dele, é possível analisarmos a variação (em concentração de quantidade de matéria) das substâncias envolvidas em seu processo de formação.

Nesse tipo de gráfico, verificamos que, com o passar do tempo, as concentrações dos reagentes diminuem à medida que vão sendo consumidos. Já as concentrações dos produtos partem do zero e aumentam à medida que são formados.

Observando o gráfico podemos perceber que a reação de formação da amônia se inicia em t_0, com 1 mol de gás nitrogênio e 1 mol de gás hidrogênio em um balão de 1 L, a uma temperatura de 350 °C. No instante t_1, foram consumidos 0,126 mol de N_2 (0,874 − 1 = −0,126) e 0,378 mol de H_2 (0,622 − 1 = −0,378), havendo formação de 0,252 mol de NH_3 (0,252 − 0 = 0,252). Note que essas variações de quantidades das substâncias envolvidas na reação são proporcionais aos coeficientes estequiométricos.

A partir do instante t_4, a reação entra em equilíbrio dinâmico, ou seja, ela continua ocorrendo com as concentrações de reagentes e de produtos inalteradas.

Para o cálculo da constante de equilíbrio, serão usadas as concentrações molares dos componentes da reação no estado de equilíbrio. Vale lembrar que a concentração molar é o quociente entre a quantidade de matéria (em mols) e o volume (em litros).

$$[N_2] = \frac{0{,}781\ \text{mol}}{1\ \text{L}} = 0{,}781\ \text{mol/L}$$

$$[H_2] = \frac{0{,}434\ \text{mol}}{1\ \text{L}} = 0{,}434\ \text{mol/L}$$

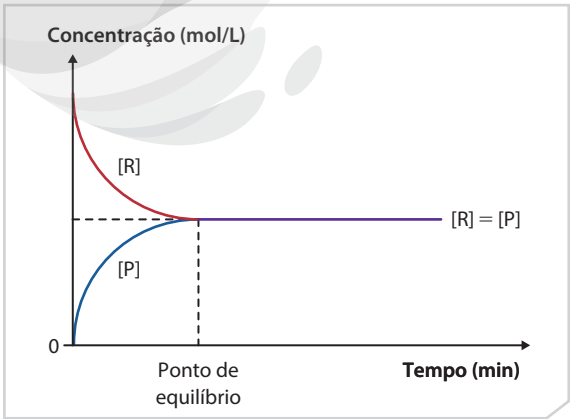
$$[NH_3] = \frac{0{,}438\ \text{mol}}{1\ \text{L}} = 0{,}438\ \text{mol/L}$$

A constante de equilíbrio para a esta reação é dada por:

$$K_c = \frac{[NH_3(g)]^2}{[N_2(g)] \cdot [H_2(g)]^3} \Rightarrow K_c = \frac{(0{,}438)^2}{(0{,}781) \cdot (0{,}343)^3} \Rightarrow K_c \simeq 6{,}09$$

CONCENTRAÇÃO MOLAR EM FUNÇÃO DO TEMPO

HELOÍSA PINTARELLI



Como o valor da constante é maior que 1, podemos prever que, nessa reação, durante o equilíbrio, a quantidade de produtos é maior do que a quantidade de reagentes.

Podemos observar três situações de equilíbrio químico ao analisar gráficos de concentração molar pelo tempo.

A Quando a concentração de reagentes [R] é igual à concentração de produtos [P], a constante de equilíbrio é igual a 1. Quando isso ocorre, podemos dizer que a reação não favorece nenhum dos dois sentidos.

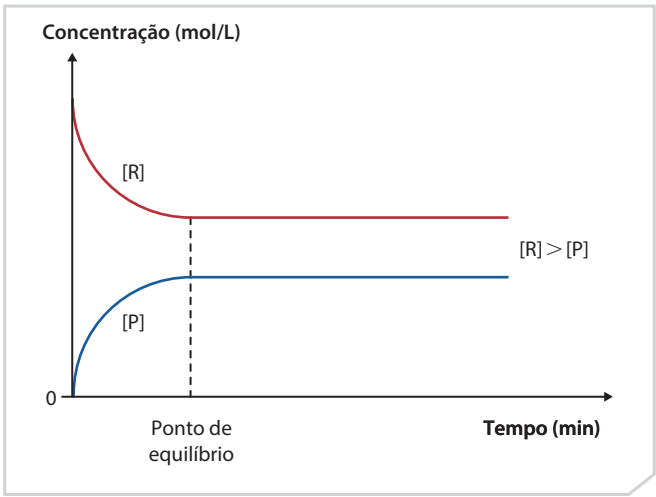
Gráfico produzido com base em: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 665.

MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

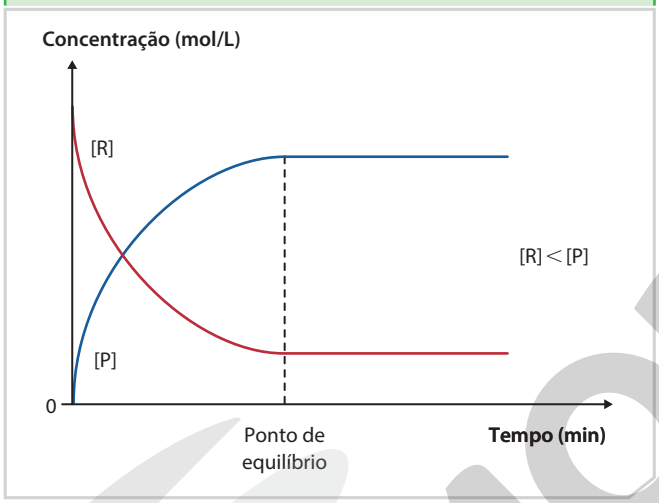
CONCENTRAÇÃO MOLAR EM FUNÇÃO DO TEMPO



B Quando a concentração de reagentes [R] é maior que a concentração de produtos [P]. Neste caso, a constante de equilíbrio é menor que 1. Quando isso ocorre, podemos dizer que a reação favorece a formação dos reagentes.

Gráfico produzido com base em: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 665.

CONCENTRAÇÃO MOLAR EM FUNÇÃO DO TEMPO



C Quando a concentração de reagentes [R] é menor que a concentração de produtos [P]. Neste caso, a constante de equilíbrio é maior que 1. Quando isso ocorre, podemos dizer que a reação favorece a formação dos produtos.

Gráfico produzido com base em: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 665.

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

Constantes de equilíbrio K_p

Para sistemas gasosos, além da constante de equilíbrio em termos das concentrações molares, podemos calcular a constante de equilíbrio em termos das pressões parciais dos gases participantes da reação. Considerando novamente a reação genérica:

$$a\,A + b\,B \rightleftharpoons d\,D + e\,E$$

em que *a*, *b*, *d* e *e* são os coeficientes estequiométricos dos participantes da reação química.

A equação geral da constante de equilíbrio em função das pressões parciais é dada por:

$$K_p = \frac{(p_D)^d \cdot (p_E)^e}{(p_A)^a \cdot (p_B)^b}$$

Para a reação de decomposição da amônia, a constante K_p é expressa pela seguinte equação:

$$K_p = \frac{(p_{N_2}) \cdot (p_{H_2})^3}{(p_{NH_3})^2}$$

A seguir, serão estudados exemplos do cálculo das constantes de equilíbrio K_c e K_p.

MODERNA

ATIVIDADE RESOLVIDA

R1 Calcule a constante de equilíbrio (K_p) para a reação representada pela equação química abaixo, sabendo que no recipiente as pressões parciais das substâncias, no equilíbrio, são: $p_{H_2} = 7{,}38$ atm; $p_{N_2} = 2{,}46$ atm; $p_{NH_3} = 0{,}166$ atm.

$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3(g)$$

Resolução

Para essa reação, a constante de equilíbrio é dada por:

$$K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2}) \cdot (p_{H_2})^3}$$

Substituindo pelos valores numéricos, temos:

$$K_p = \frac{(0{,}166)^2}{(2{,}46) \cdot (7{,}38)^3} = 2{,}79 \cdot 10^{-5}$$

R2 Considere que 4,0 mol de $H_2(g)$ e 4,0 mol de $I_2(g)$, em um recipiente de 2,0 litros, atingem a condição de equilíbrio a 500 °C, em que a quantidade de HI(g) é igual a 4,0 mol. Determine o valor da constante de equilíbrio para a reação abaixo.

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2\,HI(g)$$

Resolução

De acordo com as informações dadas, e considerando que não havia produto no início da reação, temos:

	$1\,H_2(g)$	+	$1\,I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2\,HI(g)$
Início	4,0 mol		4,0 mol		0
Consumo/produção					4,0 mol
Equilíbrio					4,0 mol

Como a proporção entre o HI(g) e o $H_2(g)$ ou $I_2(g)$ é de 2:1, foram consumidos 2,0 mol de cada um dos reagentes. A quantidade dos reagentes no equilíbrio é igual à quantidade inicial menos o que foi consumido.

	$1\,H_2(g)$	+	$1\,I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2\,HI(g)$
Início	4,0 mol		4,0 mol		0
Consumo/produção	2,0 mol		2,0 mol		4,0 mol
Equilíbrio	2,0 mol		2,0 mol		4,0 mol

Para obter as concentrações molares, devemos dividir as quantidades pelo volume do recipiente:

$$[H_2(g)] = \frac{2{,}0\ mol}{2\ L} = 1{,}0\ mol/L$$

$$[I_2(g)] = \frac{2{,}0\ mol}{2\ L} = 1{,}0\ mol/L$$

$$[HI(g)] = \frac{4{,}0\ mol}{2\ L} = 2{,}0\ mol/L$$

Para essa reação, a constante de equilíbrio é dada por:

$$K_c = \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)] \cdot [I_2(g)]}$$

Substituindo pelos valores numéricos, temos:

$$K_c = \frac{(2{,}0)^2}{(1{,}0) \cdot (1{,}0)} \Rightarrow K_c = 4$$

MODERNA

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

Equilíbrios heterogêneos

Nas reações químicas em equilíbrio, todas as substâncias envolvidas podem se encontrar no mesmo estado de agregação. Isso ocorre nas reações em que todos os componentes estão na fase gasosa ou em solução. Este tipo de equilíbrio é chamado **equilíbrio homogêneo**.

Em outros casos, as substâncias em equilíbrio estão em fases diferentes. Podem estar em equilíbrio, por exemplo, um sólido com outras substâncias dissolvidas (em fase aquosa). Este tipo de equilíbrio é chamado **equilíbrio heterogêneo**.

Nos equilíbrios heterogêneos, as substâncias nos estados sólido e líquido não são incluídas no cálculo da constante de equilíbrio. A fórmula geral para o cálculo da constante permanece a mesma, apenas excluindo as substâncias que estejam nesses estados de agregação. Veja a seguir alguns exemplos.

- Combustão incompleta do carvão formando monóxido de carbono (CO):

$$2\,C(s) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,CO(g)$$

Para a constante de equilíbrio, aplica-se a mesma regra tanto em termos de concentração molar como em termos de pressão parcial:

$$K_c = \frac{[CO(g)]^2}{[O_2(g)]} \quad \text{e} \quad K_p = \frac{(p_{CO})^2}{(p_{O_2})}$$

- Reação de decomposição térmica do carbonato de cálcio $(CaCO_3)$ sólido para a obtenção da cal virgem (CaO):

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

Esta reação é conhecida industrialmente como **calcinação**. Além do uso na construção civil, para a fabricação da argamassa, a cal virgem é utilizada nas indústrias siderúrgicas, de papel e de celulose, de tintas, alimentícia, farmacêutica, açucareira, entre outras. Também é usada no controle ambiental, na agricultura, na estabilização de solos e no tratamento de águas potáveis e industriais. Suas constantes de equilíbrio são dadas por:

$$K_c = [CO_2(g)] \quad \text{e} \quad K_p = (p_{CO_2})$$

EDSON GRANDISOLI/PULSAR IMAGENS

Extração de calcário no município de Votorantim, São Paulo (2020).

- Reação de dissolução da hidroxiapatita:

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2(s) + 8\,H_3O^+(aq) \rightleftharpoons 10\,Ca^{2+}(aq) + 6\,HPO_4^{2-}(aq) + 10\,H_2O(l)$$

A reação de dissolução da hidroxiapatita no processo de desmineralização dos dentes, estudada anteriormente, é um equilíbrio do tipo heterogêneo. Nessa reação, existem substâncias nas fases sólida e aquosa. Sua constante de equilíbrio é dada por:

$$K_c = \frac{[Ca^{2+}(aq)]^{10} \cdot [HPO_4^{2-}(aq)]^6}{[H_3O^+(aq)]^8}$$

Observe que, na verdade, os sólidos e os líquidos não são realmente omitidos no cálculo das constantes. No caso do K_c, as concentrações dos sólidos e dos líquidos são constantes a uma determinada temperatura. Portanto, seus valores já estão inseridos no próprio valor de K_c. Para o cálculo de K_p, as pressões de vapor dos sólidos e dos líquidos também são constantes a uma determinada temperatura.

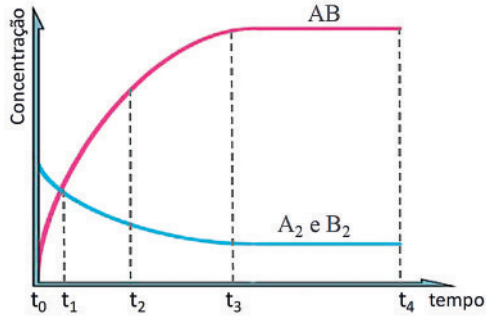
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Resposta da questão **5** no **Suplemento para o professor**.

1. **(UFPA-PA)** O gráfico abaixo refere-se ao comportamento da reação.



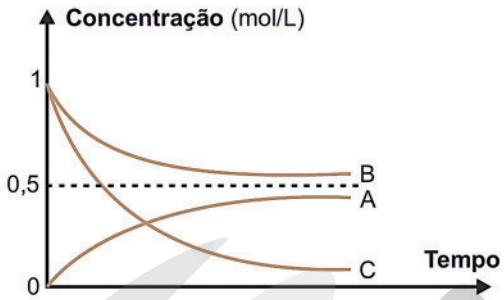
REPRODUÇÃO

Em seu caderno, escreva a alternativa com o valor de tempo para quando o equilíbrio dessa reação for alcançado.

a) t_0. **b)** t_1. **c)** t_2. **d)** t_3. **e)** t_4.

Alternativa **d**.

2. **(PUC-SP)** Durante uma transformação química as concentrações das substâncias participantes foram determinadas ao longo do tempo. O gráfico a seguir resume os dados obtidos ao longo do experimento.



REPRODUÇÃO

A respeito do experimento, foram feitas algumas afirmações:

I) A e B são reagentes e C é o produto da reação estudada.

II) A reação química estudada é corretamente representada pela equação: $B + 2\,C \rightarrow A$

III) Não houve consumo completo dos reagentes, sendo atingido o equilíbrio químico.

IV) A constante de equilíbrio dessa reação, no sentido da formação de A, nas condições do experimento é menor do que 1.

Em seu caderno, escreva a alternativa com as afirmações corretas:

a) I e IV. **b)** II e III. **c)** II e IV. **d)** III e IV.

Alternativa **b**.

3. **(UFJF-MG)** Dada a expressão da constante de equilíbrio em termos da concentração de produtos e reagentes:

$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \cdot [O_2]}$$

Em seu caderno, escreva a alternativa que apresenta a equação de equilíbrio químico correspondente à expressão acima.

a) $SO_3(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + O_2(g)$

b) $2\,SO_3(g) \rightleftharpoons 2\,SO_2(g) + O_2(g)$

c) $SO_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g) + O_2(g)$

d) $2\,SO_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g) + O_2(g)$

e) $2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g)$

Alternativa **e**.

4. **(UPM-SP)** Em um balão de capacidade igual a 10 L, foram adicionados 1 mol da espécie $A_2(g)$ e 2 mols da espécie $B_2(g)$. Tais reagentes sofreram transformação de acordo com a equação a seguir:

$$A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2\,AB(g)$$

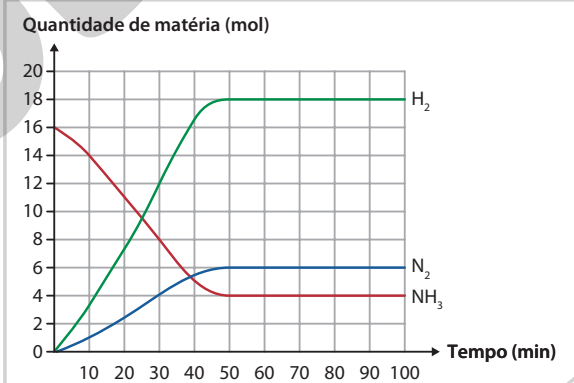
Considerando-se que, no estado de equilíbrio químico, a concentração da espécie AB(g) seja de $0{,}1\ mol \cdot L^{-1}$, escreva em seu caderno a alternativa que apresenta, aproximadamente, o valor da constante de equilíbrio (K_c) para esse processo.

a) 0,25 **b)** 1,33 **c)** 5,00 **d)** 6,66 **e)** 7,50

Alternativa **b**.

5. O gráfico a seguir mostra a quantidade de matéria, em função do tempo, para a reação de decomposição da amônia, em um balão de capacidade igual a 10 L.

QUANTIDADE DE MATÉRIA EM FUNÇÃO DO TEMPO



HELOÍSA PINTARELLI

Gráfico produzido com base em: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Trad. Ricardo Bicca de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 384.

De acordo com as informações apresentadas no gráfico, determine os itens abaixo em seu caderno:

a) A reação química balanceada.

b) O tempo em que a reação atingiu o equilíbrio químico.

c) A expressão da constante de equilíbrio em termos de pressão parcial.

d) A expressão da constante de equilíbrio em termos de quantidade de matéria.

e) O valor da constante de equilíbrio.

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

MODERNA

Fatores que alteram o equilíbrio químico

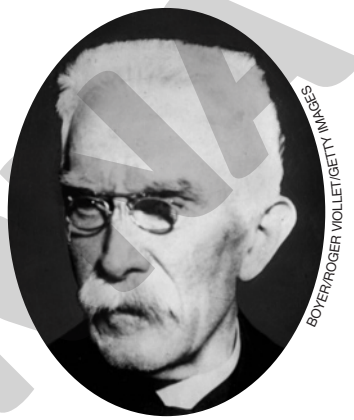
Como estudamos anteriormente, quando a desintegração mineral do esmalte dos dentes é superior à sua formação mineral natural, pode ocorrer o desenvolvimento da cárie. O aumento da acidez da saliva, causado pelo aumento da concentração de íons H_3O^+, perturba o equilíbrio químico já estabelecido. Observe, na reação a seguir, que esse íon está do lado dos reagentes e reage com a hidroxiapatita, favorecendo, assim, a desmineralização dos dentes.

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2(s) + 8\,H_3O^+(aq) \rightleftharpoons 10\,Ca^{2+}(aq) + 6\,HPO_4^{2-}(aq) + 10\,H_2O(l)$$

Em um sistema químico em equilíbrio, a rapidez da reação direta é igual à da reação inversa, mantendo a concentração dos participantes constante. Enquanto não houver a interferência de um agente externo, o sistema permanece em equilíbrio. Se ocorrer a ação de um agente externo, o sistema tende a reagir com o objetivo de minimizar os efeitos dessa ação.

Em 1884, o químico francês Henri-Louis Le Chatelier (1850-1936) enunciou o seguinte princípio:

> Quando sobre um sistema em equilíbrio atua um fator externo (variação de concentração, de pressão ou de temperatura), o sistema tende a favorecer a reação no sentido contrário à ação desse fator.


BOYER/ROGER VIOLLET/GETTY IMAGES

Henri-Louis Le Chatelier

O princípio de Le Chatelier permite prever a influência da ação de um fator externo em um sistema em equilíbrio. Conforme o enunciado do princípio, o equilíbrio pode ser perturbado por diferentes fatores, como temperatura, pressão e concentração.

Variação na concentração de reagentes e de produtos

Ao variar a concentração de um reagente ou de um produto, a reação sai do equilíbrio, mas tende a atingir, espontaneamente, um novo estado de equilíbrio. Observe o exemplo da reação de formação do cloreto de hidrogênio (HCl):

$$H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2\,HCl(g)$$

Adicionando-se $H_2(g)$ ou $Cl_2(g)$, a reação sai do estado de equilíbrio e, para retornar a esse estado, deve consumir pelo menos uma parte do reagente adicionado. Como o consumo de reagentes ocorre aumentando a velocidade da reação direta, dizemos que o equilíbrio foi favorecido no sentido da formação do produto.

No caso do aumento ou da diminuição da concentração do produto, podemos prever o mesmo efeito observado com os reagentes. Portanto, adicionando qualquer participante, o equilíbrio altera, favorecendo o seu consumo. Já, ao retirar algum dos participantes, o equilíbrio se altera favorecendo a sua formação (tendendo a minimizar o efeito da retirada).

Observe no quadro abaixo um resumo das mudanças que podem ocorrer na reação estudada.

