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

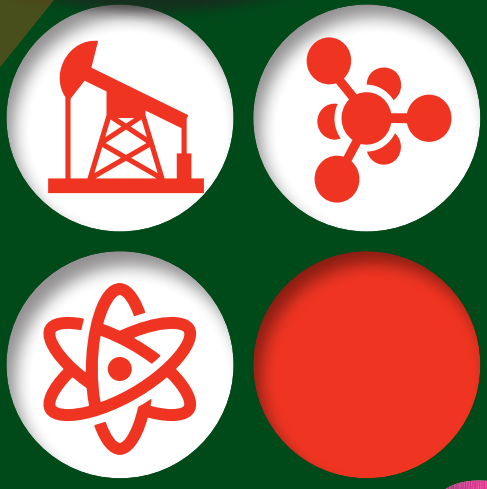
EDITORA RESPONSÁVEL:
Kelly Cristina dos Santos

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.
Código da coleção: 0196P21203
Código da obra: 0196P21203135

DIÁLOGO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

TERRA: UM SISTEMA DINÂMICO DE MATÉRIA E ENERGIA



Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MODERNA

MODERNA

DIÁLOGO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

TERRA: UM SISTEMA DINÂMICO DE MATÉRIA E ENERGIA

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

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
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 Sol XXXII

CAPÍTULO 1 O Sol e a vida na Terra XXXIII

CAPÍTULO 2 Ondas eletromagnéticas XXXVIII

CAPÍTULO 3 O espectro solar e a Terra XLIII

CAPÍTULO 4 Estados de agregação da matéria L

CAPÍTULO 5 Transformações da matéria LIII

UNIDADE 2 Ciclos biogeoquímicos LX

CAPÍTULO 1 Ciclagem de matéria no ambiente LXI

CAPÍTULO 2 Quantidade de matéria LXVI

CAPÍTULO 3 Introdução à calorimetria LXXIV

UNIDADE 3 Trocas de energia LXXXI

CAPÍTULO 1 A energia e os sistemas ecológicos LXXXI

CAPÍTULO 2 Cadeias alimentares LXXXIX

CAPÍTULO 3 A energia nos sistemas termodinâmicos XCIV

CAPÍTULO 4 Termoquímica C

Referências bibliográficas complementares comentadas CIX

MODERNA

A ESTRUTURA DA COLEÇÃO

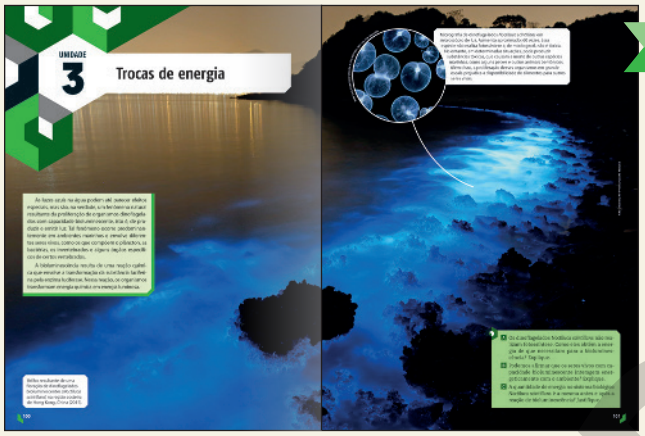
Esta coleção destina-se a estudantes e professores do Ensino Médio e está organizada em seis volumes temáticos independentes e não sequenciais. Cada volume é dividido em unidades, que por sua vez apresentam temas, proporcionando uma organização prática dos conteúdos, para que assim o professor possa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

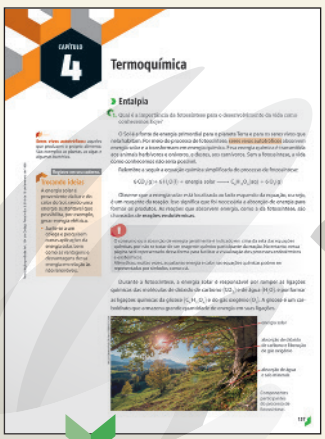
O Livro do estudante



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.

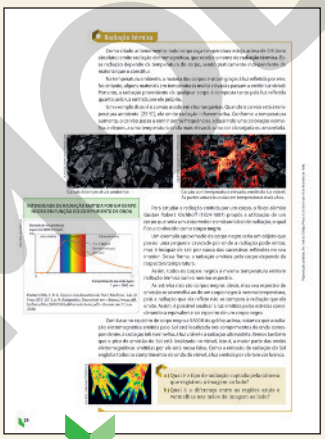
As questões dessas páginas incentivam os estudantes a refletir sobre a imagem e o texto e a expressar os conhecimentos prévios que têm acerca dos conteúdos que serão estudados.



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.



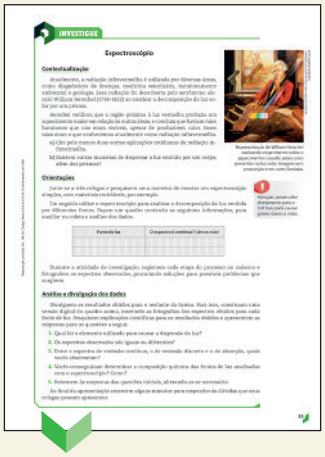
Boxe complementar

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

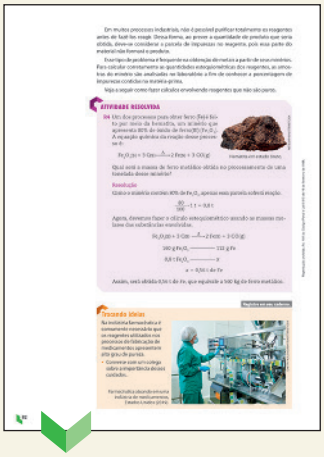
Seção em que são propostas atividades com o objetivo de aprofundar os conteúdos abordados, incentivando os estudantes a recorrer aos conhecimentos científicos para analisar, investigar, formular e resolver problemas. As atividades dessa seção também procuram estabelecer conexões com outras áreas do conhecimento,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

MODELO



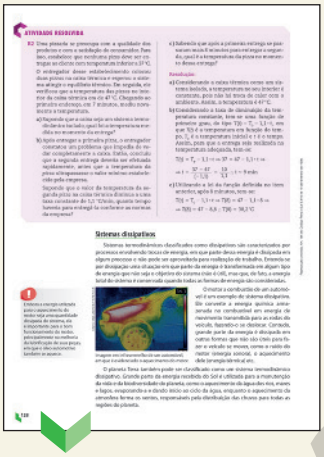
Investigue

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

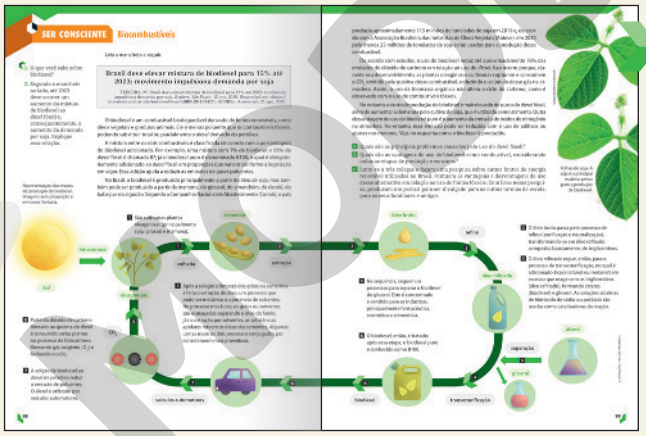
Boxe que apresenta informações importantes para os estudantes compreenderem os conteúdos, como conceitos de diferentes áreas, dicas que visam facilitar a execução das atividades, orientações relacionadas a cuidados em atividades práticas, entre outras.

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**.

SOBERANA

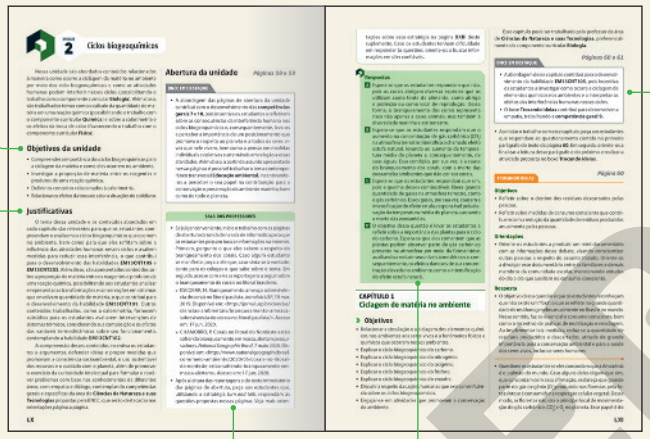
O suplemento para o professor

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.