Interferência	Sentido da reação favorecida
aumento da $[H_2(g)]$	produto
aumento da $[Cl_2(g)]$	produto
aumento da $[HCl(g)]$	reagentes
diminuição da $[H_2(g)]$	reagentes
diminuição da $[Cl_2(g)]$	reagentes
diminuição da $[HCl(g)]$	produto

1. Podemos prever, de forma análoga, como será atingido o novo estado de equilíbrio no caso da diminuição da concentração de um dos reagentes. Explique com suas palavras como isso ocorre.

!

É importante observar que, no novo estado de equilíbrio atingido, os valores de K_c e de K_p permanecem os mesmos do estado de equilíbrio anterior.

1. Espera-se que os estudantes respondam que, para retornar ao estado de equilíbrio, é necessário repor o reagente retirado. Para que isso ocorra, a velocidade da reação inversa passa a ser maior do que a velocidade da reação direta. Nesse caso, dizemos que o equilíbrio foi deslocado para a esquerda.

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

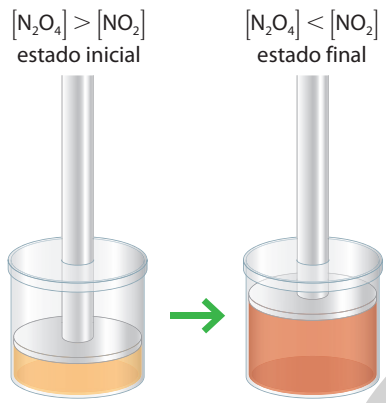
MODERNA

Variação na concentração da pressão total do sistema

Vamos considerar, como exemplo, o equilíbrio entre o dióxido de nitrogênio (NO_2) e o tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4).

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$$

O N_2O_4 é um gás incolor e o NO_2 é um gás de cor castanha. Observa-se, experimentalmente, que, ao diminuir a pressão de um sistema em equilíbrio contendo esses dois gases, a cor castanha se intensificará.



HELOÍSA PINTARELLI

Ilustração produzida com base em: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 448.

Representação de um sistema contendo os gases dióxido de nitrogênio e tetróxido de dinitrogênio. Ao subir o êmbolo, a pressão interna do sistema diminui e a coloração se altera. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Observa-se que a diminuição da pressão favorece o sentido da formação do maior número de moléculas de gás (NO_2). Nesse caso, temos 1 mol do lado do reagente e 2 mol do lado do produto.

Essa ideia também está de acordo com o princípio de Le Chatelier, pois o aumento da pressão total altera o equilíbrio favorecendo a reação no sentido de menor volume (menor número de mols), dado que a redução no volume minimiza o efeito da pressão aplicada. Por outro lado, a redução da pressão total altera o equilíbrio favorecendo a reação no sentido de maior volume (maior número de mols), pois o aumento de volume minimiza a redução da pressão.

Observe no quadro abaixo um resumo das mudanças que podem ocorrer na reação estudada:

Interferência	Sentido da reação favorecida
aumento da pressão total	aquele em que há contração volumétrica
diminuição da pressão total	aquele em que há expansão volumétrica

Se uma reação não apresenta variação de volume, a variação da pressão não provoca alterações sobre o seu equilíbrio. Veja um exemplo.

$$H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2\,HCl(g)$$

Nessa reação, há 2 mols nos reagentes $(1\,H_2(g) + 1\,Cl_2(g))$ e 2 mols no produto $(2\,HCl(g))$. Portanto, a variação da pressão não altera o equilíbrio.

Assim como estudamos com as variações das concentrações dos participantes do equilíbrio, a variação da pressão total também não altera os valores de K_c e K_p.

Outro fator importante a se considerar é que, em um sistema fechado e em equilíbrio gasoso, o equilíbrio não será afetado se for introduzido um novo gás que não reaja com algum dos participantes deste equilíbrio.

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

Variação da temperatura do sistema

Considerando-se um sistema em equilíbrio, a variação de temperatura tende a produzir deslocamento desse equilíbrio da seguinte maneira.

Interferência	Sentido da reação favorecida
aumento da temperatura	aquele em que a reação é endotérmica
diminuição da temperatura	aquele em que a reação é exotérmica

Essa conclusão está de acordo com o princípio de Le Chatelier, pois o aumento da temperatura altera o equilíbrio de modo que a absorção de calor pela reação venha a minimizar a elevação da temperatura (sentido endotérmico); por outro lado, a diminuição da temperatura altera o equilíbrio de modo que a liberação de calor pela reação venha a minimizar a diminuição da temperatura (no sentido exotérmico). Por exemplo, na reação de síntese da amônia:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \quad \Delta H = -109{,}5\ kJ$$

O valor do ΔH ao lado da reação refere-se à reação direta. Portanto, a reação direta é exotérmica e a reação inversa é endotérmica.

É importante notar que a variação da temperatura provoca variações nos valores de K_p e K_c. De modo geral, pode-se dizer que, nas reações endotérmicas, o valor de K_c aumenta com a temperatura, e nas reações exotérmicas, o valor de K_c diminui com a temperatura.

Influência do catalisador

O catalisador é um agente químico que aumenta a velocidade da reação química, sem ser consumido por ela. Esse aumento da velocidade está relacionado com a diminuição da energia de ativação da reação, a qual refere-se à energia mínima necessária para colocar os reagentes em uma posição que os possibilita reagir com o outro e, assim, iniciar a reação. Veja o gráfico abaixo.

ENERGIA DE ATIVAÇÃO DE REAÇÃO CATALISADA E NÃO CATALISADA

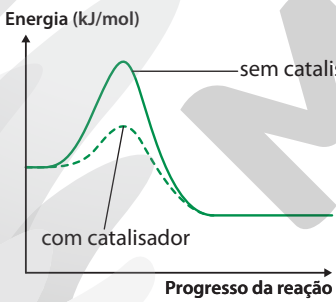


Gráfico produzido com base em: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 689.

Os catalisadores não deslocam os equilíbrios, pois atuam igualmente na rapidez das reações direta e inversa; entretanto, diminuem o tempo para que seja estabelecido o estado de equilíbrio do sistema. Veja no gráfico ao lado.

Neste gráfico, t_1 é o tempo gasto para atingir o equilíbrio na presença de catalisador e t_2 é o tempo gasto para atingir o equilíbrio na ausência de catalisador.

Nesse processo, há diminuição do tempo para estabelecer o equilíbrio do sistema. Influenciando apenas no tempo para atingir o estado de equilíbrio, o catalisador não altera o rendimento da reação.

AÇÃO DOS CATALISADORES EM REAÇÕES REVERSÍVEIS

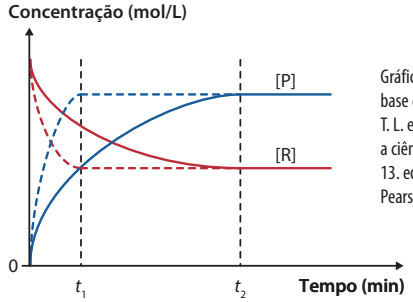


Gráfico produzido com base em: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 689.

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Após escolher a reação, antes de iniciar a investigação, consulte o professor sobre a segurança dessa reação para que não haja nenhum risco.

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

MODERNA

INVESTIGUE Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Reações reversíveis e o equilíbrio químico

Contextualização

RC PHOTO FUN/ SHUTTERSTOCK

Óculos com lentes fotossensíveis. A lente da esquerda não foi exposta à luz, ao passo que a da direita foi.

As lentes fotocromáticas mudam de cor quando são ativadas pela luz ultravioleta. Elas permanecem claras em ambientes internos, em dias pouco iluminados ou à noite, mas escurecem quando são expostas à luz solar.

Na estrutura da lente, há cristais de cloreto de prata ($AgCl$) e íons cobre(I) (Cu^+). Quando a luz incide sobre a lente, ocorre a formação de prata metálica (Ag) que escurece a lente. Já na ausência de luz, formam-se íons prata (Ag^+) e a lente volta a ficar clara.

a) Com base no funcionamento das lentes fotocromáticas, as reações químicas que ocorrem em seu interior são reversíveis ou irreversíveis? Justifique.

b) Qual é o principal fator externo que influencia as reações químicas que ocorrem nas lentes fotocromáticas?

c) Que fatores podem influenciar o equilíbrio de uma reação reversível?

d) Qual é a importância do uso de óculos com lentes com proteção UV, quando estamos expostos à luz solar?

Orientações

Junte-se a dois colegas e pesquisem uma reação reversível, que seja possível de ser reproduzida utilizando materiais simples, seguros e de fácil aquisição.

Elaborem um roteiro para essa investigação, contemplando as questões a seguir.

- Qual é a reação química que será investigada?
- Quais são os materiais necessários para realização dessa reação química?
- Onde esses materiais podem ser encontrados?
- Como vamos observar a reversibilidade da reação?
- Como verificar e comprovar o momento em que a reação atinge o equilíbrio químico?
- Quais são os fatores que alteram o equilíbrio dessa reação?
- Quais são os cuidados necessários durante a realização da atividade?
- Como serão registrados os dados observados?
- O que deve ser feito com os materiais após a realização da atividade?

! Após escolher a reação, antes de iniciar a investigação, consulte o professor sobre a segurança dessa reação para que não haja nenhum risco.

Realizem a atividade de investigação procurando soluções para os possíveis problemas e dificuldades que surgirem. Durante a execução, registrem cada etapa da atividade no caderno. Pesquisem em livros, artigos científicos e *sites* confiáveis as informações necessárias para realizar a montagem e a execução do experimento.

Análise e divulgação dos dados

Escrevam um roteiro que apresente os objetivos da investigação, os materiais utilizados, os processos da montagem do experimento com fotografias das etapas mais importantes e as conclusões obtidas. Em seguida, criem um *blog* e postem os relatórios produzidos por todos os grupos da sala. Ao final, divulguem para toda a comunidade escolar o endereço eletrônico do *blog* criado.

Ao final, apresente a resposta das seguintes questões.

1. Quais foram as reações de equilíbrio químico envolvidas durante a execução da atividade?
2. Como pode ser evidenciado o equilíbrio químico de uma reação?
3. Quais são os fatores que alteram o equilíbrio de uma reação química? Quais destes foram testados durante a investigação?

MODERNA

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

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

1. Considere as reações químicas apresentadas a seguir.

a) $2\,H_2O(g) \rightleftharpoons 2\,H_2(g) + O_2(g)$

b) $2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g)$

c) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2\,HI(g)$

d) $CO(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + NO(g)$

Escreva em seu caderno qual dessas reações terá seu equilíbrio alterado favorecendo a formação de mais produto se ocorrer um aumento de pressão.

Alternativa **b**.

2. Em garrafas lacradas contendo água gaseificada, a reação de decomposição do ácido carbônico (H_2CO_3) em meio aquoso encontra-se em equilíbrio químico, como mostra a reação a seguir:

$$H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons H_2O(l) + CO_2(g)$$

ADISA/SHUTTERSTOCK

Garrafa contendo água gaseificada.

Em seu caderno, escreva a alternativa correta sobre o que ocorre quando a garrafa é aberta, de acordo com o princípio de Le Chatelier.

a) O aumento da pressão em seu interior, favorecendo a formação do ácido carbônico.

b) A diminuição da pressão em seu interior, favorecendo a formação do ácido carbônico.

c) O aumento da temperatura em seu interior, favorecendo a decomposição do ácido carbônico.

d) A diminuição da pressão em seu interior, favorecendo a decomposição do ácido carbônico.

e) O aumento da pressão em seu interior, favorecendo a decomposição do ácido carbônico.

Alternativa **d**.

3. Considere a seguinte reação em equilíbrio químico:

$$2\,H_2(g) + 2\,NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 2\,H_2O(g)$$

Em seu caderno, escreva a alternativa com o procedimento que levará a um aumento na produção de gás nitrogênio.

a) Acrescentar vapor de água.

b) Diminuir a concentração de gás hidrogênio.

c) Adicionar um catalisador à reação.

d) Remover o monóxido de nitrogênio.

e) Aumentar a pressão.

Alternativa **e**.

4. c) $\left[Co(H_2O)_6\right]^{2+}(aq)$ e $Cl^-(aq)$

4. d) $K_c = \dfrac{\left[\left[Co(H_2O)_6\right]^{2+}\right] \cdot \left[Cl^-\right]^4}{\left[\left[CoCl_4\right]^{2-}\right]}$

5. b) $K_p = \dfrac{(p_{N_2O_4})}{(p_{NO_2})^2}$

4. O galo do tempo é um artigo de decoração que muda de cor em função da umidade relativa do ar, passando da cor azul para a cor rosa e vice-versa. O íon $\left[CoCl_4\right]^{2-}(aq)$ apresenta coloração azul, enquanto o íon $\left[Co(H_2O)_6\right]^{2+}(aq)$ apresenta a cor rosa. A equação envolvida neste equilíbrio químico é representada por:

$$\left[CoCl_4\right]^{2-}(aq) + 6\,H_2O(l) \rightleftharpoons \left[Co(H_2O)_6\right]^{2+}(aq) + 4\,Cl^-(aq)$$

Em seu caderno, responda:

a) Qual é a cor adquirida pelo galo do tempo em um dia ensolarado? Azul.

b) Qual é a cor adquirida pelo galo do tempo em um dia chuvoso? Rosa.

c) O aumento da umidade relativa do ar favorece a formação de quais componentes?

d) Qual é a expressão da constante de equilíbrio desta reação?

5. O dióxido de nitrogênio, NO_2, é um gás de cor marrom-avermelhado que, em determinadas condições, como baixas temperaturas, transforma-se em tetróxido de dinitrogênio, N_2O_4, um gás de coloração incolor. A reação em equilíbrio químico é representada por:

$$2\,NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$$

a) Em seu caderno anote quais destas condições reacionais promoveriam o aumento da concentração do tetróxido de dinitrogênio.

Aumento da temperatura.	Diminuição X da temperatura.
X Aumento da pressão.	Diminuição da pressão.
X Adição de NO_2.	Adição de N_2O_4.
Adição de catalisador.	Adição de H_2O.

b) Escreva em seu caderno a expressão da constante de equilíbrio para essa reação em termos de pressão parcial.

c) Considere que, no equilíbrio químico, a pressão parcial do dióxido de dinitrogênio é 1,5 atm e a pressão do tetróxido de dinitrogênio é 1,2 atm. Qual é o valor aproximado da constante de equilíbrio em termos de pressão parcial?

$K_p = \dfrac{(p_{N_2O_4})}{(p_{NO_2})^2} \Rightarrow K_p = \dfrac{(1,2)}{(1,5)^2} \Rightarrow K_p = \dfrac{1,2}{2,25} \therefore K_p \approx 0,53$

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

MODERNA

CAPÍTULO 7

Equilíbrio iônico e pH

Definições ácido-base

Como estudamos no capítulo anterior, a ingestão de alimentos ricos em açúcar associada à higienização bucal inadequada provoca o desgaste do esmalte dentário e a desmineralização dos dentes. No entanto, outros alimentos, além dos doces, podem causar danos aos dentes, como os ácidos.

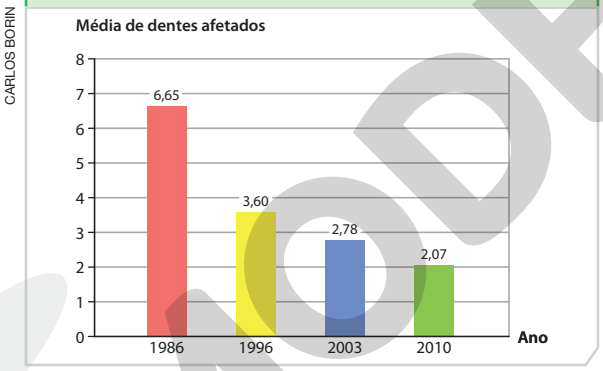
Os ácidos presentes em alguns alimentos, por exemplo, café, molho de tomate e frutas cítricas (como laranja, limão e tangerina), causam a desmineralização no esmalte dos dentes, os quais podem ficar amarelados, sensíveis e suscetíveis à formação de cárie.

Após a ingestão de alimentos ácidos, é importante esperar um tempo antes de fazer a higienização bucal, pois a acidez deixa a superfície do dente mais suscetível ao atrito com a escova. Esse tempo é essencial para que a saliva proteja o esmalte do dente.

Resposta no **Suplemento para o professor**.

1. Uma maneira de reduzir os riscos do processo de desmineralização dos dentes em razão do consumo de alimentos ácidos é ingeri-los com alimentos que não sejam ácidos. Em sua opinião, por que é feita essa recomendação?

ÍNDICE DE CÁRIE, EXTRAÇÃO E OBTURAÇÃO DE DENTE EM CRIANÇAS BRASILEIRAS DE 12 ANOS, DE 1986 A 2010



CARLOS BORIN

O gráfico ao lado mostra a quantidade média de dentes lesionados pela cárie, obturados e extraídos ao longo do tempo em crianças brasileiras.

Fonte: BRASIL. A saúde bucal no Sistema Único de Saúde. *Ministério da Saúde*. Brasília, 2018. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_bucal_sistema_unico_saude.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2020.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

2. O que você observou ao analisar o gráfico? Em sua opinião, o que justifica os resultados observados?

3. Você costuma ingerir muitos alimentos ácidos? Em sua opinião, o que define a acidez de uma substância?

A Química, desde sua origem, busca teorias e modelos que expliquem os comportamentos das substâncias.

Entre as teorias mais difundidas para classificar ácidos e bases, tem-se a definição de ácido e base segundo Arrhenius, proposta pelo químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927). Segundo essa definição, temos que:

ácido é o componente que, em água (H_2O), apresenta capacidade de liberar o cátion hidrogênio (H^+) e formar o cátion oxônio ou hidrônio (H_3O^+).

base é o componente que, em água, apresenta capacidade de liberar ânion hidroxila (OH^-).

Por se tratarem de substâncias moleculares, os ácidos sofrem ionização em solução aquosa. Podemos representar a ionização de um ácido apenas com a liberação do cátion hidrogênio (**I**) ou com a formação do cátion hidrônio (**II**):

(**I**) $HCl(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + Cl^-(aq)$

(**II**) $HCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$

As bases são substâncias iônicas e sofrem dissociação iônica ao serem dissolvidas em água:

$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

EMILIO SEGRÈ VISUAL ARCHIVES/AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS/SPL/FOTOARENA – COLEÇÃO PARTICULAR

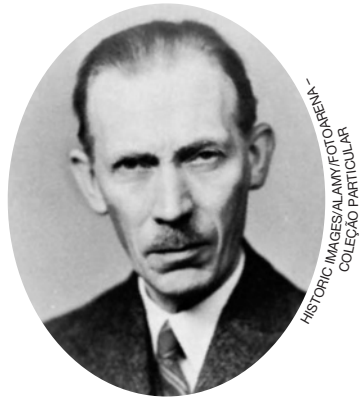
Retrato de Svante August Arrhenius. Ele recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1903.

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

MODERNA

A definição de ácido e base segundo Arrhenius apresenta limitações, pois é restrita à classificação de soluções aquosas.

Para suprir essa limitação da definição proposta por Arrhenius, dois físico-químicos, o dinamarquês Johannes Nicolaus Brønsted (1879-1947) e o inglês Thomas Martin Lowry (1874-1936), propuseram uma definição mais geral de ácidos e bases.


HISTORIC IMAGES/ALAMY/FOTOARENA – COLEÇÃO PARTICULAR

Johannes Nicolaus Brønsted

De acordo com essa definição, **ácido** é toda espécie química (molécula ou íon) capaz de ceder prótons H^+ em uma reação. Observe a reação abaixo:

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

O cloreto de hidrogênio (HCl) cede um próton H^+ para a água, transformando-se no íon cloreto (Cl^-). No exemplo a seguir, o íon amônio (NH_4^+) é um ácido de Brønsted-Lowry:

$$NH_4^+(aq) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H^+(aq)$$

Uma **base**, na definição de ácido e base segundo Brønsted-Lowry, é toda espécie química (molécula ou íon) capaz de receber prótons H^+ em uma reação. Observe a reação abaixo, em que a amônia (NH_3) se comporta como uma base:

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

Todas as reações apresentadas acima são reversíveis. Analisando a reação a seguir, podemos verificar que, para a reação inversa, o íon H_3O^+ é um ácido de Brønsted-Lowry, pois cede um próton H^+.

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Na reação direta, o HCl cede um próton H^+ para a H_2O. Na reação inversa, o H_3O^+ cede um próton H^+ para o Cl^-. Portanto, o H_2O e o Cl^- são bases de Brønsted-Lowry. Considerando as reações direta e inversa, temos:

$$\underset{\text{ácido}}{HCl(aq)} + \underset{\text{base}}{H_2O(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{ácido}}{H_3O^+(aq)} + \underset{\text{base}}{Cl^-(aq)}$$

Dizemos que os pares HCl/Cl^- e H_3O^+/H_2O são dois **pares conjugados ácido-base**. Na definição de ácido e base segundo Brønsted-Lowry, um par conjugado ácido-base é formado por duas espécies químicas que diferem entre si por um H^+.

Quando um ácido tem grande tendência de liberar H^+, ele é considerado forte. Por exemplo, na reação acima, o HCl apresenta grande tendência para liberar o H^+. Assim, a reação direta tende a ocorrer com maior velocidade até que se atinja o equilíbrio, o qual resulta em maior concentração de produtos do que de reagentes. Então, podemos concluir também que o Cl^- tem pouca tendência de receber o H^+ de volta. Isso nos leva a concluir que, se o ácido é forte, sua base conjugada é fraca, e vice-versa.