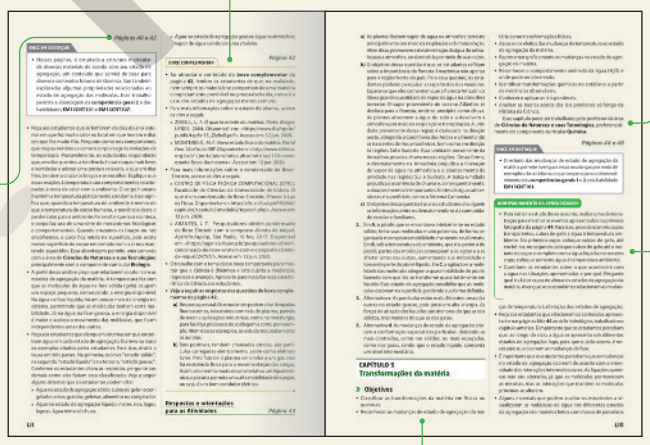


Destaques da BNCC
No decorrer das unidades são destacadas e comentadas algumas relações entre o que é abordado no **Livro do estudante** e as propostas da BNCC.

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**.

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

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



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

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**.

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

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

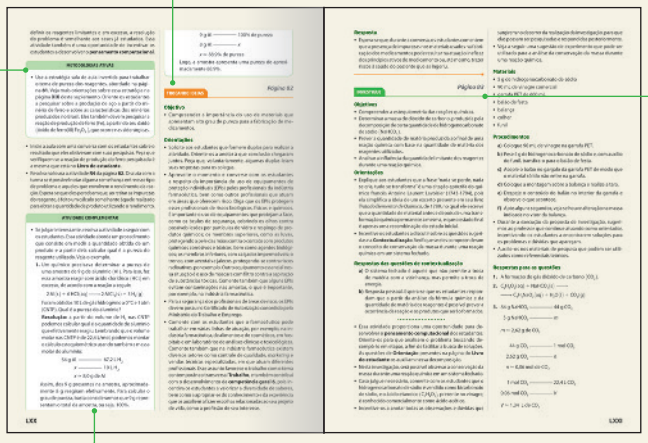
MODELO

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.

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.



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.

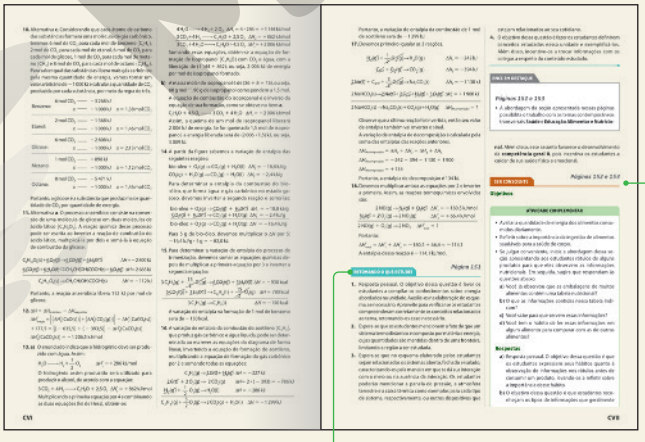
Atividades complementares

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

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

Respostas das atividades

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



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.

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.

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.

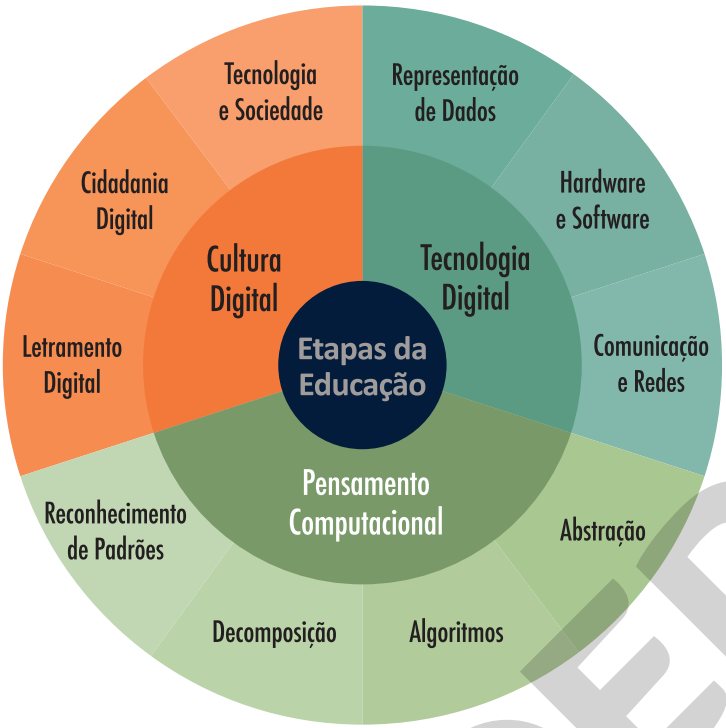
Reconhecimento de padrões: analisar os subproblemas individualmente, com o objetivo de reconhecer padrões e identificar características comuns que ajudem em sua resolução.