Essa definição, aliada ao conceito de ácidos e bases conjugados, mostra que a ideia de caráter ácido-base é relativa. Uma substância pode agir como ácido em relação a outra em uma reação, mas funcionar como base em relação a uma terceira substância.

É o caso, por exemplo, da água. Acompanhe as reações abaixo.

(I) $HCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$

(II) $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$

Na reação **(I)**, a água recebe um próton H^+ do HCl. Portanto, trata-se de uma base.

Na reação **(II)**, ela cede um próton H^+ para o NH_3. Nesse caso, comporta-se como um ácido.

As substâncias que apresentam esse comportamento são chamadas de **anfipróticas**.

Podemos dizer que a reação do tipo ácido-base sempre ocorre no sentido de formar outro ácido e outra base, mais fracos que os iniciais.

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

MODERNA

Constante de ionização da água: pH e pOH

PICTIRE PARTNERS/SHUTTERSTOCK

Bananas não maduras.

4. Você já comeu uma banana nas mesmas condições que a mostrada na fotografia ao lado? Em caso afirmativo, que sensação você teve?

Resposta pessoal. O objetivo desta questão é incentivar a participação dos estudantes sobre suas vivências em relação ao conteúdo a ser trabalhado.

Alguns alimentos, como as bananas e os caquis, quando não maduros apresentam sabor adstringente, conhecido como a sensação de "amarrar a boca", diminuindo a salivação. O sabor adstringente, percebido pelo paladar, é uma característica das bases.

Medir a acidez ou a basicidade de um meio pode ser de extrema importância. Os exemplos mais próximos de nosso dia a dia são o controle da água em piscinas e em tanques destinados à criação de peixes e o controle da acidez do solo, que influi diretamente na produção agrícola. Veja a seguir como é possível fazer essa verificação, que usa uma escala que mede a acidez, a basicidade ou a neutralidade de um meio, chamada **escala de pH**.

Em qualquer sistema aquoso, parte das moléculas da água se ioniza. Esse sistema em equilíbrio pode ser representado por:

$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

Esse sistema também pode ser descrito, de maneira simplificada, pela seguinte equação química reversível:

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$

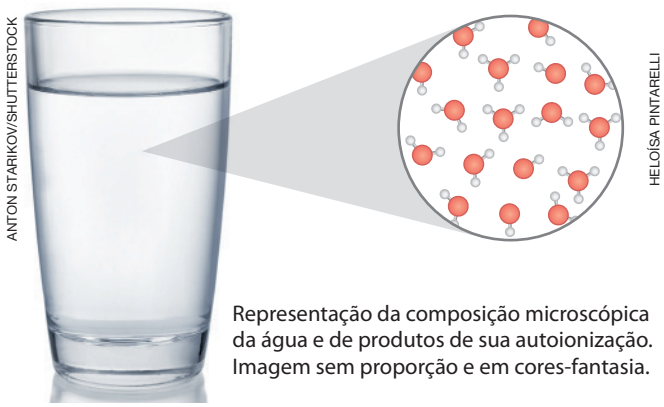
Para esse sistema em equilíbrio, podemos escrever sua constante de equilíbrio iônico (K_i).

$$K_i = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]}$$

Sabendo que a concentração da água líquida é constante, então o valor de $[H_2O]$ será englobado pela constante. A constante de equilíbrio iônico da água, ou produto iônico da água, é denominada K_w.

$$K_i \cdot [H_2O] = [H^+] \cdot [OH^-]$$
$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

Em um copo com água, há um equilíbrio dinâmico em que suas moléculas estão se ionizando e produzindo íons H_3O^+ e OH^-, enquanto outros íons H_3O^+ e OH^- se juntam para formar moléculas de água.



ANTON STARIKOV/SHUTTERSTOCK

HELOÍSA PINTARELLI

Representação da composição microscópica da água e de produtos de sua autoionização. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

!

Durante um tempo, foi utilizado o teste do sabor para classificar os materiais em ácido ou base, o que possibilitou verificar que as bases são substâncias que tendem a apresentar sabor adstringente e os ácidos, sabor azedo. No entanto, atualmente, esse critério está em desuso. Muitos ácidos e bases são tóxicos ou corrosivos, por isso, devem ser utilizados em conformidade com as normas e os padrões atuais, sendo manipulados com cuidado e não devendo ser ingeridos. Não experimente substâncias que você não conhece.

MODERNA

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

Experimentalmente, em 1 L de água a 25 °C, $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol de moléculas se ionizam, produzindo íons H^+ e OH^-. Considerando que nessas condições físicas a densidade da água líquida seja igual a 1,0 g/mL, 1 L dessa substância apresentará massa igual a 1000 g.

A massa molar da água é igual a 18 g/mol. Portanto, para 1000 g de água, temos:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{1000\ \text{g}}{18\ \text{g/mol}} \simeq 55{,}6\ \text{mol}$$

A concentração de moléculas de água é de aproximadamente, 55,6 mol/L. Como apenas $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol de moléculas se ionizam, isso equivale a dizer que, para cada 556 000 000 moléculas de água, apenas uma irá autoionizar. O grau de ionização da água pura é extremamente baixo.

Usando as concentrações dos íons H^+ e OH^-, podemos calcular o produto iônico da água (K_w) para 1000 g (1 kg) de água:

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

$$K_w = (1{,}0 \cdot 10^{-7}) \cdot (1{,}0 \cdot 10^{-7})$$

$$K_w = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$$

Em determinado meio, as concentrações dos íons H^+ e OH^- definem se esse meio é ácido, básico ou neutro de acordo com as relações mostradas no quadro abaixo.

Meio	Concentração dos íons
Neutro	$[H^+] = [OH^-]$
Ácido	$[H^+] > [OH^-]$
Básico	$[H^+] < [OH^-]$

Ao adicionar, por exemplo, HCl à água pura, esse ácido se ioniza:

$$HCl(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

O aumento na quantidade de íons H^+ irá alterar o equilíbrio da reação, favorecendo a formação da água. Para consumir o excesso de H^+ a reação de formação da água será favorecida, consumindo também os íons OH^-:

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$

Vamos considerar, por exemplo, que foi dissolvido na água uma quantidade de ácido para que a solução final tivesse concentração de 10^{-3} mol/L. Como o HCl é um ácido forte, vamos admitir que foi totalmente ionizado. Portanto, a solução apresenta $[H^+] = 10^{-3}$ mol/L.

Substituindo esse valor na fórmula do K_w, temos:

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

$$1{,}0 \cdot 10^{-14} = 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot [OH^-]$$

$$[OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-11}\ \text{mol/L}$$

Ao adicionar um ácido na água, a concentração dos íons OH^- diminuirá. Com isso, podemos calcular de modo análogo a concentração de íons H^+.

!

Note que o valor de K_w foi obtido para a temperatura de 25 °C. Assim como acontece com todas as constantes de equilíbrio, K_w também varia com a temperatura. Neste capítulo, faremos todos os cálculos relacionados ao produto iônico da água para o seu valor a 25 °C.

!

Lembre-se de que o valor de K_w é constante. Então, quanto maior for a concentração de HCl na água, menor será a concentração dos íons OH^-.

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

MODERNA

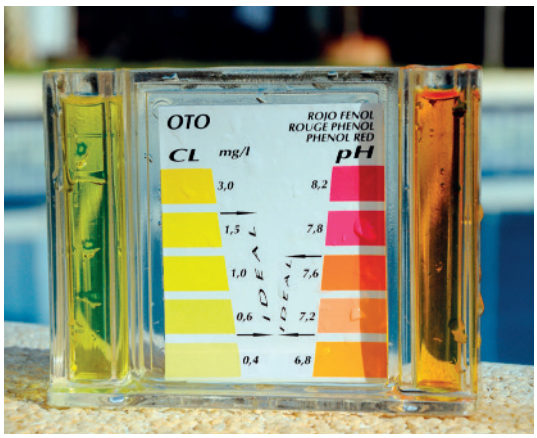
5. Você já ouviu falar em medir o pH da água de piscinas? Por que isso é importante?

Resposta pessoal. O objetivo desta questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação às aplicações do pH.

Para que os banhos em piscinas sejam agradáveis e seguros, é preciso ter alguns cuidados com a água, como eliminar os resíduos que podem ser vistos a olho nu e fazer o controle de seu pH, para garantir que ela não irrite os olhos e a pele dos banhistas e também não danifique os equipamentos da piscina.

De forma geral, para fazer essa análise, utiliza-se um estojo que, além de possibilitar a leitura da quantidade de cloro na água, indica seu pH.

CARON BADKIN/SHUTTERSTOCK



Estojo medidor de pH e cloro utilizado para analisar a água de piscinas. Quando a água está ácida, é necessário adicionar um material que tem como componente principal o carbonato de sódio (Na_2CO_3), aumentando o pH da água. Quando ela está alcalina, adiciona-se um material que seja ácido, nesse caso, usa-se o ácido clorídrico (solução aquosa de cloreto de hidrogênio), diminuindo o pH e evitando que a água se torne turva.

Os estudos sobre pH iniciaram-se com o químico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen (1868-1939). Sua ideia era trabalhar apenas com o expoente de base 10 e com valores positivos. Assim, ele definiu que, para expressarmos o potencial hidrogeniônico (pH) e o potencial hidroxiliônico (pOH) de uma solução, devemos usar:

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

Sabemos que, para um meio neutro, como a água pura à temperatura de 25 °C, $[H^+] = [OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L. Portanto, temos:

$$pH = -\log(10^{-7}) \therefore pH = 7$$

$$pOH = -\log(10^{-7}) \therefore pOH = 7$$

Para qualquer solução a 25 °C, também são válidas as relações:

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$$

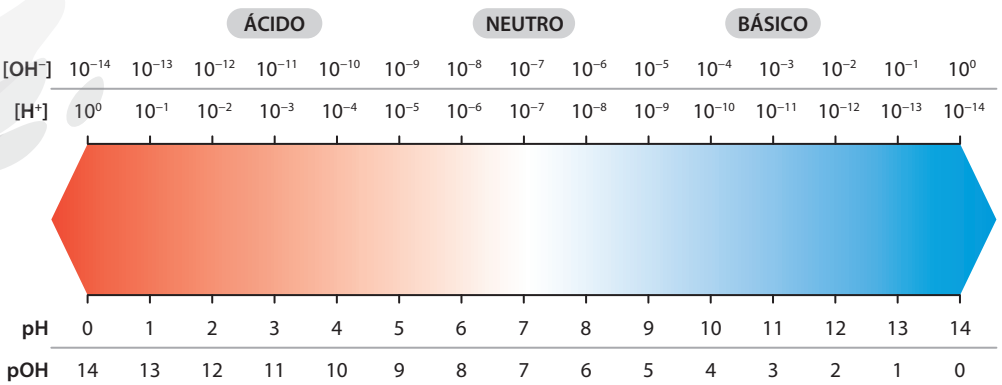
$$pH + pOH = 14$$

A seguir, são apresentados valores de concentrações, em quantidade de matéria, de íons H^+ e de OH^-, com seus respectivos pH e pOH a 25 °C.

As **soluções ácidas** apresentam $[H^+] > 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L. Portanto, essas soluções apresentam pH < 7.

As **soluções básicas** apresentam $[H^+] < 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L. Portanto, essas soluções apresentam pH > 7.

HELOÍSA PINTARELLI



Escalas de $[H^+]$, $[OH^-]$, pH e pOH. Quanto menor o valor do pH, mais ácida é a solução.

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

MODERNA

Métodos de determinação de pH

A medida do pH de uma solução aquosa pode ser feita com o auxílio de um aparelho chamado peagômetro ou de um indicador ácido-base.

O peagômetro mede a diferença de potencial elétrico existente em uma solução e possui uma escala graduada em valores de pH.

Os indicadores ácido-base são materiais que mudam de cor conforme o pH da solução. Alguns vegetais têm a propriedade de mudar de cor em contato com ácidos ou bases. É o caso do extrato de repolho-roxo, por exemplo.

Os indicadores utilizados em indústrias e laboratórios são materiais orgânicos que apresentam caráter de ácido fraco ou de base fraca. Veja as características e os usos de alguns deles.

PHOTONG/SHUTTERSTOCK

Peagômetro medindo o pH de uma solução. Esse aparelho é utilizado, por exemplo, na agricultura, no tratamento e purificação da água e nas indústrias alimentícia, farmacêutica, petroquímica e de papel e celulose.

Papel indicador universal

São papéis indicadores que podem adquirir várias cores. Ao mergulhar esse papel em uma solução a ser testada, ele adquire uma cor, que é comparada com uma escala colorida, permitindo estimar o pH. O indicador universal é obtido por meio da mistura apropriada de vários indicadores ácido-base.

ADAM RADOSSAVLJEVIC/SHUTTERSTOCK

Papel indicador universal.

Papel de tornassol

O papel de tornassol é um papel poroso impregnado de tornassol, indicador solúvel em água extraído de algumas espécies de liquens. Ele pode ser azul, vermelho ou neutro. O papel de tornassol neutro adquire cor vermelha em contato com soluções ácidas e cor azul em contato com soluções básicas. Ao contrário do indicador universal, o papel de tornassol não permite que seja estimado o valor do pH da solução testada. Pode-se utilizá-lo colocando-o diretamente na solução ou pingando gotas da solução sobre ele.

HELENE ROGERS- COMMERCIAL/ALAMY/FOTOARENA

Papéis de tornassol azul e vermelho. O papel de tornassol vermelho adquire a cor azul em contato com uma solução básica. O papel de tornassol azul adquire a cor vermelha em contato com uma solução ácida.

Soluções indicadoras

As soluções indicadoras possuem a propriedade de mudar de coloração em função do pH do meio. O intervalo de valores na escala de pH em que ocorre a mudança de cor da solução indicadora é chamada faixa de viragem (ou intervalo de viragem). Veja na tabela ao lado a faixa de viragem para três soluções indicadoras.

Essa faixa de viragem determina o tipo de solução para o qual esse indicador pode ser usado. A fenolftaleína, por exemplo, é incolor para pH abaixo de 8,0 e rosa para pH acima de 9,8. Portanto, se ela adquirir cor rosa, temos a garantia de que a solução é básica. No entanto, se ela permanecer incolor, não é possível identificar se a solução é ácida, básica ou neutra.

O mesmo pode ser dito dos outros dois indicadores citados, de acordo com as suas faixas de viragem.

Faixa de viragem de algumas soluções	
Solução indicadora	**Faixa de viragem de pH**
Fenolftaleína	8,0 – 10,0
Tornassol	5,0 – 8,0
Alaranjado de metila	3,2 – 4,4

Fonte: BURROWS, A. et al. *Chemistry*^{3}: vintroducing inorganic, organic and physical chemistry. 3. ed. Inglaterra: Oxford University Press, 2017. p. 328.

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

MODERNA

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **3** e **4** no **Suplemento para o professor**.

1. Acidulante é um tipo de aditivo alimentar que ajuda a regular a doçura do açúcar, realçar o paladar e diminuir o pH na faixa de 2,7 a 3,5 de bebidas gaseificadas. Um acidulante bem conhecido é o ácido fosfórico (H_3PO_4), e a ionização de um dos átomos de hidrogênio de sua estrutura ocorre assim:

$$H_3PO_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2PO_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

Considerando as definições ácido e base segundo Arrhenius e Brønsted-Lowry, qual das afirmações abaixo está correta?

a) Na definição de Arrhenius, a ionização do ácido fosfórico produz gás hidrogênio.

b) Na definição de Arrhenius, a ionização do ácido fosfórico produz íon hidrônio.

c) Na definição de Brønsted-Lowry, é o ácido fosfórico que recebe próton H^+.

d) Na definição de Brønsted-Lowry, é a água que doa o próton H^+.

Alternativa **b**.

2. **(Unesp-SP)** Considere a tabela, que apresenta indicadores ácido-base e seus respectivos intervalos de pH de viragem de cor.

Para distinguir uma solução aquosa 0,0001 mol/L de HNO_3 (ácido forte) de outra solução aquosa do mesmo ácido 0,1 mol/L, usando somente um desses indicadores, deve-se escolher o indicador

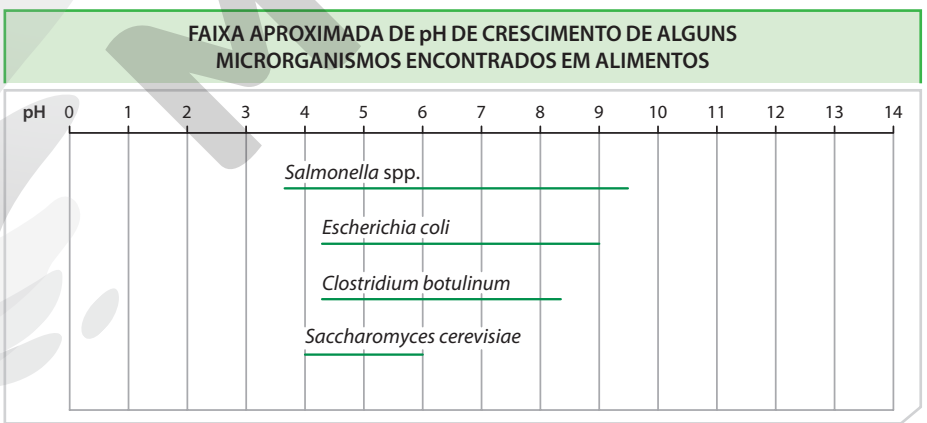
Indicador	Intervalo de pH de viragem	Mudança de cor
1. púrpura de m-cresol	1,2 – 2,8	vermelho – amarelo
2. vermelho de metila	4,4 – 6,2	vermelho – alaranjado
3. tornassol	5,0 – 8,0	vermelho – azul
4. timolftaleína	9,3 – 10,5	incolor – azul
5. azul de épsilon	11,6 – 13,0	alaranjado – violeta

a) 1. **b)** 2. **c)** 3. **d)** 4. **e)** 5.

Alternativa **a**.

3. O café possui vários compostos ácidos que podem influenciar no sabor. O teor desses compostos pode variar de acordo com as condições de cultivos dos grãos até o preparo. Ao analisar uma determinada amostra de uma mistura aquosa de café, um profissional determinou que a concentração de íon hidrônio é 10 μmol/L. Assim, qual é o valor do pH dessa amostra de café?

4. Analise o gráfico a seguir. Em seguida, responda às questões propostas.



Fonte: NESPOLO, C. R. et al. *Práticas em tecnologias de alimentos*. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 54.

a) Os microrganismos mostrados no gráfico são prejudiciais ou benéficos por estarem presentes em nossa alimentação? Caso necessário, faça uma pesquisa.

b) Qual faixa de acidez é mais indicada em alimentos para que não haja a propagação desses microrganismos prejudiciais?

c) Como aumentar a acidez de um alimento? Cite exemplos de alimentos para tal situação.

d) No gráfico é mostrada a correlação do pH com crescimento de microrganismos. Existe a correlação de pH com a conservação de alimentos? Justifique.

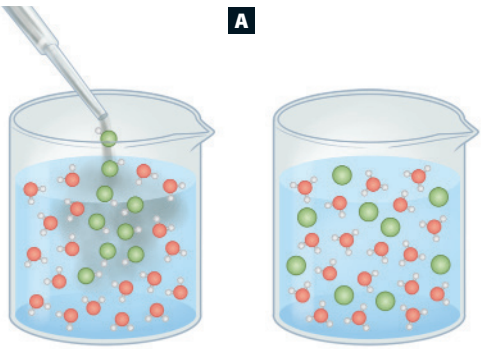
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Constantes de ionização e de dissociação

Estudamos anteriormente que na reação química de ionização ocorre a formação de íons que não existiam no início da reação, como no exemplo **A** destacado abaixo, com a formação de íons positivos e negativos a partir do cloreto de hidrogênio (HCl) em solução aquosa. Já nas reações químicas de dissociação iônica, os íons existentes se separam, como no exemplo **B**, com o Na^+ e o Cl^- obtidos a partir do cloreto de sódio $(NaCl)$ em solução aquosa. As bases de Arrhenius, por se tratarem de compostos iônicos, também sofrem dissociação iônica ao serem dissolvidas na água.

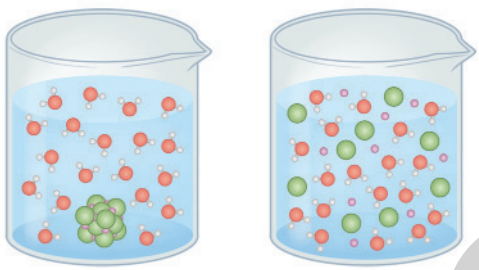
ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

A



Representação da ionização do ácido clorídrico. Ao adicionar uma solução de ácido clorídrico em água, ocorre ionização desse composto molecular, pois há uma atração elétrica entre os polos positivo e negativo do ácido com os da molécula de água, formando cátions H_3O^+ e ânions Cl^-. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

B



Representação da dissociação iônica do cloreto de sódio. Ao solubilizar cloreto de sódio em água, ocorre a dissociação iônica, pois seus íons são separados por meio da atração elétrica com os polos da água. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

As soluções que apresentam íons livres, sejam eles produto da ionização ou da dissociação iônica do soluto, têm seus equilíbrios denominados **equilíbrios iônicos**.