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

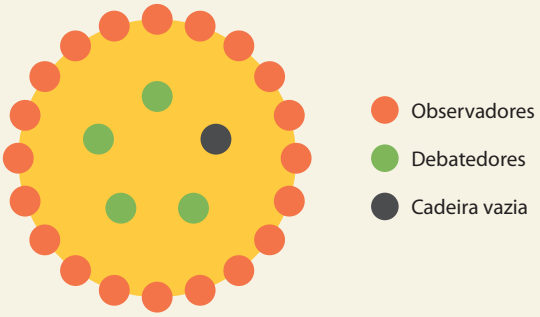
Essa estratégia desenvolve habilidades de oralidade e argumentação, além de incentivar os estudantes a ouvir e respeitar diferentes opiniões.

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	> Importância da energia solar para a vida na Terra. > Fotossíntese. > Absorção da luz solar pela clorofila. > Importância do amido para algumas plantas. > Efeito estufa em outros planetas.	> CG2. > CECNT1.	> EM13CNT202; > EM13CNT301; > EM13CNT303.	> Educação ambiental.
	2	> Ondas eletromagnéticas. > Espectro eletromagnético. > Características das faixas do espectro eletromagnético (ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama). > Radiação térmica. > Radiação do corpo negro.	> CG1; CG2; CG4; CG9. > CECNT1; CECNT2; CECNT3.	> EM13CNT303.	> Educação ambiental; > Saúde.
	3	> Espectro solar. > Características da luz visível. > Dispersão da luz branca. > Espectros de absorção. > Como enxergamos as cores dos corpos. > Características da radiação infravermelha. > Características da radiação ultravioleta. > Tipos de radiação ultravioleta (UV-A, UV-B e UV-C) e seus efeitos. > Radiação solar e o efeito estufa. > Efeito estufa em veículos. > Construção de um espectroscópio.	> CG1; CG2; CG7; CG9. > CECNT1; CECNT2; CECNT3.	> EM13CNT103; > EM13CNT301; > EM13CNT303; > EM13CNT306; > EM13CNT309.	> Educação ambiental.
	4	> Ciclo hidrológico. > Estados de agregação da matéria. > Características da matéria em cada estado de agregação. > Efeitos do calor na matéria. > Outros estados de agregação da matéria (plasma, condensado de Bose-Einstein).	> CG2; CG7.	> EM13CNT101; > EM13CNT307.	> Educação ambiental.
	5	> Transformações físicas da matéria. > Mudanças de estados de agregação. > Fatores que influenciam nas mudanças de estado de agregação da matéria. > Diagramas de mudanças de fase da água. > Comportamento anômalo da água. > Transformações químicas da matéria. > Leis ponderais. > Conservação da matéria em um sistema. > Lei da conservação das massas. > Lei das proporções constantes. > Intensificação do efeito estufa.	> CG1; CG2; CG5.	> EM13CNT101; > EM13CNT205; > EM13CNT301.	> Educação ambiental.