Considere duas soluções aquosas em equilíbrio químico, sendo uma delas um ácido genérico HA(aq) que se ioniza, enquanto a outra é uma base genérica BOH(aq) que se dissocia. As reações de ionização e dissociação e suas respectivas constantes de equilíbrio são representadas por:

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$$

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]}$$

$$BOH(aq) \rightleftharpoons B^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$K_b = \frac{[B^+] \cdot [OH^-]}{[BOH]}$$

Assim como em K_c, os valores de K_a e K_b também variam com a temperatura.

Quando os valores numéricos de K_a e K_b são altos, o numerador da fração é muito maior do que o denominador. Podemos concluir, então, que a dissociação ou ionização também é alta. De modo análogo, quando os valores numéricos de K_a e K_b são baixos, o numerador da fração é muito menor do que o denominador, e concluímos que a dissociação ou ionização é baixa.

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

MODERNA

O grau de ionização (α) de um eletrólito (ácidos e bases, por exemplo) é definido como:

$$\alpha = \frac{\text{Quantidade de matéria dissociados ou ionizados}}{\text{Quantidade inicial de matéria}}$$

A força desses eletrólitos é diretamente proporcional ao seu grau de ionização ou grau de dissociação. Ácidos e bases fortes apresentam alto grau de ionização e de dissociação. Veja os exemplos na tabela abaixo.

α para soluções 0,1 mol/L de HCl e HCN			
Ácido	**K_a**	**α**	**Força**
HCl	$1{,}0 \cdot 10^{7}$	0,99	Forte
HCN	$7{,}9 \cdot 10^{-10}$	0,00009	Fraco

Fonte: BRUICE, P. Y. *Organic Chemistry*. 8. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2015. p. 1241-1242.

O filósofo e químico russo Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1909 por inúmeros trabalhos sobre catálise e equilíbrios químicos iônicos, entre eles a dedução atualmente conhecida como lei da diluição de Ostwald.

Segundo essa lei, a uma dada temperatura, ao diminuir a concentração em quantidade de matéria de um eletrólito, seu grau de ionização (ou de dissociação) α aumenta.

Monoácido: ácido que produz apenas 1 H^+ ao ionizar.

Monobase: base que possui apenas uma hidroxila (OH^-).

Ostwald deduziu a seguinte relação entre a constante e o grau de ionização (ou dissociação) de um monoácido ou uma monobase:

$$K_a = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \quad \text{ou} \quad K_b = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha},$$

em que M é a concentração inicial do eletrólito em mol/L.

Para eletrólitos muito fracos ($\alpha < 0{,}05$), podemos admitir que o denominador $(1 - \alpha)$ tem valor muito próximo a 1. Dessa forma, a equação pode ser simplificada, obtendo-se:

$$K_a = M \cdot \alpha^2 \quad \text{ou} \quad K_b = M \cdot \alpha^2$$

Considerando que os valores de K_a e K_b variam apenas com a temperatura, concluímos que M e α são inversamente proporcionais. Portanto, quanto mais diluída for a solução, maior será seu grau de ionização.

Observe no quadro abaixo o grau de ionização do ácido etanoico (CH_3COOH) no equilíbrio.

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$

Concentração da solução (mol/L)	Grau de ionização do CH_3COOH (25 °C)
0,1	0,0135
0,01	0,0430
0,001	0,1240
0,0001	0,3350

Além da explicação baseada na fórmula simplificada, podemos explicar a lei da diluição de Ostwald por meio da teoria das colisões. Em soluções muito diluídas, a probabilidade de os íons positivos e negativos colidirem para formar a substância inicial é muito pequena. Portanto, a reação inversa é cada vez menos provável, predominando a ocorrência da reação direta.

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

Solução-tampão

O funcionamento adequado de nosso organismo depende de diversos fatores, como a temperatura, a quantidade de água, a pressão arterial e o pH. Em nosso corpo, o pH não é o mesmo em todas as partes. No sangue, por exemplo, é levemente básico, já no estômago a acidez é alta, em razão da presença do suco gástrico.

1. Esportistas costumam sofrer queda em seu desempenho quando precisam competir em grandes altitudes. Em sua opinião, por que isso acontece?

Resposta pessoal. O objetivo desta questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto.

SPORT POINT/SHUTTERSTOCK

Atleta treinando em local montanhoso. Para evitar queda de desempenho, os atletas se preparam em locais apropriados antes de disputar competições em lugares altos.

No ambiente, à medida que a altitude aumenta, a pressão atmosférica diminui e menos moléculas de gás oxigênio (O_2) estão disponíveis no ar, tornando-o mais rarefeito. Tal diminuição afeta o corpo humano de muitas maneiras, por exemplo, aumentando a frequência e a profundidade ao respirar, alterando o equilíbrio entre gases nos pulmões e elevando o pH sanguíneo, entre outras.

O aumento do pH do sangue leva a um distúrbio chamado **alcalose**. Já a diminuição do pH é conhecida como **acidose**. Ambas as condições podem ser de ordem respiratória ou metabólica.

A alcalose respiratória pode ser causada pelo ar rarefeito. Nessa situação, a maioria das pessoas se adapta depois de alguns dias. Já a alcalose metabólica surge em razão de um excesso de íons hidrogenocarbonato (HCO_3^-) na corrente sanguínea, o que ocorre quando o corpo perde íons sódio (Na^+) ou íons potássio (K^+) em demasia, o que afeta a capacidade renal de controle do equilíbrio ácido-base do sangue.

A acidose respiratória surge quando os pulmões não expelem o dióxido de carbono (CO_2) de forma adequada. Esse problema pode ocorrer em pacientes com distúrbios que afetam gravemente os pulmões, como pneumonia e asma. Já a acidose metabólica pode ser causada por um metabolismo anormal, por exemplo, em pessoas com o diabetes do tipo 1. Nesse caso, o corpo produz ácido em excesso quando os níveis de açúcar estão fora de controle. Além disso, esse tipo de acidose pode ocorrer também quando se perde íons hidrogenocarbonato em razão de um quadro de diarreia.

Mesmo a produção de quantidades normais de ácido no organismo pode causar acidose quando os rins não estão funcionando de maneira adequada e, consequentemente, não conseguem excretar uma quantidade suficiente de ácido na urina.

Para manter o pH adequado, o corpo humano possui uma série de mecanismos de controle. Os processos metabólicos atuam para manter o pH do sangue na faixa de 7,35 a 7,45. Para isso, existem substâncias que se encontram em equilíbrio químico, formando um **sistema-tampão**, isto é, uma solução que resiste a grandes variações de pH.

Em geral, uma solução-tampão é constituída por um ácido fraco e um sal solúvel de mesmo ânion desse ácido ou por uma base fraca e um sal solúvel de mesmo cátion dessa base.

!

A solução-tampão não tem seu pH alterado significativamente pela adição de pequenas quantidades de um ácido forte ou de uma base forte.

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

MODERNA

Para entendermos como uma solução-tampão resiste às variações de pH, usaremos como exemplo o tampão formado pelo ácido etanoico (CH_3COOH), que é um ácido fraco, e o acetato de sódio (CH_3COONa). Esses compostos têm em comum o ânion acetato (CH_3COO^-).

I $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$

II $CH_3COONa(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$

O ácido etanoico sofre ionização (**I**). Por se tratar de um ácido fraco, nessa reação de equilíbrio a quantidade de reagente é bem maior que a quantidade de produto. Já o acetato de sódio sofre dissociação (**II**). Como o acetato de sódio é um sal solúvel, nessa reação de equilíbrio a quantidade de produtos é muito maior que a de reagente. Portanto, o grande número de íons acetato na solução provoca a alteração do equilíbrio favorecendo a formação de ácido etanoico na reação (**I**).

Vamos considerar agora o que acontece com a solução-tampão se for adicionado à solução um ácido forte ou uma base forte.

Efeito da adição de ácido clorídrico

O ácido clorídrico ioniza quase que completamente em água segundo a reação:

$HCl(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + Cl^-(aq)$

Efeito da adição de hidróxido de potássio

O hidróxido de potássio se dissocia quase que completamente em água segundo a reação:

$KOH(aq) \rightleftharpoons K^+(aq) + OH^-(aq)$

A adição de íons H^+ à solução altera o deslocamento do equilíbrio da reação (**I**) favorecendo a formação de CH_3COOH, consumindo os íons H^+ e CH_3COO^- liberados na reação (**II**). O consumo imediato do H^+ não provoca grande variação de pH na solução.

A adição sucessiva de pequenas quantidades de HCl alterará continuamente o equilíbrio da reação (**I**) favorecendo a formação de ácido etanoico e consumindo todo o ânion acetato formado na reação (**II**), o que cessa o efeito tampão da solução.

R. MACKAY PHOTOGRAPHY, LLC/SHUTTERSTOCK

Os medicamentos tamponados formam uma solução-tampão ao se dissolverem na água do estômago, diminuindo um pouco a acidez do suco gástrico e evitando problemas de excesso de acidez estomacal.

Os íons OH^- da base são neutralizados pelos íons H^+ provenientes da reação (**I**):

$H^+(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons H_2O(l)$

Simultaneamente, a reação (**I**) terá seu equilíbrio alterado favorecendo a formação dos produtos, controlando a variação do pH da solução.

A adição sucessiva de pequenas quantidades de KOH alterará continuamente o equilíbrio da reação (**I**) favorecendo a formação dos produtos, até que todo o ácido seja ionizado, cessando o efeito tampão.

Pensando no efeito tampão e no pH sanguíneo, para que as trocas gasosas ocorram normalmente, o sangue atua como um tampão na faixa de pH de 7,35 a 7,45. Um dos sistemas que fazem o tamponamento do sangue é formado pelo ácido carbônico (H_2CO_3) e pelo hidrogenocarbonato de sódio $(NaHCO_3)$.

Essa reação em equilíbrio é descrita pela equação química simplificada:

$$CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

Em condições normais, o corpo consegue regular o pH sanguíneo com a liberação de íons hidrogenocarbonato feita pelos rins.

Se a respiração se tornar lenta, a eliminação do CO_2 se torna deficiente, favorecendo a formação dos produtos, o que aumenta a concentração de íons H^+ e diminui o pH do sangue. O pH menor do que 7,35 resulta em acidose sanguínea.

Se a respiração se tornar acelerada, ocorre a eliminação de uma quantidade maior de CO_2, favorecendo a formação dos reagentes, o que diminui a concentração de íons H^+ e aumenta o pH sanguíneo. O pH maior do que 7,45 resulta em alcalose sanguínea.

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

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **1** e **2** no **Suplemento para o professor**.

1. Em um laboratório, estudantes de Farmácia precisavam preparar 1 L de solução-tampão para utilizar no controle do pH em algumas sínteses de fármacos. Estava disponível no laboratório um frasco de ácido etanoico (CH_3COOH) com a concentração de 0,3 mol/L. À solução-tampão foi adicionado também 0,3 mol do sal acetato de sódio (CH_3COONa). Considere a constante de ionização do ácido igual a $1{,}8 \cdot 10^{-5}$ a 25 °C.

Qual é o pH da solução de ácido etanoico antes e depois da adição de acetato de sódio?

2. O número de partículas que se ionizam ou dissociam em relação a uma dada quantidade inicial de partículas dissolvidas é determinado pelo grau de ionização (substâncias moleculares) ou de dissociação (substâncias iônicas). Dissolvendo-se 400 partículas de uma substância em água, verificou-se que 380 partículas se ionizaram. Qual é o grau de ionização (α) da substância em questão?

3. Sobre o sistema tampão existente no sangue, qual das alternativas abaixo é uma afirmação **incorreta**?

a) Se um ácido ou uma base forte for absorvida ou produzida pelo corpo, o sistema tampão é capaz de remover o excesso desses íons, transformando-os em ácido ou base mais fracos.

b) O sistema tampão mantém o pH do sangue na faixa entre 7,35 e 7,45, que é um pouco básico.

c) Esse sistema tampão é composto pelo íon hidrogenocarbonato (HCO_3^-) e pelo ácido carbônico (H_2CO_3).

d) Caso tenha a adição de íons hidrogênio (H^+) ao tampão do sangue, esses íons irão reagir com o ácido carbônico e formar hidrogenocarbonato.

Alternativa **d**.

4. A reação química a seguir representa o equilíbrio químico da solução de ácido etanoico em água:

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$

Entre as alternativas a seguir, escreva em seu caderno aquela que melhor expressa a constante de ionização do ácido etanoico.

a) $K_a = \dfrac{[CH_3COOH]}{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}$

b) $K_a = \dfrac{[H_2O] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$

c) $K_b = \dfrac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$

d) $K_w = \dfrac{[H^+]}{[CH_3COOH]}$

e) $K_a = \dfrac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$

Alternativa **e**.

5. **(UPF-RS)** No quadro, são mostradas diferentes soluções aquosas e seus respectivos valores de constante de ionização ácida.

I. Ácido nitroso ($HNO_2(aq)$)	$K_a = 5{,}0 \times 10^{-4}$
II. Ácido hipocloroso ($HClO(aq)$)	$K_a = 3{,}2 \times 10^{-8}$
III. Ácido hipobromoso ($HBrO(aq)$)	$K_a = 6{,}0 \times 10^{-9}$
IV. Ácido carbônico ($H_2CO_3(aq)$)	$K_a = 4{,}4 \times 10^{-7}$
V. Ácido bromídrico ($HBr(aq)$)	$K_a > 1$

Analisando os valores de K_a e considerando concentração em quantidade de matéria igual para as soluções listadas, escreva a alternativa **correta** em seu caderno.

a) A solução aquosa de ácido hipobromoso (HBrO) irá apresentar caráter ácido menos acentuado do que a solução aquosa de ácido bromídrico (HBr).

b) A solução aquosa de ácido hipocloroso (HClO) irá apresentar caráter ácido menos acentuado do que a solução aquosa de ácido hipobromoso (HBrO).

c) A solução aquosa de ácido carbônico (H_2CO_3) irá apresentar caráter ácido mais acentuado do que a solução aquosa de ácido nitroso (HNO_2).

d) O ácido carbônico (H_2CO_3), entre as soluções listadas, apresenta maior grau de ionização e, portanto, irá apresentar maior valor de pH.

e) Dentre as soluções listadas, a solução aquosa de ácido bromídrico (HBr) é a que irá apresentar menor grau de ionização e a que será a melhor condutora de eletricidade.

Alternativa **a**.

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

MODERNA

CAPÍTULO

8

Hidrólise salina e produto de solubilidade

Hidrólise salina

NAMTIP STUDIO/SHUTTERSTOCK

A azia traz uma sensação desconfortante de queimação em nosso estômago.

Muitas vezes, após uma refeição contendo alimentos ricos em gordura, podemos ter azia, uma sensação incômoda no estômago que se manifesta de forma semelhante a uma queimação. A azia é provocada pelo excesso de ácido clorídrico (HCl), produzido pelo estômago para digerir o alimento. Em água (H_2O), o HCl se ioniza, formando os íons hidrônio (H_3O^+) e cloreto (Cl^-), diminuindo o pH estomacal e causando dor. Veja a reação química envolvida nesse processo.

$$HCl(aq) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Os médicos geralmente orientam o uso de medicamentos chamados antiácidos para combater a acidez estomacal. Alguns desses medicamentos contêm como princípio ativo o hidrogenocarbonato de sódio $(NaHCO_3)$, um sal que, em solução aquosa, sofre dissociação iônica de acordo com o seguinte equilíbrio químico:

$$NaHCO_3(s) \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} Na^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

Logo em seguida, o ânion hidrogenocarbonato (HCO_3^-) formado reage com água, formando ácido carbônico (H_2CO_3) e íon hidroxila (OH^-):

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + OH^-(aq)$$

Os íons hidroxila neutralizam parte dos íons hidrônio em excesso no estômago, aumentando o pH do suco gástrico até um valor adequado.

A reação de dissociação iônica do $NaHCO_3$ em água, levando à formação de ácido carbônico e íons hidroxila, é chamada **reação de hidrólise salina**. A palavra hidrólise, em latim, significa "quebra pela água", ou seja, é uma reação na qual a água possibilita a quebra ou dissociação de uma substância, levando à formação de ácidos, de bases e/ou de íons.

Você pode se perguntar por que não ocorre a formação de hidróxido de sódio (NaOH) no caso apresentado, visto que são liberados íons Na^+ e OH^- no mesmo meio aquoso. Para isso, devemos lembrar que o NaOH é uma base forte. Ou seja, essa substância, em meio aquoso, se dissocia completamente.

$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

Portanto, os íons Na^+ e OH^- tendem a ficar separados quando presentes no mesmo meio aquoso. Além disso, a reação entre OH^- e H_3O^+ consome os íons hidroxila formados:

$$OH^-(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons 2\,H_2O(l)$$

Por outro lado, o ácido carbônico é fraco e apresenta baixo grau de ionização. Portanto, o íon HCO_3^- reage com a água e forma ácido carbônico, conforme apresentado na equação química vista anteriormente.

Assim, percebemos que, para entender como se dá a hidrólise salina de uma substância, precisamos saber qual é a força dos ácidos e das bases que dão origem a esse sal.

1. O que acontece com o pH do estômago de uma pessoa que toma antiácidos em excesso?

O antiácido aumenta o pH do estômago da pessoa. Caso seja tomado em excesso, pode aumentar o pH mais do que o necessário, causando complicações estomacais sérias.

Atenção! A automedicação pode ser muito prejudicial à saúde. Não tome remédios sem a orientação de um médico.

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

MODERNA

Hidrólise de um sal de ácido fraco e base forte

O cianeto de potássio (KCN) é um composto tóxico que pode causar a morte se ingerido. Em soluções aquosas de cianeto de potássio, ocorre a formação de íons hidroxila e de ácido cianídrico (HCN). Isso acontece porque o íon cianeto (CN^-) reage com a água durante a reação de hidrólise salina.

Por ser solúvel em água, assim como a maioria dos outros sais de metais alcalinos, o KCN passa pelo seguinte processo de dissociação iônica em meio aquoso:

$$KCN(s) \xrightleftharpoons{H_2O} K^+(aq) + CN^-(aq)$$

Em seguida, os íons formados reagem com a água:

$$K^+(aq) + CN^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons K^+(aq) + OH^-(aq) + \underbrace{HCN(aq)}_{\text{ácido fraco}}$$

Perceba que o íon K^+ está presente nos dois lados da equação química. Isso acontece porque o hidróxido de potássio (KOH) é uma base forte, dissociando-se completamente em K^+ e OH^- em meio aquoso. Por outro lado, o HCN é um ácido fraco, o que faz com que o íon cianeto reaja com água. Dizemos que o KCN é um sal de ácido fraco (o HCN) e base forte (o KOH). Podemos, então, representar a reação de forma mais simplificada:

$$\cancel{K^+(aq)} + CN^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons \cancel{K^+(aq)} + OH^-(aq) + HCN(aq)$$

$$CN^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons OH^-(aq) + HCN(aq)$$

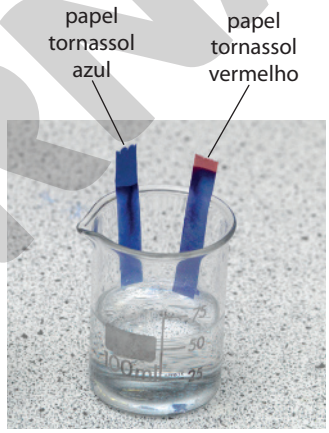
Como resultado, tem-se uma solução aquosa alcalina, com pH > 7.

A equação química global de hidrólise do KCN pode ser representada por:

$$KCN(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCN(aq) + K^+(aq) + OH^-(aq)$$

Para a verificação do pH dessa reação de hidrólise, mergulhou-se duas fitas de papel tornassol (indicador ácido-base), uma azul e outra vermelha, na solução final. Ambas as fitas adquiriram coloração azul, indicando que a solução apresenta pH básico (alcalino), devido à concentração elevada de íons OH^-.

Explique aos estudantes que a hidrólise se refere ao processo completo de dissociação iônica do sal e reação com água, e não apenas a uma dessas etapas.



ART DIRECTORS & TRIP/ALAMY/FOTOARENA

A hidrólise de um sal de ácido fraco e base forte deixa o meio básico.

Enfatize aos estudantes que, como os dois papéis do exemplo ficaram com a cor azul, a solução é básica.

Hidrólise de um sal de ácido forte e base fraca

O cloreto de amônio (NH_4Cl) é um composto que tem diversas aplicações na indústria, como a fabricação de xampus e de produtos de limpeza. Quando dissolvemos cloreto de amônio em água, por ser completamente solúvel, ocorre a dissociação em íons amônio (NH_4^+) e cloreto, ou seja:

$$NH_4Cl(s) \xrightleftharpoons{H_2O} NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Os íons amônio reagem com a água formando o hidróxido de amônio (NH_4OH), uma base fraca. No entanto, os íons cloreto não reagem, pois o ácido clorídrico é forte. Portanto, a solução final apresenta excesso de íons H_3O^+, tornando-se ácida.

$$NH_4^+(aq) + \cancel{Cl^-(aq)} + 2\,H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + \cancel{Cl^-(aq)} + NH_4OH(aq)$$

$$NH_4^+(aq) + 2\,H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + \underbrace{NH_4OH(aq)}_{\text{base fraca}}$$

Como resultado, tem-se uma solução aquosa ácida, com pH < 7.

A equação química global de hidrólise do NH_4Cl pode ser representada por:

$$NH_4Cl(s) + 2\,H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) + H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

2. Se mergulharmos duas fitas de papel tornassol, uma azul e outra vermelha, na solução final, qual será a coloração dessas fitas? Por quê?

Espera-se que os estudantes respondam que a coloração das duas fitas será vermelha, indicando que a solução apresenta pH ácido, por causa da concentração elevada de íons H_3O^+.

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

MODERNA

Hidrólise de um sal de ácido fraco e base fraca

Estudamos que o ácido cianídrico (HCN) é um ácido fraco e que o hidróxido de amônio (NH_4OH) é uma base fraca. O que acontece, então, quando dissolvemos em água o sal originado dessas duas substâncias, ou seja, o cianeto de amônio (NH_4CN)?

O NH_4CN se dissolve completamente em água, dissociando-se nos respectivos íons:

$$NH_4CN(s) \xrightleftharpoons{H_2O} NH_4^+(aq) + CN^-(aq)$$

No entanto, como o HCN é um ácido fraco e o NH_4OH é uma base fraca, ambos os íons reagirão com água, formando estas substâncias:

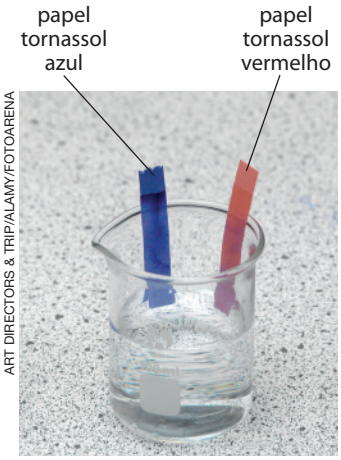
$$NH_4^+(aq) + CN^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons \underbrace{NH_4OH(aq)}_{\text{base fraca}} + \underbrace{HCN(aq)}_{\text{ácido fraco}}$$

O pH da solução após a hidrólise dependerá de qual substância é mais forte: se o ácido, mesmo fraco, for mais forte do que a base, o pH final será mais baixo, correspondendo a uma solução ácida, pois haverá mais íons H_3O^+ na solução. Por outro lado, se a base, mesmo fraca, for mais forte do que o ácido, o pH final será alto, correspondendo a uma solução básica, pois haverá mais íons OH^- na solução. No entanto, em qualquer um dos casos, o pH será bastante próximo do valor neutro, ou seja, próximo de 7.

A equação química global de hidrólise do NH_4CN pode ser representada por:

$$NH_4CN(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) + HCN(aq)$$

Se verificarmos o pH da solução após a reação de hidrólise, utilizando duas fitas de papel tornassol (uma azul e outra, vermelha), podemos notar que a fita de tornassol azul mantém a coloração azul e a fita de tornassol vermelha mantém a coloração vermelha, indicando que o pH dessa solução é neutro.



ART DIRECTORS & TRIP/ALAMY/FOTOARENA

A hidrólise de um sal de ácido fraco e base fraca ou de um sal de ácido forte e base forte deixa o meio neutro.

3. A fita de papel tornassol é eficiente para medir valores de pH muito próximos de 7, como 6,8 ou 7,2? Por quê?

3. A fita de tornassol não é eficiente para medir variações pequenas de pH, pois o resultado que oferece é totalmente visual e dependente de uma análise qualitativa de quem o está usando. Para isso, é necessário o uso de técnicas analíticas mais sensíveis.

Hidrólise de um sal de ácido forte e base forte

Vimos que o HCl é um ácido forte e que o KOH é uma base forte. O sal originado por essas substâncias, o cloreto de potássio (KCl), não sofre hidrólise. Ele sofre apenas dissociação iônica e seus íons não reagem com a água:

$$KCl(s) \xrightleftharpoons{H_2O} K^+(aq) + Cl^-(aq)$$

$$\underbrace{K^+(aq) + Cl^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons K^+(aq) + Cl^-(aq) + H_2O(l)}_{\text{não há reação química}}$$

Como resultado, o pH da amostra não se altera, permanecendo neutro, ou seja, igual ou muito próximo de 7. O resultado visual de se testar o pH da solução final com papel de tornassol é exatamente o mesmo observado na hidrólise de um sal de ácido fraco e base fraca.

O quadro a seguir apresenta um resumo do valor de pH final para cada um dos casos apresentados.

Tipo de hidrólise salina	Exemplo	Substâncias presentes na solução final	pH da solução final
hidrólise de um sal de ácido fraco e base forte	KCN	ácido fraco (HCN), cátion de base forte (K^+) e íon hidroxila (OH^-)	básico (pH > 7)
hidrólise de um sal de ácido forte e base fraca	NH_4Cl	base fraca (NH_4OH), ânion de ácido forte (Cl^-) e íon hidrônio (H_3O^+)	ácido (pH < 7)
hidrólise de um sal de ácido fraco e base fraca	NH_4CN	ácido fraco (HCN) e base fraca (NH_4OH)	neutro (pH ≃ 7)
hidrólise de um sal de ácido forte e base forte	KCl	ânion de ácido forte (Cl^-) e cátion de base forte (K^+)	neutro (pH ≃ 7)

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

MODERNA

O pH e a produção de alimentos

Cada planta tem melhor desenvolvimento em determinados intervalos de pH. Dessa forma, os agricultores precisam constantemente medir e corrigir o pH do solo de suas plantações. Veja na tabela ao lado a faixa de pH mais adequada para o cultivo de algumas frutas.

O valor de pH de um solo depende de algumas condições do ambiente em que se encontra, como o tipo e a quantidade de minerais que o compõem, o efeito das chuvas, a presença de vegetação e a ação do tempo e de microrganismos. Os solos alcalinos são os que têm valores de pH mais elevados e os solos ácidos são os que apresentam valores de pH mais baixos.

Dependendo do tipo de plantação, é necessário que o agricultor corrija o pH do solo, um procedimento essencial para garantir boa produtividade da safra.

Faixa ideal de pH do solo para determinadas frutas

Fruta	Faixa de pH
Amora	4,9 – 6,0
Abacaxi	5,0 – 6,0
Banana	5,0 – 7,0
Manga	5,6 – 6,0
Maçã	5,6 – 7,5
Mamão	6,0 – 7,0
Pera	6,0 – 7,5

Fonte: LIU, G. et al. Soil pH management for optimum commercial fruit Production in Florida. *Every Day Information Source*. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS123400.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

Solos muito ácidos precisam ser corrigidos adicionando-se substâncias que os tornem mais básicos. Uma das maneiras de fazer isso é adicionando carbonato de cálcio $(CaCO_3)$, que, em solução aquosa, sofre a seguinte hidrólise salina:

$$CaCO_3(s) + 2\,H_2O(l) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + H_2CO_3(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

A liberação de íons OH^- aumenta o pH do solo. Esse processo leva o nome de **calagem**.

FARM IMAGES/UNIVERSAL IMAGES/GETTY IMAGES

Trator espalhando calcário em pó em uma plantação, a fim de aumentar o valor do pH do solo.

Por outro lado, solos muito básicos precisam ser corrigidos adicionando-se substâncias que os tornem mais ácidos. Isso pode ser feito com a adição de sulfato de alumínio $\left(Al_2(SO_4)_3\right)$, que, em solução aquosa, sofre a seguinte hidrólise salina:

$$Al_2(SO_4)_3(s) + 12\,H_2O(l) \rightleftharpoons 2\,Al(OH)_3(aq) + 3\,SO_4^{2-} + 6\,H_3O^+(aq)$$

A liberação de íons H_3O^+ diminui o pH do solo.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Qual é o tipo de hidrólise salina que acontece na correção da acidez de um solo? E na correção da basicidade?

b) O cloreto de sódio (NaCl) é uma substância indicada para corrigir o pH do solo? Por quê?

c) Um agricultor que deseja cultivar peras em sua plantação descobriu que o pH do solo está com o valor de 5,0. Para esse agricultor manter o solo como está, é mais indicado adicionar carbonato de cálcio ou sulfato de alumínio?

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

MATERIAL

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

1. Observe as quatro soluções apresentadas a seguir.

Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
KCl(aq)	$NH_4Br(aq)$	$NaNO_3(aq)$	$CaCO_3(aq)$

Escreva em seu caderno a soma das sentenças que apresentem informações corretas sobre essas soluções.

01. O pH da solução **1** é próximo de 7.

02. A solução **3** é básica.

04. O nitrato de sódio não é solúvel em água.

08. A solução **2** apresenta pH menor que 7.

16. Ao pingarmos algumas gotas de fenolftaleína na solução **4**, ela adquire coloração rosa.

32. $NH_4Br(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) + HBr(aq)$ representa a hidrólise do brometo de amônio.

Soma: 01 + 08 + 16 = 25

2. Leia o trecho da reportagem abaixo.

Quadrilha usava soda cáustica e outras substâncias para adulterar leite

De acordo com o Ministério Público, indústrias no RS usavam água e substâncias como soda cáustica para reaproveitar produtos vencidos.

LEHMEN, F. Quadrilha usava soda cáustica e outras substâncias para adulterar leite. *G1*, Rio Grande do Sul, 15 mar. 2017. Hora 1. Disponível em: <http://g1.globo.com/hora1/noticia/2017/03/quadrilha-usava-soda-caustica-e-outras-substancias-para-adulterar-leite.html>. Acesso em: 6 ago. 2020.

Para adulterar o leite a quadrilha adicionava uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) ao leite vencido. Esse processo de adulteração fazia com que a concentração de ácido lático ($C_3H_6O_3$) presente no leite permanecesse dentro da faixa permitida pela legislação, podendo ser comercializado como próprio para o consumo.

A reação entre o hidróxido de sódio e o ácido lático pode ser representada pela equação química:

$$C_3H_6O_3(aq) + NaOH(aq) \rightleftharpoons C_3H_5NaO_3(aq) + H_2O(l)$$

Qual é o problema causado por essa alteração?

a) Diluição do leite.

b) Aumento da concentração de ácido lático.

c) Diminuição da acidez do leite.

d) Diminuição do pH do leite.

e) Produção de sais insolúveis. Alternativa **c**.

3. Um químico desenvolveu um indicador ácido-base solúvel em água que apresenta o seguinte comportamento.

pH	Cor da solução
< 7	vermelha
= 7	verde
> 7	azul

Quais serão as cores das soluções aquosas de $Al_2(SO_4)_3$, NaCN e KCl na presença desse indicador, respectivamente?

a) Vermelha, verde e azul.

b) Verde, azul e vermelha.

c) Verde, vermelha e azul.

d) Azul, verde e vermelha.

e) Vermelha, azul e verde.

Alternativa **e**.

4. **(UFRN-RN)** Antônio presta serviços de manutenção em piscinas, aproveitando os conhecimentos adquiridos no Ensino Médio. No processo de cloração da água, ele utiliza hipoclorito de sódio (NaClO), um sal originário de base forte e ácido fraco. Ao dissolver certa quantidade dessa substância na água de uma piscina, o valor do pH

a) diminui, pela acidificação da solução.

b) aumenta, pela ionização do sal.

c) aumenta, pela hidrólise do sal.

d) diminui, pela neutralização da solução.

Alternativa **c**.

5. **(UFTM-MG)** Em soluções aquosas de acetato de sódio, o íon acetato sofre hidrólise:

$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$$

O hidróxido de magnésio é pouco solúvel em água:

$$Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

Considere as seguintes afirmações:

I) Solução aquosa de acetato de sódio tem pH acima de 7,0.

II) Quando são adicionadas gotas de ácido clorídrico na solução de acetato de sódio, o equilíbrio da equação de hidrólise é deslocado para o lado da formação dos íons acetato.

III) Quando se adiciona solução de nitrato de magnésio na solução de acetato de sódio, o equilíbrio da equação de hidrólise é deslocado para o lado da formação do ácido acético.

Está correto o que se afirma em

a) I, II e III.

b) I e II, apenas.

c) I e III, apenas.

d) II e III, apenas.

e) III, apenas.

Alternativa **c**.

MODERNA

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

Produto de solubilidade

1. Resposta pessoal. O objetivo desta questão é incentivar os estudantes a expor seus conhecimentos prévios sobre a formação de cálculos renais, aproximando o assunto de seu cotidiano. Eles podem responder que pessoas com esse problema geralmente sentem dor intensa quando os cálculos se movimentam no trato urinário.

1. Você conhece alguém que já teve cálculo renal, conhecido popularmente como "pedras nos rins"? O que essa pessoa sentiu?

O cálculo renal, ou litíase renal, consiste na formação de uma estrutura sólida no rim, que pode se deslocar para outros órgãos do sistema urinário, causando dor intensa e incômodo.

Os rins são órgãos que atuam na filtração de sangue, controlando a concentração das substâncias presentes no organismo. Substâncias muito concentradas, tóxicas ou indesejadas são filtradas, podendo ser parcialmente absorvidas pelos rins e, por fim, eliminadas pela urina.

A urina, produzida nos rins, é conduzida até a bexiga pelos ureteres e eliminada pela uretra. Porém, quando ocorre a formação dessas estruturas sólidas, elas podem se instalar no trato urinário e, ao se movimentarem, provocam dor intensa. Além da dor, a pessoa com cálculo renal pode ter sangue na urina, dificuldade para urinar e até vômito.

JAVIER FERNANDEZ SÁNCHEZ/GETTY IMAGES

Cálculos renais.

Em geral o nível da dor não está relacionado ao tamanho da "pedra" formada, mas sim ao seu formato, que pode apresentar estruturas pontiagudas que, ao se moverem, lesionam os canais urinários.

A origem dos cálculos renais pode ser atribuída a alguns fatores, incluindo fatores genéticos, a perda excessiva de água, aliada a seu baixo consumo; ou à ingestão excessiva de alimentos ricos em alguns tipos de sais.

Os cálculos renais são constituídos por substâncias altamente insolúveis em água, como o oxalato de cálcio monohidratado $\left(CaC_2O_4 \cdot H_2O(s)\right)$, ou o fosfato de cálcio $\left(Ca_3(PO_4)_2\right)$. Veja a equação química simplificada da formação de um cálculo de fosfato de cálcio no organismo.

$$\textbf{(I)} \quad 3\,Ca^{2+}(aq) + 2\,PO_4^{3-}(aq) \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} Ca_3(PO_4)_2(s)$$

Como essa é uma reação de equilíbrio químico, quanto maior for a concentração de íons cálcio $\left(Ca^{2+}\right)$ e fosfato $\left(PO_4^{3-}\right)$, mais provável será a formação do fosfato de cálcio. Por esse motivo, a ingestão de alimentos e bebidas ricos em determinados íons favorece a formação de cálculos renais. Muitos refrigerantes, por exemplo, têm em sua composição o ácido fosfórico $\left(H_3PO_4\right)$, que em água sofre a seguinte ionização:

$$\textbf{(II)} \quad H_3PO_4(s) \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} 3\,H^+(aq) + PO_4^{3-}(aq)$$

O aumento da concentração de PO_4^{3-} em (**II**) altera o equilíbrio da primeira reação (**I**), favorecendo a formação e precipitação de $Ca_3(PO_4)_2$ na forma de cálculo.

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Muitas atitudes ajudam a evitar a formação de cálculos renais, no entanto há outras ações de nosso cotidiano que acabam favorecendo essa formação. Reúna-se a dois colegas e discutam sobre as questões a seguir.

a) Como a ingestão de água em quantidades adequadas ajuda a evitar a formação de cálculos renais?

b) Quais alimentos são bons substitutos para refrigerantes e comidas processadas, a fim de evitar a formação de cálculos renais?

c) Bebidas isotônicas, ricas em sais minerais, são recomendadas após a prática intensa de exercícios físicos. Expliquem o motivo. Em seguida, digam por que esse tipo de bebida não é recomendada quando a pessoa não praticou exercícios físicos.

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

MODERNA

Agora, veja a equação química da reação de solubilização de fosfato de cálcio em água:

$$Ca_3(PO_4)_2(s) \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} 3\,Ca^{2+}(aq) + 2\,PO_4^{3-}(aq)$$

Nessa equação, a reação é inversa à reação de formação do cálculo renal apresentada na página anterior. Analisando a equação, entende-se que o fosfato de cálcio se dissolve em água e se dissocia nos íons cálcio e fosfato. **O produto de solubilidade** (K_s) do fosfato de cálcio é calculado da mesma maneira com que são calculadas as constantes de equilíbrio de reações, isto é:

$$K_s = \left[Ca^{2+}\right]^3 \cdot \left[PO_4^{3-}\right]^2$$

Note que, assim como nos cálculos das constantes de equilíbrio gerais, no cálculo do produto de solubilidade consideram-se apenas as espécies em meio aquoso, cujas concentrações são elevadas pelo coeficiente estequiométrico.

HELOÍSA PINTARELLI

Representação de um béquer com solução aquosa saturada de fosfato de cálcio em presença de precipitado desse mesmo sal. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Para entender melhor o produto de solubilidade, considere um sistema contendo uma solução aquosa saturada de fosfato de cálcio e um precipitado desse mesmo sal a determinada temperatura, como mostra a imagem ao lado.

Nessas condições, à temperatura constante, mesmo que haja agitação da solução após atingir o equilíbrio, a quantidade de precipitado, ou corpo de fundo, não se altera. Com isso, conclui-se que a velocidade de dissolução (v_d) se iguala à velocidade de precipitação (v_p). Portanto, os íons presentes na solução saturada desse sal e os íons do precipitado atingem o equilíbrio.

Esse sistema pode ser representado por:

$$\underbrace{Ca_3(PO_4)_2(s)}_{\text{corpo de fundo}} \underset{v_p}{\overset{v_d}{\rightleftharpoons}} \underbrace{3\,Ca^{2+}(aq) + 2\,PO_4^{2-}(aq)}_{\text{solução aquosa saturada de fosfato de cálcio}}$$

Nesse caso, o equilíbrio é heterogêneo, e a constante de equilíbrio é dada pelo produto de solubilidade. Essa constante de equilíbrio é característica para determinada temperatura, isto é, ela assume valores diferentes conforme a temperatura do sistema se altera.

Por exemplo, à temperatura de 25 °C, o produto de solubilidade do fosfato de cálcio é $K_s = 2{,}07 \cdot 10^{-33}$. A partir desse valor, podemos calcular a solubilidade desse sal e, consequentemente, a concentração dos íons em solução aquosa:

$$\underbrace{Ca_3(PO_4)_2(s)}_{\text{solubilidade} = 1 \cdot x\,(mol/L)} \underset{v_p}{\overset{v_d}{\rightleftharpoons}} \underbrace{3\,Ca^{2+}(aq)}_{3 \cdot x\,(mol/L)} + \underbrace{2\,PO_4^{3-}(aq)}_{2 \cdot x\,(mol/L)}$$

$$K_s = \left[Ca^{2+}\right]^3 \cdot \left[PO_4^{3-}\right]^2$$

$$2{,}07 \cdot 10^{-33} = (3 \cdot x)^3 \cdot (2 \cdot x)^2$$

$$2{,}07 \cdot 10^{-33} = 27 \cdot x^3 \cdot 4 \cdot x^2$$

$$2{,}07 \cdot 10^{-33} = 108 \cdot x^5$$

$$x^5 = \frac{2{,}07 \cdot 10^{-33}}{108} = 1{,}92 \cdot 10^{-35}$$

$$x = \sqrt[5]{1{,}92 \cdot 10^{-35}} = 1{,}1 \cdot 10^{-7}$$

$$\therefore x = 1{,}1 \cdot 10^{-7}\ mol/L$$

Logo, a solubilidade do fosfato de cálcio, à temperatura de 25 °C, é $1{,}1 \cdot 10^{-7}$ mol/L. A concentração dos íons cálcio é igual ao triplo desse valor, isto é, $3{,}3 \cdot 10^{-7}$ mol/L. Já a concentração dos íons fosfato é igual ao dobro, ou seja, $2{,}2 \cdot 10^{-7}$ mol/L.

Note que, em comparação com os valores de concentrações da maioria dos equilíbrios em meio aquoso, esses valores calculados anteriormente são muito baixos. Assim, dizemos que o fosfato de cálcio é insolúvel, isto é, seu produto de solubilidade é muito pequeno.

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

MODERNA

Veja a seguir outros exemplos de cálculos de produto de solubilidade.