MODERNA

Unidade 2	1	> Circulação da matéria nos ambientes. > Ciclo biogeoquímico do carbono. > Sequestro de carbono. > Ciclo biogeoquímico do oxigênio. > Ciclo biogeoquímico do nitrogênio. > Ciclo biogeoquímico do fósforo. > Ciclo biogeoquímico do enxofre. > Interferências das atividades humanas nos ciclos biogeoquímicos.	> CG6; CG7; CG10. > CECNT1.	> EM13CNT105; > EM13CNT203; > EM13CNT206; > EM13CNT303; > EM13CNT309.	> Educação ambiental; > Diversidade cultural.
	2	> Quantidade de matéria. > Cálculo estequiométrico. > Balanceamento de equações químicas. > Relação entre massas. > Massa molar. > Relação entre matéria e volume. > Volume molar. > Fórmulas químicas (fórmula mínima e fórmula percentual). > Estudo do rendimento de reações químicas. > Fatores que influenciam no rendimento de reações químicas. > Excesso de reagentes. > Pureza dos regentes.	> CG1; CG2; CG5; CG6; CG7; CG9; CG10. > CECNT1; CECNT3. > CECHSA1.	> EM13CNT101; > EM13CNT105.	> Educação ambiental; > Ciências e tecnologia; > Trabalho.
	3	> Conceito de temperatura. > Conceito de calor. > Escalas de temperatura. > Efeitos das trocas de calor. > Dilatação térmica. > Dilatação linear e dilatação volumétrica. > Dilatação em líquidos. > Variação da temperatura. > Calor sensível. > Calor específico. > Mudança de fase. > Trocas de calor. > Biocombustíveis.	> CG2; CG9. > CECNT1; CECNT3.	> EM13CNT101; > EM13CNT102; > EM13CNT301; > EM13CNT302; > EM13CNT309.	> Educação ambiental.
Unidade 3	1	> Transformações de energia pelos seres vivos. > Respiração celular. > Fotossíntese. > Fermentação alcoólica.	> CG1; CG2; CG3; CG5; CG8; CG9.	> EM13CNT203.	> Diversidade cultural; > Saúde.
	2	> Cadeias alimentares. > Características de cada nível trófico de uma cadeia alimentar. > Importância da decomposição. > Relação entre os decompositores e os ciclos biogeoquímicos. > Fluxo de energia nos sistemas ecológicos. > Biomassa. > Teias alimentares. > Transpiração vegetal. > Pirâmides ecológicas. > Pirâmide de energia. > Pirâmide de biomassa e de números.	> CG2; CG4. > CECNT2.	> EM13CNT203; > EM13CNT301.	
	3	> Sistemas termodinâmicos. > Energia nos sistemas termodinâmicos. > Tipos de sistemas termodinâmicos. > Características dos sistemas conservativos. > Trocas de calor em sistemas abertos e em sistemas isolados.	> CG2; CG9. > CECNT1; CECNT2.	> EM13CNT101; EM13CNT102; > EM13CNT301.	
	4	> Conceito de entalpia. > Características das reações endotérmicas. > Características das reações exotérmicas. > Variação de entalpia. > Entalpia de formação. > Energia de ligação. > Lei de Hess. > Energia dos alimentos.	> CG6; CG8.	> EM13CNT105.	> Educação ambiental; > Saúde; > Educação alimentar e nutricional; > Trabalho.

MODERNA

Veja a seguir os textos das habilidades trabalhadas neste 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.
EM13CNT102	Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.
EM13CNT103	Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
EM13CNT105	Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
EM13CNT202	Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
EM13CNT203	Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
EM13CNT205	Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
EM13CNT206	Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
EM13CNT301	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
EM13CNT302	Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
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.
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.
EM13CNT309	Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

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

Sugestão de cronograma trimestral

Nesse caso, considerando que a duração do curso seja de 9 trimestres, esse 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 2
Semana 3	Unidade 1 • Capítulo 3
Semana 4	Unidade 1 • Capítulo 4
Semana 5	Unidade 1 • Capítulo 5
Semana 6	Unidade 1 • Capítulo 5
Semana 7	Unidade 2 • Capítulo 1
Semana 8	Unidade 2 • Capítulo 1
Semana 9	Unidade 2 • Capítulo 2
Semana 10	Unidade 2 • Capítulo 3
Semana 11	Unidade 3 • Capítulo 1

MODERNA

Semana 12	Unidade 3 • Capítulo 2
Semana 13	Unidade 3 • Capítulo 3
Semana 14	Unidade 3 • Capítulo 4

Sugestão de cronograma bimestral

Nesse caso, considerando que a duração do curso seja de 12 bimestres, esse 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 2
Semana 3	Unidade 1 • Capítulo 3
Semana 4	Unidade 1 • Capítulo 4
Semana 5	Unidade 1 • Capítulo 5
Semana 6	Unidade 1 • Capítulo 5
Semana 7	Unidade 2 • Capítulo 1
Semana 8	Unidade 2 • Capítulo 1
Semana 9	Unidade 2 • Capítulo 2
Semana 10	Unidade 2 • Capítulo 3
Semana 11	Unidade 2 • Capítulo 3
Semana 12	Unidade 3 • Capítulo 1
Semana 13	Unidade 3 • Capítulo 2
Semana 14	Unidade 3 • Capítulo 2
Semana 15	Unidade 3 • Capítulo 3
Semana 16	Unidade 3 • Capítulo 4