- Solução aquosa saturada de brometo de chumbo(II) $(PbBr_2)$:

$$PbBr_2(s) \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} Pb^{2+}(aq) + 2\,Br^-(aq)$$

$$K_s = [Pb^{2+}] \cdot [Br^-]^2 = 6{,}6 \cdot 10^{-6}$$

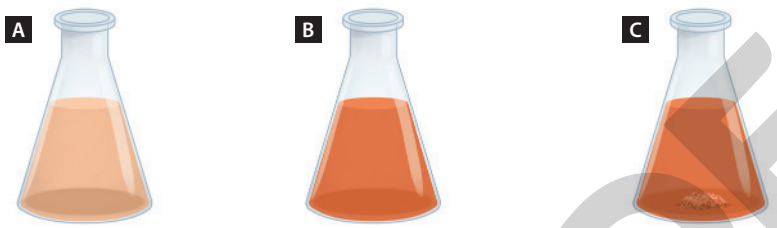
- Solução aquosa saturada de cianeto de cobre(I) (CuCN):

$$CuCN(s) \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} Cu^+(aq) + CN^-(aq)$$

$$K_s = [Cu^+] \cdot [CN^-] = 3{,}47 \cdot 10^{-20}$$

Com base nos resultados experimentais obtidos no estudo da solubilidade de um eletrólito, a determinada temperatura, conclui-se que:

- quanto menor é a solubilidade do eletrólito, menor é o valor de K_s;
- o produto de solubilidade de um sal indica se ele é mais ou menos solúvel em água;
- a comparação entre a solubilidade de dois sais diferentes só é possível após todos os cálculos, pois os coeficientes estequiométricos dos íons podem ser diferentes;
- o equilíbrio de dissociação (ou ionização) e a concentração de íons não se alteram ao adicionar determinada quantidade de um eletrólito sólido em uma solução saturada de um mesmo eletrólito, de modo que o produto de solubilidade permanece constante. Portanto, de maneira geral, é possível estabelecer a solubilidade de um eletrólito, a dada temperatura, da seguinte maneira:



Representação das soluções insaturada (**A**), saturada (**B**) e saturada com corpo de fundo (**C**). Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

› se $[A^{y+}]^x \cdot [B^{x-}]^y < K_s$, a solução é insaturada;

› se $[A^{y+}]^x \cdot [B^{x-}]^y = K_s$, a solução é saturada;

› se $[A^{y+}]^x \cdot [B^{x-}]^y > K_s$, ocorre precipitação desse eletrólito até que o produto seja igual a K_s.

! Eletrólito é uma substância que, quando dissolvida em água, dissocia-se ou ioniza-se, liberando íons em solução capazes de conduzir corrente elétrica. O fosfato de cálcio, por exemplo, em água, dissocia-se nos íons Ca^{2+} e PO_4^{3-}.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R1 O produto de solubilidade do fosfato de cálcio é $2{,}07 \cdot 10^{-33}$ à temperatura de 25 °C, sendo praticamente o mesmo também à temperatura corporal de, aproximadamente, 37 °C. Considere uma pessoa que tenha, em seus rins, uma concentração de íons cálcio e fosfato igual a $3{,}2 \cdot 10^{-7}$ mol/L e $2{,}1 \cdot 10^{-7}$ mol/L, respectivamente.

a) Com base nessas informações, haverá a formação de um cálculo de fosfato de cálcio no rim dessa pessoa?

b) Caso essa pessoa ingerisse grande quantidade de refrigerante, passando a ter uma concentração de íons cálcio e fosfato igual a $3{,}5 \cdot 10^{-7}$ mol/L e $2{,}4 \cdot 10^{-7}$ mol/L, respectivamente, o que aconteceria com ela?

Resolução

a) Calculando o coeficiente de reação (Q) dessa solução, tem-se:

$$Q = [Ca^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2 = (3{,}2 \cdot 10^{-7})^3 \cdot (2{,}1 \cdot 10^{-7})^2 = 1{,}45 \cdot 10^{-33} \therefore Q = 1{,}45 \cdot 10^{-33}$$

Como o coeficiente de reação é menor do que o produto de solubilidade, os íons estão completamente dissolvidos em água, portanto, não há formação de precipitado (cálculo renal).

b) Calculando o novo coeficiente de reação, tem-se:

$$Q = [Ca^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2 = (3{,}5 \cdot 10^{-7})^3 \cdot (2{,}4 \cdot 10^{-7})^2 = 2{,}47 \cdot 10^{-33} \therefore Q = 2{,}47 \cdot 10^{-33}$$

Isto é, $[Ca^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2 > K_s$. Portanto, o excesso de íons precipitará na forma de $Ca_3(PO_4)_3$ até o coeficiente de reação se igualar ao produto de solubilidade.

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

MODERNA

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

1. O sulfato de cálcio ($CaSO_4$) é muito utilizado na produção de fertilizantes agrícolas, de dessecantes e do giz escolar. Esse sal está presente na natureza sob a forma do mineral anidrita.

À temperatura de 25 °C, o $CaSO_4$ tem coeficiente de solubilidade $K_s = 4{,}9 \cdot 10^{-5}$. Qual é a concentração de íons Ca^{2+} em uma solução saturada de sulfato de cálcio?

a) $3 \cdot 10^{-3}$ mol/L
b) $4 \cdot 10^{-3}$ mol/L
c) $5 \cdot 10^{-3}$ mol/L
d) $6 \cdot 10^{-3}$ mol/L
e) $7 \cdot 10^{-3}$ mol/L

Alternativa **e**.

2. No equilíbrio químico, o produto de solubilidade do brometo de potássio (KBr) apresenta um valor de $1{,}7 \cdot 10^{-10}$. Considerando que a solução aquosa esteja saturada, qual é a concentração aproximada de íons K^+ nessa solução?

a) $8{,}5 \cdot 10^{-5}$ mol/L
b) $2{,}6 \cdot 10^{-5}$ mol/L
c) $1{,}7 \cdot 10^{-10}$ mol/L
d) $1{,}3 \cdot 10^{-5}$ mol/L
e) $8{,}5 \cdot 10^{-3}$ mol/L

Alternativa **d**.

3. O hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), também conhecido como cal hidratada, é o produto da reação entre a cal e água. Muito utilizado na construção civil, esse composto faz parte da mistura conhecida como argamassa. Em determinada temperatura, o íon Ca^{2+} apresenta solubilidade de $1 \cdot 10^{-2}$ mol/L. Sabendo que uma solução saturada foi produzida utilizando apenas o hidróxido de cálcio, calcule o produto de solubilidade da solução preparada.

a) $1 \cdot 10^{-4}$
b) $2 \cdot 10^{-4}$
c) $4 \cdot 10^{-6}$
d) $1 \cdot 10^{-6}$
e) $4 \cdot 10^{-4}$

Alternativa **c**.

4. O sulfeto de cádmio (CdS) é um sólido amarelo utilizado como pigmento em plásticos, com boa estabilidade térmica, resistência química e alta opacidade. Por apresentar propriedades semicondutoras, esse composto também pode ser utilizado na produção de células fotovoltaicas para painéis solares. O sulfeto de cádmio tem um produto de solubilidade igual a $4 \cdot 10^{-30}$ e massa molar de aproximadamente 144,5 g/mol. Com base nessas informações, a solubilidade desse sal será de aproximadamente:

a) $5{,}78 \cdot 10^{-28}$ g/L
b) $2{,}77 \cdot 10^{-32}$ g/L
c) $1{,}45 \cdot 10^{-8}$ g/L
d) $2{,}89 \cdot 10^{-28}$ g/L
e) $2{,}89 \cdot 10^{-13}$ g/L

Alternativa **e**.

5. A aplicação intravenosa de solução de sacarato de hidróxido de ferro(III) ($Fe(OH)_3$) vem sendo uma opção eficaz e segura no tratamento de pacientes adultos com anemia ferropriva (anemia por deficiência de ferro). Essa opção de tratamento vem sendo utilizada em pacientes adultos com anemia ferropriva que não obtiveram resposta satisfatória à terapia com medicação via oral.

Considere que, para o preparo de medicamento, é utilizada uma solução de hidróxido de ferro(III) contendo 0,001 mol/L de íons Fe^{3+} e apresentando um produto de solubilidade de $K_s = 1 \cdot 10^{-39}$. Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

a) Qual é a equação química que representa a dissociação do hidróxido de ferro(III)?
b) Qual é a concentração de íons hidroxila (OH^-) presente nessa solução? $[OH^-] = 1 \cdot 10^{-12}$ mol/L
c) Qual é o pH da solução? pH = 2

5. a) $Fe(OH)_3(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + 3\,OH^-(aq)$

6. A azida de chumbo(II) ($Pb(N_3)_2$) é um sólido branco muito sensível ao impacto, sendo utilizada como explosivo em detonadores. Em solução aquosa a 18 °C, essa substância tem solubilidade de aproximadamente 0,23 g/L. Considerando a equação química de dissociação dessa substância, $Pb(N_3)_2(s) \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} Pb^{2+}(aq) + 2\ N_3^-(aq)$, e as massas molares do Pb = 207 g/mol e N = 14 g/mol, qual é o produto de solubilidade para esse composto, aproximadamente?

a) $6 \cdot 10^{-7}$
b) $5 \cdot 10^{-10}$
c) $2 \cdot 10^{-9}$
d) $1 \cdot 10^{-6}$
e) $4 \cdot 10^{-3}$

Alternativa **c**.

7. As constantes do produto de solubilidade do PbI_2 e do $Mg(OH)_2$ são, respectivamente, $8{,}4 \cdot 10^{-9}$ e $4 \cdot 10^{-12}$, ambos a 25 °C. 7. a) $1{,}28 \cdot 10^{-3}$ mol/L

a) Qual é a solubilidade do PbI_2, a 25 °C, em mol/L?
b) Qual é a solubilidade do $Mg(OH)_2$, a 25 °C, em mol/L? $1 \cdot 10^{-4}$ mol/L
c) Qual das duas substâncias é a mais solúvel? PbI_2
d) Qual é o pH da solução de $Mg(OH)_2$? pH = 10,3

8. O sulfato de bário ($BaSO_4$) é utilizado principalmente em contraste artificial nos procedimentos radiográficos do sistema digestório. A solubilidade do composto $BaSO_4$, em água, é de $9{,}2 \cdot 10^{-3}$ g/L. Calcule o valor aproximado do produto solubilidade desse composto, considerando a massa molar de 233 g/mol.

a) $8{,}3 \cdot 10^{-23}$
b) $1{,}6 \cdot 10^{-9}$
c) $7{,}1 \cdot 10^{-23}$
d) $2{,}0 \cdot 10^{-2}$
e) $3{,}4 \cdot 10^{-5}$

Alternativa **b**.

9. **(UEFS-BA)** O coeficiente de solubilidade do cloreto de sódio (NaCl) em água, a 20 °C, é cerca de 36 g/100 g. A fração em mol do soluto em uma solução aquosa saturada a essa temperatura é aproximadamente

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

MODERNA

a) 0,1. c) 0,3. e) 0,5.
b) 0,2. d) 0,4.

Alternativa **a**.

10. **(UFSC-SC)** Meios de contraste são substâncias utilizadas em exames de diagnóstico por imagem, radiografias ou ressonância magnética. Suspensões aquosas de sulfato de bário, insolúvel no suco gástrico, são frequentemente utilizadas como contrastes nesses exames. O sulfato de bário não se dissolve no estômago e intestinos e seu percurso através dos órgãos digestivos pode ser acompanhado pela análise do exame. Entretanto, no decorrer do ano de 2003, a contaminação de um lote do contraste com carbonato de bário ocasionou a morte de dezenas de pessoas.

As equações 1 e 2, abaixo, correspondem aos equilíbrios de solubilidade dos sais de bário em água:

$BaCO_3(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ (1)

$K_s = 8{,}1 \cdot 10^{-9}\ mol \cdot L^{-1}$

$BaSO_4(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ (2)

$K_s = 1{,}1 \cdot 10^{-10}\ mol \cdot L^{-1}$

Embora a concentração de íons CO_3^{2-} em meio aquoso seja baixa, em presença de HCl proveniente do suco gástrico esses íons reagem com H^+ produzindo HCO_3^-, aumentando a solubilidade do carbonato de bário (equação 3):

$CO_3^{2-}(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq)$ (3)

Íons HCO_3^-, por sua vez, podem também reagir com íons H^+ produzindo H_2CO_3 (equação 4):

$HCO_3^-(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons CO_2(aq) + H_2O(l)$ (4)

Considere as informações do enunciado e anote em seu caderno a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

01. A solubilização do carbonato de bário aumenta a concentração de íons Ba^{2+} no organismo provocando intoxicações graves.

02. O ânion sulfato, por ser uma base fraca, reage com HCl presente no suco gástrico.

04. O íon CO_3^{2-} é a base conjugada de um ácido fraco.

08. O valor da constante do produto de solubilidade do $BaCO_3$ e do $BaSO_4$ indica que estes sais são muito solúveis em meio aquoso.

16. A adição de HCl ao precipitado de carbonato de bário desloca o equilíbrio para a direita.

32. O ácido carbônico sofre hidrólise, produzindo CO_2 e H_2O.

Soma: 01 + 04 + 16 = 21

11. **(UFRGS-RS)** O sulfato de cálcio $CaSO_4$ possui produto de solubilidade igual a $9 \cdot 10^{-6}$. Se uma quantidade suficientemente grande de sulfato de cálcio for adicionada a um recipiente contendo 1 litro de água, qual será, ao se atingir o equilíbrio, a concentração, em $mol \cdot L^{-1}$, esperada de Ca^{2+} em solução aquosa?

a) $9 \cdot 10^{-6}$. c) $3{,}0 \cdot 10^{-6}$. e) $3{,}0 \cdot 10^{-3}$.
b) $4{,}5 \cdot 10^{-6}$. d) $1{,}5 \cdot 10^{-3}$.

Alternativa **e**.

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

Respostas no **Suplemento para o professor**.

Refletindo sobre o que estudou nesta unidade, responda às questões a seguir.

1. Elabore um esquema, com imagens e textos explicativos, a respeito do trabalho integrado dos diferentes sistemas para a nutrição do corpo humano.

2. Junte-se a um colega e escrevam em um pedaço de papel um movimento voluntário realizado pelo corpo humano. Em seguida, troque seu papel com outra dupla de colegas e peça a eles que expliquem como é realizado aquele movimento, identificando o papel de músculos, ossos, articulações e sistema nervoso.

3. Utilizando textos e imagens, elabore um esquema que explique o conceito de torque, identificando sistemas de alavancas nos movimentos que o corpo humano executa no dia a dia.

4. Observe os movimentos que seus colegas executam em sala de aula. Descreva-os em pedaços de papel e, em seguida, entregue-os ao professor. Com o auxílio dos colegas, organizem as informações de modo a relacioná-los aos tipos de movimento, como uniforme, variado e circular.

5. Quais são as relações entre os conceitos de trabalho e energia mecânica, potência e rendimento e quantidade de movimento e impulso? A variação de alguma dessas grandezas físicas causa a variação de outra? Elabore uma explicação que relacione essa variação com situações observadas no cotidiano. Depois, compartilhe com os colegas a explicação que você elaborou.

6. Quando uma reação química reversível entra em equilíbrio?

7. Cite as diferenças entre a definição de ácidos e bases segundo a teoria de Arrhenius e a teoria Brønsted-Lowry.

8. Em um minuto, escreva com suas palavras, em um pedaço de papel, o que é uma hidrólise. Em seguida, entregue esse papel ao professor.

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

MODERNA

SER CONSCIENTE Envelhecimento

O envelhecimento é um processo natural do ciclo de vida dos seres vivos, em que algumas funções do corpo começam a declinar gradualmente e ocorrem diversas alterações comportamentais. Essas características tornam os idosos mais suscetíveis à algumas doenças e acidentes, exigindo dos familiares e da sociedade respeito e maiores cuidados. É dever do estado proteger a vida, a saúde e a dignidade dos idosos, por meio de políticas públicas que garantam o envelhecimento saudável.

O Estatuto do Idoso é um documento que procura assegurar os direitos das pessoas com idade igual ou superior a 60 anos. Veja na imagem dessa e da próxima página alguns itens que se encontram nesse documento.

Agora, leia o trecho da reportagem a seguir.

> […]
>
> "O diagnóstico veio aos 82 anos, mas os primeiros sintomas começaram uns dois anos antes. Quando ela fez 80 anos, a gente decidiu fazer uma festa, e um ou dois dias depois ela esqueceu da comemoração. Esse episódio nos começou a chamar mais atenção, de que ela estava esquecendo as coisas mais recentes. […]
>
> ALVES, B. Neta relata a rotina de avó com Alzheimer: "Ela me esquece, mas eu não". *UOL*, 3 jul. 2020. Viva Bem. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/07/03/neta-relata-rotina-de-avo-com-alzheimer-ela-me-esquece-mas-nao-a-esqueco.htm>. Acesso em: 6 ago. 2020.

ADRIEL CONTIERI

O envelhecimento é considerado um fator de risco para o desenvolvimento de algumas enfermidades, como o Alzheimer, ao qual se refere o texto acima, e o Parkinson, doenças do sistema nervoso que, em geral, acometem pessoas idosas. Ambas são consideradas doenças neurodegenerativas progressivas, uma vez que resultam na morte e consequente redução de neurônios, causando danos em várias áreas do sistema nervoso.

Conforme a doença de Alzheimer progride, ocorrem mudanças de personalidade e falhas nas funções cognitivas, como perda de memória e prejuízos à fala, atenção, linguagem e expressão. A degeneração neural causada nos neurônios do córtex cerebral resulta da presença de placas extracelulares de uma proteína chamada beta-amiloide $(A\beta)$ e da presença de emaranhados intracelulares de uma proteína chamada tau.

Veja mais informações a respeito desse mecanismo no **Suplemento para o professor**.

O ESTATUTO DO IDOSO ASSEGURA OS DIREITOS ÀS PESSOAS COM IDADE IGUAL OU SUPERIOR A 60 ANOS.

É obrigação da família, da comunidade, da sociedade e do Poder Público assegurar ao idoso a efetivação dos direitos previstos no Estatuto do Idoso, como direito à vida e à saúde, por meio de políticas públicas que possibilitem o envelhecimento digno e saudável.

Direito à cidadania, à dignidade, ao respeito e à convivência familiar e comunitária.

PROIBIDA

A Doença de Parkinson, por sua vez, caracteriza-se por prejuízos nos movimentos voluntários, sendo os principais sintomas: movimentos lentos, dificuldade para iniciar um movimento, rigidez muscular e tremores, tanto nas mãos quanto na mandíbula, principalmente durante o repouso.

Em pessoas acometidas por essa doença, ocorre a perda de neurônios dos núcleos da base, os quais liberam o neurotransmissor dopamina. Juntamente com o córtex cerebral, os núcleos da base são responsáveis pelos movimentos voluntários; dessa maneira, a perda desses neurônios dopaminérgicos resulta nos sintomas e sinais característicos da Doença de Parkinson. Informações a respeito dos núcleos de bases e neurônios dopaminérgicos no **Suplemento para o professor**.

Para que a pessoa consiga se equilibrar é necessário que ela tenha a capacidade de controlar o centro da gravidade. Esse controle depende da interação entre os sistemas sensorial, muscular esquelético e nervoso central. As alterações neuronais que ocorrem na Doença de Parkinson afetam essa integração, levando os pacientes a posicionar o tronco e a cabeça para frente, deslocando, assim, o centro de gravidade para adiante, o que reduz as respostas de equilíbrio, caracterizando os sintomas padrões relacionados ao movimento desses indivíduos.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

A Você conhece alguém com Alzheimer ou Doença de Parkinson? Como é o dia a dia dessa pessoa e dos familiares que convivem com ela?

B De que maneira cada cidadão pode contribuir para que os direitos dos idosos sejam garantidos?

C Junte-se a quatro colegas e entrevistem um médico geriatra a respeito das principais dificuldades enfrentadas pelos pacientes com Alzheimer e Doença de Parkinson, e quais os cuidados que os familiares, responsáveis e cuidadores devem ter no dia a dia com esses pacientes. Produzam um *podcast* com as informações coletadas nesta atividade e o divulguem via aplicativo de mensagens.

Direito à alimentação, à educação, à cultura, ao esporte e ao lazer.

Direito à liberdade, que inclui o direito de ir e vir, de crença e de opinião.
Direito à profissionalização e ao exercício de atividade profissional, desde que respeitadas as condições intelectual, física e psíquica do idoso.

Representação de um ambiente no qual é possível identificar alguns dos direitos previstos no Estatuto do Idoso. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

!

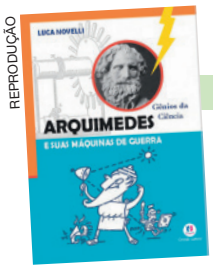
Muitos dos integrantes de asilos para idosos ou casas de repouso não possuem família ou são pouco visitados por eles. Que tal levar um pouco de alegria, companhia e solidariedades a esses idosos? Pesquise os asilos existentes no município onde você vive e, com os colegas, organizem uma visita ao local. Você perceberá que essa visita pode fazer toda a diferença na vida dos idosos nesses locais.

MODERNA

Ampliando seus conhecimentos

Para ler

REPRODUÇÃO



Arquimedes e suas máquinas de guerra, de Luca Novelli. São Paulo: Ciranda Cultural, 2008. (Coleção Gênios da Ciência).

Colocando o próprio Arquimedes como narrador, esse livro descreve as principais descobertas e invenções do físico e engenheiro nascido em Siracusa, como a alavanca e outras máquinas de guerra.

REPRODUÇÃO

Química sem mistério: é mais fácil do que você imagina!, de Linda D. Williams. Rio de Janeiro: Alta Books, 2013.

Com uma linguagem simples, este livro aborda os principais conceitos de Química, facilitando assim a compreensão de fenômenos científicos tanto para estudantes avançados quanto para iniciantes.

REPRODUÇÃO

A expressão das emoções no homem e nos animais, de Charles Darwin. Tradução de Leon de Souza Lobo Garcia. São Paulo: Companhia de Bolso, 2009.

Livro com belas descrições que reforçam a teoria da origem das espécies, além de abordar as expressões e emoções dos animais por meio de exemplos fantásticos.

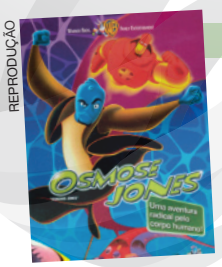
Para assistir

REPRODUÇÃO

Criação. Direção de Jon Amiel. Estados Unidos: WMIX Distribuidora Ltda., 2009 (100 min).

Este filme retrata parte dos conflitos vividos por Charles Darwin antes de publicar sua obra *A origem das espécies*. Nesse enredo é possível conhecer o lado humano do cientista, desde a falta que sente de sua falecida filha até o conflito interno entre suas crenças religiosas e as descobertas científicas.

REPRODUÇÃO



Osmose Jones. Direção de Peter Farrelly e Bobby Farrelly. Estados Unidos: Warner Home Video Ltda., 2001 (96 min).

O filme mostra a história de Frank, que é contaminado por um vírus. Por meio de animação, retrata o funcionamento dos sistemas digestório, imunológico e nervoso, como as células e substâncias do organismo reagem a um agente estranho, a ação dos remédios para ajudar na eliminação do vírus e a reação do corpo humano, como câimbras e espinhas.

REPRODUÇÃO

Morte no Everest. Direção de Robert Markowitz. Estados Unidos: Columbia Tristar Home Video do Brasil Ltda., 1997 (91 min).

A aventura inspirada em uma história real e baseada no livro *No ar rarefeito*, de John Krakauer, conta a arrepiante luta pela sobrevivência de duas equipes de alpinistas no topo da montanha mais alta do mundo, o Monte Everest. Na escalada perigosa eles enfrentam tempestade e ar rarefeito, o que dificulta a respiração e os movimentos.

MODERNA

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

Respostas

Veja a seguir as respostas das atividades de múltipla escolha, as que envolvem cálculos e das questões de provas oficiais.

UNIDADE 1 Evolução humana

CAPÍTULO 1
Princípios evolutivos
Páginas 25 e 26

3. Alternativa **b**. **II)** Incorreta. A presença de estruturas análogas em diferentes organismos, como as asas das aves e dos insetos, não evidencia parentesco evolutivo, pois essa característica semelhante evoluiu independentemente em duas espécies, ou seja, não estava presente no ancestral comum a elas. **V)** Incorreta. As espécies com maior proximidade evolutiva apresentam maior grau de similaridade nas sequências de bases nitrogenadas dos seus ácidos nucleicos, e não menor.

6. Alternativa **a**. Todas as afirmativas estão corretas.

7. Alternativa **c**. O poema faz referência à existência de fósseis de molusco que viveram no passado em um local coberto por água. Nesse local ocorreu a formação de montanhas, e as conchas dos moluscos, como os bivalves, sofreram processo de fossilização.

CAPÍTULO 2
O surgimento do *Homo sapiens*
Página 36

2. Alternativa **d**. **II)** Incorreta. Ao longo da evolução humana, o volume craniano aumentou progressivamente.

3. **F – V – F – V**. **F**. Os gorilas apenas compartilham um ancestral com o grupo formado por chimpanzés e seres humanos. **F**. O grupo formado pelos lêmures divergiu há mais tempo de um ancestral comum, mas não é o grupo mais recente.

Página 40

1. Alternativa **b**. Com base no texto, se os *H. sapiens* tivessem migrado da Europa e da Ásia para a África e, chegando lá, entrecruzassem com os *H. neanderthalensis*, no genoma de populações africanas haveria traços de DNA neandertal.

4. Alternativa **d**. **II)** Incorreta. A cultura de cada sociedade humana é formada de sistemas de símbolos variados, não havendo maior ou menor grau de evolução nem maior ou menor favorecimento dos caracteres biológicos e geográficos. **III)** Incorreta. Todo ser humano está biologicamente apto a ser socializado em qualquer cultura.

5. Alternativa **a**. A maior quantidade de calor é perdida pela superfície corporal. Por essa razão, muitas espécies que vivem em ambientes de clima frio, por exemplo, possuem superfície corporal menor que seus primos que vivem em ambientes de clima quente.

CAPÍTULO 3
Datação de fósseis
Página 46

1. $100\% \xrightarrow{3\ t_{1/2}} 12{,}5\%$

$t_{total} = x \cdot t_{1/2} \Rightarrow 60 = 3 \cdot t_{1/2} \therefore t_{1/2} = 20$ dias

2. Alternativa **b**. Vasos de cerâmica, peças metálicas, rochas e meteoritos não são materiais orgânicos e, portanto, não podem ser datados pela quantidade de carbono-14.

3. **a)** $40\ g \xrightarrow{6\ t_{1/2}} 0{,}625\ g$

$t_{total} = x \cdot t_{1/2} \Rightarrow t_{total} = 6 \cdot 30 \therefore t_{total} = 180$ anos

b) $^{137}_{55}Cs \longrightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}\beta$

4. **b)** Alternativa **IV**. $100\% \xrightarrow{4\ t_{1/2}} 6{,}25\%$.

$t_{total} = x \cdot t_{1/2} \Rightarrow t_{total} = 4 \cdot 5\,730 \therefore t_{total} = 22\,920$ anos

CAPÍTULO 4
Ferramentas e máquinas simples
Páginas 54 e 55

3. Soma: 01 + 08 = 09

02 – Incorreta. A velocidade constante significa que não há aceleração do corpo, portanto a força resultante é nula nesse caso, o que representa um sistema em equilíbrio de forças. **04** – Incorreta.

$F_T = \frac{F_P}{2^n} \Rightarrow F_T = \frac{m \cdot g}{2^3} \therefore F_T = \frac{1}{8}\ m \cdot g$

4. **a)** $F_T = \frac{F_P}{2^n} \Rightarrow F_T = \frac{700}{2^3} \therefore F_T = 87{,}5$ N. Como a aluna consegue erguer até 15 kg com uma mão, a força máxima que ela exerce equivale a 150 N. Assim, são necessárias ao menos 3 polias móveis para que a tração do sistema apresente um valor inferior a 150 N e a aluna consiga levantá-lo.

b) Como a carga foi levantada com velocidade constante, a força potente F_{po} é igual à força de tração F_T na talha para um sistema composto por 4 polias móveis temos, $F_{po} = 43{,}75$ N. A vantagem mecânica é a razão entre as intensidades das forças resistente e potente.

$V_{mec} = \frac{F_{res}}{F_{po}} \Rightarrow V_{mec} = \frac{700}{43{,}75} \therefore V_{mec} = 16$

6. $F_T = \frac{m \cdot g}{2^n} \Rightarrow 200 = \frac{M \cdot 10}{2^3} \therefore M = 160$ kg

7. Considerando que o sistema se encontra em equilíbrio, temos que as forças de tração F_T que os corpos *A* e *B* exercem sobre as cordas equivalem às suas forças peso F_P, os corpos *A* e *B* possuem a mesma massa, logo $F_{T_A} = F_{T_B} = 25$ N. No cilindro *C*, a força resultante F_R que será aplicada sobre a mesa equivale a 10 N, portanto ela resiste.

$F_R = F_{P_C} - F_{T_A} - F_{T_B} \Rightarrow F_R = 60 - 25 - 25 \therefore F_R = 10$ N

8. **c)** Falsa. Uma associação contendo somente polias fixas tem vantagem mecânica igual a 1.

d) Falsa. $V_{mec} = \frac{F_{res}}{F_{po}} \Rightarrow 4 = \frac{80}{F_{po}} \therefore F_{po} = 20$ N

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

MODERNA

9. Como o sistema está em equilíbrio e se trata de uma talha exponencial, $F_{P_B} = F_T$.

$$F_{P_B} = \frac{F_{P_A}}{2^n} \Rightarrow m_B \cdot \cancel{g} = \frac{m_A \cdot \cancel{g}}{2^2} \Rightarrow m_B = \frac{24}{2^2} \therefore m_B = 6\,kg$$

Página 61

2. Sendo a força exercida pela noz a força resistente F_{res}, e sendo a força exercida pela pessoa a força potente F_{po}.
$F_{po} \cdot b_{po} = F_{res} \cdot b_{res} \Rightarrow F_{po} \cdot 0{,}14 = 200 \cdot 0{,}04 \therefore F_{po} \simeq 57{,}1\,N$

3. I) Falsa. A força necessária para erguer um corpo é menor em um plano inclinado do que em um deslocamento vertical, mas a distância percorrida é maior.

II) Falsa. O parafuso é um tipo de plano inclinado no formato de uma hélice.

4. Considerando a pessoa de 60 kg como a resistência e a pessoa de 80 kg como a potência, temos que a força exercida por elas é a força peso. A pessoa deve se sentar a uma distância de 0,9 m do ponto de apoio.

$m_{po} \cdot \cancel{g} \cdot b_{po} = m_{res} \cdot \cancel{g} \cdot b_{res} \Rightarrow 80 \cdot b_{po} = 60 \cdot 1{,}2 \therefore b_{po} = 0{,}9\,m$

UNIDADE 2 Estudando o corpo humano

CAPÍTULO 1
Nutrição do corpo humano

Páginas 75 e 76

1. Alternativa **c**. A dieta humana variou muito ao longo do tempo. De acordo com o texto, a Revolução Neolítica estreitou dramaticamente o nicho alimentar ao diminuir a variedade de mantimentos disponíveis, pois a agricultura intensiva visa aumentar a produtividade de um único tipo de cultivo. Além disso, com a industrialização recente do sistema alimentar mundial, o ser humano passou a se alimentar de alimentos com baixa qualidade nutricional, resultando em subnutrição e obesidade.

4. Alternativa **a**. O aumento do número de eritrócito (hemácias) favorece o transporte de gás oxigênio (O_2) para as células musculares. O gás oxigênio juntamente com os nutrientes são essenciais para a obtenção de energia, o que melhora o desempenho do atleta.

5. **a)** A importância da bile consiste na sua composição, já que contém substâncias que emulsionam as gorduras para que elas possam ser digeridas por enzimas.

b) A produção de glicogênio ocorre quando os níveis de glicose no sangue estão altos, o que é esperado ocorrer após as refeições. A importância da produção e armazenamento de glicogênio é que, em situações de déficit de glicose, ele poderá ser degradado e a glicose pode ser lançada no sangue para servir de fonte de energia. Outra importância do armazenamento do glicogênio consiste em controlar os níveis de glicemia no sangue.

6. Alternativa **e**. A solução 0,20 mol/L de cloreto de sódio (NaCl) está mais concentrada do que a solução presente no interior da célula 0,15 mol/L. Como o solvente é transportado da solução menos concentrada para a mais concentrada, ocorre a transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução.

7. Soma: 01 + 02 + 08 = 11

04 – Incorreta. No processo da hematose, o gás oxigênio é transferido dos alvéolos para o sangue por transporte passivo. **16 –** Incorreta. O pâncreas é um órgão responsável por secretar enzimas digestórias e hormônios e não tem a função de reabsorver água e sais minerais nem de regular o fósforo (P) no sangue, dessa maneira, uma pancreatite não afetaria essas atividades no corpo.

CAPÍTULO 2
Movimentação e coordenação do corpo humano

Página 81

4. Alternativa **b**. Os músculos esqueléticos, como os músculos gêmeos, estão diretamente relacionados aos movimentos, pois se ligam aos ossos por meio dos tendões. Os ligamentos são estruturas que contribuem para que os ossos se mantenham unidos. Dessa maneira, quando elevamos o corpo sobre as pontas dos pés, os músculos gêmeos são contraídos, transmitindo a força ao calcâneo por meio de tendões, o que movimenta os demais ossos dos pés que estão conectados por ligamentos.

Páginas 89 e 90

2. Alternativa **d**. A medula espinal é um cordão cilíndrico presente no interior da coluna. Ela é revestida, assim como o encéfalo, por três membranas fibrosas, as meninges, denominadas dura-máter, aracnoide e pia-máter.

3. Alternativa **b**. Todas as preposições estão corretas.

5. Soma: 01 + 02 + 04 + 16 = 23

08 – Incorreta. Durante o processo de despolarização da membrana plasmática, a superfície interna da membrana torna-se momentaneamente mais positiva que a externa, na fase de repolarização, a superfície interna retorna ao potencial de repouso.

6. Alternativa **e**. O sistema nervoso autônomo controla a íris provocando um aumento ou diminuição do diâmetro da pupila, e assim, controla a intensidade de luz que entra no globo ocular.

CAPÍTULO 3
Movimentos do corpo humano

Página 96

1. **a)** 3 N · m, anti-horário.

$M_{F_p} = F_p \cdot d_{F_p} \Rightarrow M_{F_p} = 25 \cdot 0{,}12 \therefore M_{F_p} = 3\,N \cdot m$

b) 18 N · m, anti-horário.

$M_{F_{res}} = F_{res} \cdot d_{F_{res}} \Rightarrow M_{F_{res}} = 60 \cdot 0{,}3 \therefore M_{F_p} = 18\,N \cdot m$

c) A força do bíceps, localizada a 4 cm do cotovelo, deve gerar um torque suficiente para equilibrar os dois torques calculados anteriormente.

$M_{po} = F_{po} \cdot d_{po} \Rightarrow 3 + 18 = F_{po} \cdot 0{,}04 \therefore F_{po} = 525\,N$

3. Alternativa **a**. Como o atleta tem 70 kg e abre as pernas fazendo um ângulo de 120° entre elas, o ângulo interno formado entre as pernas e o solo vale 30°. Dessa forma, a componente vertical da força peso F_{P_y}, em cada pé, e a força normal F_N têm intensidades iguais a 350 N.

$F_N = F_{P_y} = F_P \cdot \text{sen } 30^\circ \therefore F_N = F_{P_y} = 350\,N$

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

MODERNA

Como a força normal atua na direção vertical para cima, ela faz um ângulo de 60° com a perna do atleta, portanto, o torque gerado é: $M = F_N \cdot d \cdot \cos 60° \therefore M = 350 \cdot \cos 60°$.

4. $M = F \cdot d \Rightarrow 270 = F \cdot 0{,}54 \therefore F = 500\,N$

CAPÍTULO 4
Prática de esportes
Página 104

1. A primeira metade é desenvolvida com velocidade de 0,5 m/s, portanto, o tempo gasto foi 50 s.

$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 0{,}5 = \frac{25}{\Delta t} \therefore \Delta t = 50\,s$

Para o tempo restante de 12,5 s, o nadador deve desenvolver uma velocidade de 2 m/s.

$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{25}{12{,}5} \therefore v_m = 2\,m/s$

2. a) Durante a corrida o deslocamento foi de 1 km (1 000 m), ao andar rápido durante 2 min (120 s) com velocidade constante de 7,2 km/h (2 m/s) o deslocamento foi de 240 m. A sequência de correr (1 000 m) e andar rápido (240 m) foi repetida oito vezes, logo, a distância total percorrida foi de 9 920 m.

$\Delta s_{total} = 8 \cdot (1\,000 + 240) \therefore \Delta s_{total} = 9\,920\,m$

b) Sendo $v_0 = 0$ e $v = 10{,}8$ km/h (3 m/s), utilizando a equação de Torricelli para o movimento uniformemente variado.

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow 3^2 = 0^2 + 2 \cdot a \cdot 3 \therefore a = 1{,}5\,m/s^2$

3. Alternativa **b**. Sendo 36 km/h (10 m/s) e utilizando a equação de Torricelli.

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow 0^2 = 10^2 + 2 \cdot a \cdot 10 \therefore a = -5\,m/s^2$

4. Utilizando $g = 10\,m/s^2$ e definindo $s_0 = 0$ no local do abandono da plataforma de salto, com o referencial vertical com sentido para baixo e $v_0 = 0$, o tempo total para o salto é de aproximadamente 1,41 s.

$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \Rightarrow 10 = 0 + 0 \cdot t + \frac{10 \cdot t^2}{2} \therefore t \simeq 1{,}41\,s$

Utilizando a equação horária da velocidade determina-se que a velocidade em que o atleta entra na água é de aproximadamente 14,1 m/s.

$v = v_0 + g \cdot t \Rightarrow v = 0 + 10 \cdot 1{,}41 \therefore v \simeq 14{,}1\,m/s$

5. Alternativa **a**. O tempo de queda livre do corpo é calculado pela equação horária da posição do movimento uniformemente variado, em que a aceleração corresponde à aceleração gravitacional e o início do movimento corresponde à origem das marcações.

$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \Rightarrow 45 = 0 + 0 \cdot t_1 + \frac{10 \cdot t_1^2}{2} \therefore t_1 \simeq 3\,s$

Com o tempo de subida do som, que se propaga com velocidade constante e descreve um movimento uniforme.

$v_{som} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 360 = \frac{45}{t_2} \therefore t_2 = 0{,}125\,s$

Assim, o tempo total é 3,125 s.

$t_{total} = t_1 + t_2 \Rightarrow t_{total} = 3 + 0{,}125 \therefore t_{total} = 3{,}125\,s$

6. Alternativa **b**. O comprimento de uma circunferência é dado por $2 \cdot \pi \cdot R$. Como são duas voltas, $\Delta s = 4 \cdot \pi \cdot R$.

$v = \frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 5}{12} \therefore v \simeq 5{,}2\,m/s$

7. a) $f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{0{,}5} \therefore f = 2\,Hz$

b) Em uma volta completa, o atleta varre o ângulo $2 \cdot \pi$ rad.

$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow \omega = \frac{2 \cdot \pi}{0{,}5} \therefore \omega = 4 \cdot \pi$ rad/s

c) Considerando que a posição inicial é $\theta_0 = \pi$ rad e $\omega = 4 \cdot \pi$ rad/s. $\theta = \theta_0 + \omega \cdot t \therefore \theta = \pi + 4 \cdot \pi \cdot t$

d) Considerando o raio do giro do martelo como a soma do comprimento do cabo e o braço do atleta.

$v = \omega \cdot R \Rightarrow v = 4 \cdot \pi \cdot (1{,}2 + 0{,}75) \therefore v = 7{,}8 \cdot \pi\ m/s$

CAPÍTULO 5
Energia e impulso
Páginas 115 e 116

2. Para determinar o aumento, basta calcular a razão entre a energia cinética final e a inicial.

$\frac{E_c}{E_{c_0}} = \frac{\frac{m \cdot v^2}{2}}{\frac{m \cdot v_0^2}{2}} \Rightarrow \frac{E_c}{E_{c_0}} = \frac{v^2}{v_0^2} \Rightarrow \frac{E_c}{E_{c_0}} = \frac{30^2}{10^2} \therefore \frac{E_c}{E_{c_0}} = 9$

Portanto, a energia cinética fica nove vezes maior.

3. Alternativa **b**.

$\tau = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \tau = \frac{m \cdot v^2}{2} - 0 \Rightarrow \tau = \frac{70 \cdot 10^2}{2} \therefore \tau = 3\,500\,J$

4. $E_{pe} = \frac{K \cdot \Delta x^2}{2} \Rightarrow E_{pe} = \frac{800 \cdot (0{,}1)^2}{2} \therefore E_{pe} = 4\,J$

5. Trabalho de *A* para *B*.

$\tau_{AB} = F_P \cdot \Delta s \cdot \cos 180° \Rightarrow \tau_{AB} = m \cdot g \cdot \Delta s \cdot \cos 180° \Rightarrow$
$\Rightarrow \tau_{AB} = 45 \cdot 10 \cdot 0{,}9 \cdot (-1) \therefore \tau_{AB} = -405\,J$

Trabalho de *B* para *C*.

$\tau_{BC} = F_P \cdot \Delta s \cdot \cos 0° \Rightarrow \tau_{BC} = m \cdot g \cdot \Delta s \cdot \cos 0° \Rightarrow$
$\Rightarrow \tau_{BC} = 45 \cdot 10 \cdot 0{,}3 \cdot 1 \therefore \tau_{BC} = 135\,J$

Trabalho de *A* para *C*.

$\tau_{AC} = \tau_{AB} + \tau_{BC} \Rightarrow \tau_{AC} = -405 + 135 \therefore \tau_{AC} = -270\,J$

6. O intervalo de tempo é de 24 h (86 400 s), assim a potência equivale a aproximadamente 97,2 W.

$P = \frac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{8\,400\,000}{86\,400} \therefore P \simeq 97{,}2\,W$

7. a) Como entre os instantes 7 s e 10 s o atleta se move com velocidade constante, podemos calcular graficamente o deslocamento realizado nesse intervalo e subtrair do percurso total.

$\Delta s = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta s = 11 \cdot 3 \therefore \Delta s = 33\,m.$

Então: $d = 100 - \Delta s \Rightarrow d = 100 - 33 \therefore d = 67\,m$

b) No instante 1 s, a aceleração era $4\,m/s^2$ sobre o atleta de peso 700 N (70 kg). $F = m \cdot a \Rightarrow F = 70 \cdot 4 \therefore F = 280\,N.$

c) No instante 10 s, com velocidade de 11 m/s, a energia cinética do atleta é 4 235 J.