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 dessas unidades 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

Sol

Nessa unidade são abordados temas relacionados à energia solar, destacando sua importância para a vida na Terra, levando os estudantes a reconhecer o Sol como principal fonte de energia nas cadeias alimentares. Para que eles compreendam essa importância do Sol, a unidade também aborda temas relacionados à natureza da luz, como ondas eletromagnéticas e espectro eletromagnético, fornecendo subsídios para que os estudantes analisem o efeito estufa natural da Terra.

Além disso, essa unidade aborda alguns temas essenciais para que os estudantes compreendam o ciclo hidrológico e os ciclos biogeoquímicos, que serão estudados na próxima unidade, com destaque aos estados de agregação e às transformações físicas e transformações químicas da matéria.

Objetivos da unidade

- Argumentar sobre a importância da luz solar para a vida na Terra.
- Relacionar energia solar à energia que é transferida aos diferentes níveis de uma cadeia alimentar.
- Explicar a natureza da luz, descrevendo as propriedades das ondas eletromagnéticas.
- Descrever o espectro eletromagnético, identificando suas diferentes faixas.
- Relacionar a interação da luz solar com os corpos ao efeito estufa natural da Terra, descrevendo como ele ocorre.
- Diferenciar transformações físicas e transformações químicas da matéria, explicando suas principais características.
- Conhecer as leis ponderais e aplicá-las no estudo das transformações da matéria.
- Explicar o ciclo hidrológico, relacionando-o aos diferentes estados de agregação da matéria e às mudanças de fase.

Justificativas

Os temas abordados nessa unidade são essenciais para que os estudantes analisem fenômenos naturais e, com base nas interações e relações entre matéria e energia, reconheçam a importância da energia solar para a vida na Terra, tanto para manter a temperatura (abordagem do efeito estufa natural) como para fornecer energia para os seres vivos dos ecossistemas (abordagem da fotossíntese), possibilitando aos estudantes analisar as diversas formas de manifestação da vida, assim como as condições ambientais favoráveis e limitantes a elas, contribuindo para desenvolver a habilidade **EM13CNT202**. A partir de uma atividade prática de investigação sobre a fotossíntese, os estudantes têm a oportunidade de elaborar hipóteses, previsões e estimativas e interpretar modelos explicativos, desenvolvendo assim a habilidade **EM13CNT301**.

A fim de auxiliar os estudantes na compreensão das características da luz solar que a tornam essenciais para a vida na Terra, a unidade também aborda o espectro eletromagnético. Durante essa abordagem, os estudantes são incentivados a refletir sobre como proteger a própria saúde dos efeitos nocivos da radiação ultravioleta, contribuindo para desenvolver a habilidade **EM13CNT306**.

Com o intuito de fornecer aos estudantes embasamento teórico para o estudo do ciclo hidrológico e, na próxima unidade, dos ciclos biogeoquímicos, essa unidade aborda as transformações físicas e químicas da matéria, assim como seus estados de agregação, contribuindo para desenvolver a habilidade **EM13CNT105**.

A compreensão desses temas incentiva a valorização do conhecimento histórico construído ao longo do tempo por diferentes culturas e também dá subsídios para a elaboração de argumentos e a tomada de decisões responsáveis, contemplando as competências gerais e específicas de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias** propostas pela BNCC, que serão destacadas nas orientações página a página.

Abertura da unidade *Páginas 12 e 13*

BNCC EM DESTAQUE

- O tema abordado nessas páginas mostra aos estudantes que o conhecimento sobre as radiações e suas origens pode ser aplicado em situações que ajudam na manutenção da saúde, relacionando-se à habilidade **EM13CNT103**.

- Inicie a abordagem das páginas de abertura da unidade solicitando aos estudantes que expressem o que sabem sobre a radiação ultravioleta proveniente do Sol. Cite termos

MODERNA

relacionados à radiação ultravioleta e que são comuns no cotidiano dos estudantes, como UV-A, UV-B e UV-C, para incentivá-los a expor seus conhecimentos prévios. Possivelmente, muitos estudantes citarão os cuidados para evitar o câncer de pele. Anote na lousa as principais respostas.