$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{70 \cdot 11^2}{2} \therefore E_c = 4\,235\ J$

d) A potência leva em conta a variação da energia cinética (de 0 a 4 235 J) em 10 s.

$P = \frac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{4\,235}{10} \therefore P = 423{,}5\ W.$

8. a) $\tau_{F_P} = -m \cdot g \cdot h \Rightarrow \tau_{F_P} = -50 \cdot 10 \cdot 18 \therefore \tau_{F_P} = -9\,000\,J$

b) Caso o competidor caia de 3,2 m de altura, podemos supor que a energia mecânica se conserva.

$E_{m_0} = E_m \Rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow 10 \cdot 3{,}2 = \frac{v^2}{2} \therefore v = 8\ m/s$

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

MODERNA

c) O impulso é dado pela variação da quantidade de movimento do esportista, que vai da velocidade calculada em **b** até o repouso. Dobrando os joelhos, o esportista deve amortecer a queda por, ao menos, 0,5 s, para não ultrapassar o limite de 800 N de força.

$I = \Delta Q \Rightarrow I = m \cdot v - 0 \Rightarrow I = 50 \cdot 8 \therefore I = 400\ \text{kg} \cdot \text{m/s}$

$I = F \cdot \Delta t \Rightarrow 400 = 800 \cdot \Delta t \therefore \Delta t = 0{,}5\ \text{s}$

9. Alternativa **a**. **I)** Falsa. A conservação do momento linear e da energia cinética são características da colisão elástica. **II)** Falsa. O momento linear é conservado em qualquer tipo de colisão, portanto, na colisão inelástica, apenas a energia cinética não é conservada. **IV)** Falsa. Na colisão inelástica a energia cinética não se conserva.

10. Sendo conservativo o sistema esfera/Terra, a energia mecânica se conserva. Na altura de 9,8 m, a energia mecânica é dada pela energia potencial gravitacional, e no solo é dada pela energia cinética.

$$E_{pg} = E_c \Rightarrow \cancel{m} \cdot g \cdot h_0 = \frac{\cancel{m} \cdot v^2}{2} \Rightarrow 10 \cdot 9{,}8 = \frac{v^2}{2} \therefore v = 14\ \text{m/s}$$

No instante exato em que a esfera toca o solo, sua velocidade é de 14 m/s, possuindo assim energia cinética e quantidade de movimento. $Q = m \cdot v \Rightarrow Q = 1 \cdot 14 \therefore Q = 14\ \text{kg} \cdot \text{m/s}$

11. **a)** $Q_0 = Q \Rightarrow Q_{0_A} + Q_{0_B} = Q_A + Q_B \Rightarrow$

$\Rightarrow m_A \cdot v_{0_A} + m_B \cdot v_{0_B} = m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B \Rightarrow$

$\Rightarrow \cancel{m} \cdot 6 + 2 \cdot \cancel{m} \cdot (-4) = \cancel{m} \cdot (-4) + 2 \cdot \cancel{m} \cdot v_B \therefore v_B = 1\ \text{m/s}$

b) Como $e = 0{,}5$, temos que a colisão é inelástica.

$$e = \frac{v_{af}}{v_{ap}} \Rightarrow e = \frac{v_B - v_A}{v_{0_A} - v_{0_B}} \Rightarrow e = \frac{1 - (-4)}{6 - (-4)} \therefore e = 0{,}5$$

c) $E_{c_0} = \dfrac{m_A \cdot v_{A_0}^2}{2} + \dfrac{m_B \cdot v_{B_0}^2}{2} \Rightarrow E_{c_0} = \dfrac{2 \cdot 6^2}{2} + \dfrac{4 \cdot (-4)^2}{2} \therefore$

$\therefore E_{c_0} = 68\ \text{J}$

$$E_c = \frac{m_A \cdot v_A^2}{2} + \frac{m_B \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{2 \cdot (-4)^2}{2} + \frac{4 \cdot 1^2}{2} \therefore E_c = 18\ \text{J}$$

$\Delta E_c = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \Delta E_c = 18 - 68 \therefore \Delta E_c = -50\ \text{J}$

12. **a)** $Q_0 = Q \Rightarrow m_A \cdot v_{A_0} + m_B \cdot v_{B_0} = m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B \Rightarrow$

$\Rightarrow 1{,}6 \cdot 5{,}5 + 2{,}4 \cdot 2{,}5 = 1{,}6 \cdot v_A + 2{,}4 \cdot 4{,}9 \therefore v_A = 1{,}9\ \text{m/s}$

b) Como $e = 1$, temos que a colisão é elástica.

$$e = \frac{v_B - v_A}{v_{A_0} - v_{B_0}} \Rightarrow e = \frac{4{,}9 - 1{,}9}{5{,}5 - 2{,}5} \therefore e = 1$$

13. Alternativa **e**. Como se trata de uma colisão elástica há conservação do momento linear (quantidade de movimento) e de energia cinética.

14. Alternativa **b**. Em uma colisão perfeitamente inelástica, há conservação do momento linear do conjunto (quantidade de movimento total) porque os corpos formam um sistema isolado. No entanto, haverá redução de energia cinética total devido à colisão entre os corpos, que é parcialmente transformada em energia térmica, energia sonora e trabalho de deformação.

CAPÍTULO 6
Equilíbrio químico e a saúde bucal

Página 124

1. Alternativa **d**. O tempo de equilíbrio vai acontecer quando as concentrações dos reagentes e dos produtos se tornarem constantes, ou seja, a partir de t_3.

2. Alternativa **b**. **I)** Incorreta. B e C (curvas descendentes) são reagentes e A (curva ascendente) é o produto da reação estudada. **IV)** Incorreta. A constante de equilíbrio dessa reação, no sentido da formação de A, nas condições do experimento, é maior do que 1.

3. Alternativa **e**. O valor do expoente é proveniente do coeficiente estequiométrico da equação química, portanto:

$2\ SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ SO_3(g)$

4. Alternativa **b**. No estado de equilíbrio $[AB] = 0{,}1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, como sua proporção estequiométrica é 2:1 em relação aos reagentes, temos, $[A_2] = 0{,}05\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $[B_2] = 0{,}15\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$$K_c = \frac{[AB]^2}{[A_2] \cdot [B_2]} \Rightarrow K_c = \frac{(0{,}1)^2}{(0{,}05) \cdot (0{,}15)} \therefore K_c \simeq 1{,}33$$

5. **e)** $K_c = \dfrac{[H_2]^3 \cdot [N_2]}{[NH_3]^2} \Rightarrow K_c = \dfrac{(1{,}8)^3 \cdot (0{,}6)}{(0{,}4)^2} \therefore K_c = 21{,}87$

Página 129

1. Alternativa **b**. O aumento da pressão irá deslocar o equilíbrio para o sentido onde há contração volumétrica (menor volume), neste caso favorecendo a formação dos produtos.

2. Alternativa **d**. Quando a garrafa é aberta a pressão em seu interior diminui, deslocando o equilíbrio para o sentido onde há expansão volumétrica (maior volume), favorecendo a formação do dióxido de carbono (CO_2) e a decomposição do ácido carbônico (H_2CO_3).

3. Alternativa **e**. O aumento da pressão irá deslocar o equilíbrio para o sentido onde há contração volumétrica (menor volume), favorecendo a formação dos produtos $N_2(g)$ e $H_2O(g)$.

5. **c)** $K_p = \dfrac{(p_{N_2O_4})}{(p_{NO_2})^2} \Rightarrow K_p = \dfrac{1{,}2}{(1{,}5)^2} \therefore K_p \simeq 0{,}53$

CAPÍTULO 7
Equilíbrio iônico e pH

Página 136

1. Alternativa **b**. De acordo com a teoria de Arrhenius o ácido fosfórico (H_3PO_4) em água forma como cátion o íon hidrônio (H_3O^+), e na teoria de Brønsted-Lowry, ácido é toda espécie química (molécula ou íon) capaz de ceder prótons H^+ em uma reação.

2. Alternativa **a**. O indicador púrpura de m-cresol, apresentará coloração vermelha para solução 0,1 mol/L de HNO_3 (pH = 1) e coloração amarela para solução 0,0001 mol/L de HNO_3 (pH = 4).

3. $\text{pH} = -\log[H_3O^+] \Rightarrow \text{pH} = -\log(10 \cdot 10^{-6}) \therefore \text{pH} = 5$

Página 141

1. Como o ácido etanoico é um ácido fraco, e a quantidade de matéria de acetato ionizado é a mesma do íon hidrônio, a equação química que demonstra esse equilíbrio é:

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

MODERNA

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [Ac^-]}{[HA]} \Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{[HA]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1{,}8 \cdot 10^{-5} = \frac{[H_3O^+]^2}{(0{,}3)} \therefore [H_3O^+] \simeq 2{,}32 \cdot 10^{-3}\ mol/L$$

$$pH = -\log[H_3O^+] \Rightarrow pH = -\log(2{,}32 \cdot 10^{-3}) \therefore pH \simeq 2{,}63$$

A constante de ionização do ácido é baixa, desta forma é possível considerar que a concentração do íon hidrônio seja igual ao valor da constante do ácido.

$$K_a = [H_3O^+] \simeq 1{,}8 \cdot 10^{-5}\ mol/L$$

$$pH = -\log[H_3O^+] \Rightarrow pH = -\log(1{,}8 \cdot 10^{-5}) \simeq 4{,}74.$$

Então, com a adição do íon comum, o pH da solução subiu de 2,63 para 4,74.

2. $\alpha = \frac{380}{400} \therefore \alpha = 0{,}95$ ou 95%

3. Alternativa **d**. Ao se adicionar íons H^+ ao tampão do sangue, esses íons irão reagir com os íons hidrogenocarbonato (HCO_3^-) formando ácido carbônico (H_2CO_3).

4. Alternativa **e**. A melhor expressão da constante de ionização do ácido (K_a) é a que apresenta os produtos da ionização (CH_3COO^- e H^+) no numerador e o ácido etanoico (CH_3COOH) no denominador.

5. Alternativa **a**. Quanto maior o valor de K_a mais forte é o ácido, como a solução aquosa de ácido bromídrico (HBr), possui o maior valor de K_a, ela apresenta o caráter ácido mais acentuado que as demais soluções mostradas no quadro.

CAPÍTULO 8
Hidrólise salina e produto de solubilidade *Página 146*

1. Soma: 01 + 08 + 16 = 25

02 – Incorreta. Na hidrólise do nitrato de sódio ($NaNO_3$), que sal é de ácido e base forte o pH da solução fica próximo de 7. **04 –** Incorreta. O $NaNO_3$ é um sal é solúvel em água. **32 –** Incorreta. A hidrólise do brometo de amônio pode ser representada por:

$$NH_4Br(s) + 2\,H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) + H_3O^+(aq) + Br^-(aq)$$

2. Alternativa **c**. A adição da base provoca a neutralização do ácido lático ($C_3H_6O_3$) diminuindo a acidez do leite.

3. Alternativa **e**. $Al_2(SO_4)_3$ é um sal formado pela reação entre uma base fraca e um ácido forte, assim, a solução hidrolisada fica com pH < 7, logo se torna vermelha. O NaCN é um sal formado pela reação entre uma base forte e um ácido fraco, assim, a solução hidrolisada fica com pH > 7, logo se torna azul. O KCl é um sal formado pela reação entre uma base forte e um ácido forte, assim, a solução hidrolisada fica com pH = 7, logo se torna verde.

4. Alternativa **c**. O pH aumenta, pois a hidrólise do hipoclorito de sódio (NaClO) produz íons OH^-, que aumentam o pH da solução.

5. Alternativa **c**. **II)** Incorreta. Quando são adicionadas gotas de ácido clorídrico (HCl) na solução de acetato de sódio (CH_3COONa), o equilíbrio da equação de hidrólise é alterado, favorecendo os produtos, devido ao consumo dos íons OH^-.

Páginas 150 e 151

1. Alternativa **e**.

$$K_s = [Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \Rightarrow 4{,}9 \cdot 10^{-5} = x^2 \therefore x = 7 \cdot 10^{-3}\ mol/L$$

2. Alternativa **d**.

$$K_s = [K^+] \cdot [Br^-] \Rightarrow 1{,}7 \cdot 10^{-10} = x^2 \therefore x \simeq 1{,}3 \cdot 10^{-5}\ mol/L$$

3. Alternativa **c**.

$$K_s = [Ca^{2+}] \cdot [OH^-]^2 \Rightarrow K_s = (1 \cdot 10^{-2}) \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2 \therefore K_s = 4 \cdot 10^{-6}$$

4. Alternativa **e**.

$$K_s = [Cd^{2+}] \cdot [S^{2-}] \Rightarrow 4 \cdot 10^{-30} = x^2 \therefore x = 2 \cdot 10^{-15}\ mol/L$$

$$S = 2 \cdot 10^{-15} \cdot 144{,}5 \therefore S = 2{,}89 \cdot 10^{-13}\ g/L$$

5. **b)** $K_s = [Fe^{3+}] \cdot [OH^-]^3 \Rightarrow 1 \cdot 10^{-39} = 0{,}001 \cdot [OH^-]^3 \therefore$

$$\therefore [OH^-] = 1 \cdot 10^{-12}\ mol/L$$

c) $pOH = -\log[OH^-] \Rightarrow pOH = -\log[1 \cdot 10^{-12}] \therefore$

$\therefore pOH = 12$ ou $pH = 2$

6. Alternativa **c**.

$$x = \frac{0{,}23}{M_{Pb(N_3)_2}} \Rightarrow x = \frac{0{,}23}{291} \therefore x = 7{,}9 \cdot 10^{-4}\ mol/L$$

$$K_s = [Pb^{2+}] \cdot [N_3^-]^2 \Rightarrow K_s = 4 \cdot x^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_s = 4 \cdot (7{,}9 \cdot 10^{-4})^3 \therefore K_s \simeq 2 \cdot 10^{-9}$$

7. **a)** $K_s = [Pb^{2+}] \cdot [I^-]^2 \Rightarrow 8{,}4 \cdot 10^{-9} = x \cdot (2 \cdot x)^2 \therefore$

$$\therefore x \simeq 1{,}28 \cdot 10^{-3}\ mol/L$$

b) $K_s = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 \Rightarrow 4 \cdot 10^{-12} = y \cdot (2 \cdot y)^2 \therefore$

$$\therefore y = 1 \cdot 10^{-4}\ mol/L$$

d) $[OH^-] = 2 \cdot y \therefore [OH^-] = 2 \cdot 10^{-4}$

$pOH = -\log[OH^-] \Rightarrow pOH = -\log[2 \cdot 10^{-4}] \therefore$

$\therefore pOH \simeq 3{,}7$ ou $pH \simeq 10{,}3$

8. Alternativa **b**.

$$x = \frac{9{,}2 \cdot 10^{-3}}{M_{BaSO_4}} \Rightarrow x = \frac{9{,}2 \cdot 10^{-3}}{233} \therefore x \simeq 3{,}9 \cdot 10^{-5}\ mol/L$$

$$K_s = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \Rightarrow K_s = (3{,}9 \cdot 10^{-5})^2 \therefore K_s \simeq 1{,}6 \cdot 10^{-9}$$

9. Alternativa **a**.

$$n_{NaCl} = \frac{36}{58{,}5} \therefore n_{NaCl} \simeq 0{,}61\ mol$$

$$n_{H_2O} = \frac{100}{18} \therefore n_{H_2O} \simeq 5{,}56\ mol$$

$$S_{NaCl} = \frac{n_{NaCl}}{n_{NaCl} + n_{H_2O}} \Rightarrow S_{NaCl} = \frac{0{,}61}{0{,}61 + 5{,}56} \therefore S_{NaCl} \simeq 0{,}1$$

10. Soma: 01 + 04 + 16 = 21

02 – Incorreta. Por ser uma base fraca, o ânion sulfato (SO_4^{2-}) não neutraliza completamente o HCl do suco gástrico. **08 –** Incorreta. Quanto menor o valor da constante do produto de solubilidade (K_s), menor é a solubilidade do sal. **32 –** Incorreta. A formação de CO_2 e H_2O a partir do H_2CO_3 ocorre pela sua própria decomposição, e não pela sua hidrólise.

11. Alternativa **e**.

$$K_s = [Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \Rightarrow 9 \cdot 10^{-6} = x^2 \therefore x = 3 \cdot 10^{-3}\ mol/L$$

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

MODERNA

Referências bibliográficas comentadas

Livros

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Trad. Ricardo B. de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Esse livro apresenta os fundamentos da Química de forma clara e precisa, mostrando-a como algo dinâmico e atual. Sua leitura pode ajudar os estudantes a compreender melhor essa área do conhecimento ao relacionar as ideias químicas fundamentais a suas aplicações, utilizando ferramentas pedagógicas por meio de textos flexíveis e adaptáveis aos objetivos específicos de cada professor.

BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

Livro que trabalha a Química geral aproximando-a da realidade de nosso dia a dia.

CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009.

Traz uma introdução completa sobre todas as áreas da Biologia.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências*: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2004.

O livro traz inovações para o ensino, incentivando os estudantes a construir o conhecimento científico de forma a auxiliá-los na compreensão do mundo.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física*: mecânica. Trad. e rev. Ronaldo Sérgio de Biasi. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 1.

O livro apresenta teoria e exercícios ligados às aplicações práticas da Física no mundo real.

HAYNES, W. M. (Ed.). *CRC Handbook of chemistry and physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Uma das referências científicas mais acessadas e respeitadas das comunidades científica, técnica e médica, este manual contém dados e recomendações internacionais de várias áreas.

HOPSON, J. L.; WESSELLS, N. K. *Essentials of biology*. New York: McGraw-Hill, 1990.

Esse livro apresenta os principais tópicos para o ensino da Biologia.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. *Ensino de biologia*: histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: Cortez, 2009.

Livro que oferece material reflexivo sobre práticas docentes, fazendo a ligação entre o que se trabalha na formação profissional e o que é realizado nos diferentes espaços de ensino de Biologia.

PURVES, W. K. et al. *Vida*: a ciência da biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Obra de introdução à Biologia com informações detalhadas, iniciando os capítulos sempre com uma história. Tem o propósito de intrigar os estudantes, auxiliando-os a relacionar a teoria ao mundo à sua volta.

ROBERTS, A. *Evolution*: the human story. New York: Dorling Kindersley, 2011.

Esse livro faz uma jornada fascinante do processo evolutivo, desde os primatas aos seres humanos modernos, apresentando reconstruções realistas de modelos de fósseis.

PAULSEN, F.; WASCHKE, J. *Sobotta*: atlas de anatomia humana: anatomia geral e sistema muscular. 23. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. v. 1.

Esse livro aborda a anatomia humana, com ilustrações e textos ricos em detalhes.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros*: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1.

Esse livro aborda soluções de problemas baseados em procedimentos de análise e com verificação de resultados que permitem uma melhor compreensão conceitual, além de quadros que discutem as aplicações atuais da Física.

TORTORA, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Esses livros apresentam textos claros, objetivos, além de serem amplamente ilustrados, relacionando estrutura e função dos órgãos, bem como alguns distúrbios.

Sites

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Versão final. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 7 ago. 2020.

O *site* apresenta a Base Nacional Comum Curricular seguida por este livro e que define o conjunto de aprendizagens essenciais que os estudantes devem desenvolver durante a Educação Básica.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). Conceitos iniciais da evolução: Jean Baptiste Lamark. *Evosite*. p. 1. Disponível em: <https://evosite.ib.usp.br/history/evol_happens.shtml>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Esse *site* traz informações sobre Jean Baptiste Lamark e sua teoria.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (Unesp). *Evolução humana e aspectos socioculturais*. Disponível em: <http://www2.assis.unesp.br/darwinnobrasil/humanev3.htm>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Esse *site* trabalha de modo geral a evolução humana e os aspectos socioculturais envolvidos nesse processo.

Siglas

Cefet ❯ Centro Federal de Educação Tecnológica
Enem ❯ Exame Nacional do Ensino Médio
Fatec ❯ Faculdade de Tecnologia
Fuvest ❯ Fundação Universitária para o Vestibular
PUC ❯ Pontifícia Universidade Católica
Uece ❯ Universidade Estadual do Ceará
UEFS ❯ Universidade Estadual de Feira de Santana
UEL ❯ Universidade Estadual de Londrina
UEPB ❯ Universidade Estadual da Paraíba
UEPG ❯ Universidade Estadual de Ponta Grossa
Uerj ❯ Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFJF ❯ Universidade Federal de Juiz de Fora
UFMS ❯ Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
UFPA ❯ Universidade Federal do Pará
UFRGS ❯ Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRN ❯ Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSC ❯ Universidade Federal de Santa Catarina
UFU ❯ Universidade Federal de Uberlândia
Unesp ❯ Universidade Estadual Paulista
Unicamp ❯ Universidade de Campinas
UPF ❯ Universidade de Passo Fundo
UPM ❯ Universidade Presbiteriana Mackenzie
Vunesp ❯ Fundação para o Vestibular da Universidade Estadual Paulista

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

MODERNA

ISBN 978-65-5779-067-0

MODERNA