- Em seguida, incentive-os a expor o que sabem sobre vírus e sobre a pandemia de COVID-19 que ocorreu em 2020. Da mesma forma, anote os conhecimentos prévios dos estudantes na lousa.
- Em seguida, apresente aos estudantes, ou incentive-os a pesquisar, reportagens sobre pesquisas científicas que visam utilizar a radiação ultravioleta para combater e controlar a disseminação do coronavírus responsável pela COVID-19 (SARS-CoV-2). Nesse momento, incentive os estudantes a discutirem sobre a importância desse tipo de pesquisa científica e do fomento dessas pesquisas por parte dos governantes.
- Verifique se os estudantes relacionaram o uso da radiação ultravioleta aos danos que ela pode causar no material genético dos vírus, de forma semelhante aos danos que causam no material genético de outros seres vivos. Aproveite para direcionar a atenção dos estudantes para a fotografia secundária, que mostra danos ao tecido da pele humana provocados pela radiação ultravioleta.

Respostas

A O objetivo dessa questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto. Eles podem comentar que o Sol fornece luz e calor à Terra, ajudando a manter a temperatura terrestre adequada. Além disso, o Sol é a fonte primária de energia para a vida. Tal energia é então fixada pelos seres vivos autotróficos por meio da fotossíntese.

B Espera-se que os estudantes respondam que essa estrutura é a atmosfera terrestre, que barra parte da radiação ultravioleta, reduzindo a intensidade dessa radiação que atinge a superfície terrestre e, consequentemente, os seres vivos. Além disso, alguns gases que compõem a atmosfera terrestre atuam no chamado efeito estufa, retendo parte da radiação infravermelha (calor) que seria dissipada para o espaço e auxiliando, assim, na manutenção da temperatura média da Terra adequada à maioria das formas de vida.

C O objetivo dessa questão é que os estudantes reflitam sobre a relação da radiação infravermelha (calor) com a matéria. Eles podem comentar que essa radiação interfere no grau de agitação das moléculas, as quais, ao receber radiação infravermelha, tornam-se mais agitadas, o que resulta no aumento da temperatura da matéria. Esse aumento de agitação das moléculas, por sua vez, resulta em maior mobilidade, o que, em determinadas condições, pode resultar na mudança do estado de agregação da matéria.

CAPÍTULO 1
O Sol e a vida na Terra

Objetivos

- Interpretar condições ambientais favoráveis e limitantes à vida na Terra e em outros planetas.
- Identificar os planetas que formam o Sistema Solar.
- Justificar a importância do Sol para a existência e manutenção da vida na Terra, como a conhecemos hoje.
- Refletir sobre as condições atuais da Terra que favorecem a existência de vida.
- Explicar o efeito estufa natural e seu papel na manutenção da vida na Terra.
- Analisar a importância da fotossíntese para os seres que a realizam e para os que se alimentam destes.
- Conhecer a estrutura e a importância dos cloroplastos.
- Associar a clorofila à fotossíntese.
- Reconhecer os elementos da equação simplificada da fotossíntese.
- Identificar fatores que influenciam na taxa de fotossíntese.
- Relacionar o efeito estufa à presença e à composição atmosférica dos planetas.
- Reconhecer que o efeito estufa ocorre em outros planetas além da Terra.
- Elaborar hipóteses e interpretar resultados experimentais sob uma perspectiva científica.

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 **EM13CNT202**, pois incentiva os estudantes a associar as condições de luminosidade e a ocorrência da fotossíntese como fatores essenciais à existência de vida na Terra.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para iniciar o trabalho com esse capítulo, questione os estudantes sobre quais são as características do planeta Terra que favorecem a existência de vida como conhecemos hoje. Leve os estudantes a abordarem principalmente características relacionadas à temperatura e à composição atmosférica do planeta. Tome nota das respostas dos estudantes, identificando pontos de maior domínio de conceitos e também de maior dificuldade. Utilize essas anotações para, se necessário, adequar seu plano de trabalho docente.

MODERNA

- Ao abordar a imagem da Amazônia em vista aérea, explique aos estudantes que a baixa assimilação de gás carbônico (CO_2) pela Floresta Amazônica relaciona-se ao fato de as árvores se encontrarem em estágios avançados de desenvolvimento. Plantas nesse estágio necessitam de menos carbono em seus tecidos já formados; ainda assim, elas mantêm as taxas de respiração praticamente constantes.

Página 15

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com esse capítulo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, pois incentiva os estudantes a interpretar condições ambientais favoráveis e limitantes à existência de vida no planeta Terra e em outros planetas.

- Ao abordar a transformação da energia luminosa em energia química e sua transferência entre os seres vivos, enfatize aos estudantes que essa transferência ocorre por meio da cadeia alimentar, na qual os produtores (seres vivos autótrofos) assimilam a energia luminosa e a transformam em energia química, transferida aos consumidores primários e depois aos demais consumidores (seres vivos heterótrofos).
- Enfatize aos estudantes que a fotossíntese envolve diversas reações químicas e que a reação química mostrada nessa página apresenta esses processos de forma simplificada. Comente que eles estudarão a fotossíntese mais detalhadamente na unidade **2**.

SALA DOS PROFESSORES

- A abordagem da reação simplificada da fotossíntese possibilita o trabalho conjunto com os professores da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Química**, pois é possível abordar os componentes de uma reação química. Reproduza a reação química na lousa e identifique com os estudantes quais são os reagentes e os produtos.

Página 16

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com o papel da fotossíntese na retirada de CO_2 da atmosfera contribui com o desenvolvimento do tema contemporâneo transversal **Educação ambiental** citado na BNCC, pois incentiva os estudantes a reconhecerem a importância de manter ambientes arborizados, uma vez que estes atuam como filtros naturais que auxiliam na qualidade do ar, retirando o CO_2 atmosférico.
- A abordagem do papel dos seres vivos autótrofos para a evolução da atmosfera terrestre contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, pois incentiva os estudantes a analisarem explicações sobre a evolução da vida na Terra. Comente com os estudantes que os seres vivos fotossintetizantes tiveram um papel importante no aumento de oxigênio (O_2) atmosférico, o que favoreceu o desenvolvimento de diferentes formas de vida com metabolismo aeróbico.

- Aproveite o momento e comente com os estudantes sobre a teoria autotrófica de origem dos primeiros seres vivos. Explique-lhes que essa teoria é a mais aceita entre os cientistas atualmente. De acordo com ela, os primeiros seres vivos eram autótrofos e produziam seu alimento por meio de um processo chamado quimiossíntese, o qual utiliza moléculas inorgânicas, como o sulfeto de hidrogênio (H_2S), como fonte de energia. Os organismos que realizam esse processo são chamados quimioautotróficos, litotróficos ou quimiolitotróficos. Somente após o surgimento dos quimioautotróficos é que teriam surgido organismos fotossintetizantes, os quais utilizavam a energia proveniente da luz solar para produzir alimento e gerar energia para suas células. O gás oxigênio resultante do processo de fotossíntese contribuiu para alterar a composição da atmosfera da Terra, assim como para o surgimento do metabolismo aeróbico.
- Questione os estudantes sobre seus conhecimentos a respeito de ondas eletromagnéticas. Explique que esse tipo de onda é capaz de se propagar no vácuo, o que permite que a radiação solar chegue à Terra passando pelo vácuo do espaço.

SALA DOS PROFESSORES

- A abordagem sobre a característica de onda eletromagnética da luz possibilita o trabalho conjunto com os professores da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Física**. Explore com os estudantes as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas e suas características. Explore também o fato de que a radiação solar pode ser considerada um conjunto de ondas com componente elétrico e magnético.

Página 17

INVESTIGUE

BNCC EM DESTAQUE

- Essa seção favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois incentiva os estudantes a elaborarem hipóteses e explicarem dados experimentais sob uma perspectiva científica. Além disso, estimula o desenvolvimento da **competência geral 2** ao propor a investigação.

PODERIA

Objetivo

- Perceber a influência da luz solar na síntese de alimentos (amido) nas plantas.

Orientação

- Essa atividade proporciona uma oportunidade para desenvolver o **pensamento computacional** dos estudantes. Oriente-os para que analisem o problema, buscando decompô-lo em etapas, a fim de facilitar a busca de soluções. As questões de orientação presentes na página do **Livro do Estudante** os auxiliam nessa decomposição. As questões do início dessa seção têm por objetivo levar os estudantes a formular hipóteses a respeito da importância da luz para a fotossíntese e sobre a presença de organelas responsáveis pela fotossíntese nas folhas.

Respostas das questões de contextualização

a) Sim, a glicose é produzida por meio da fotossíntese e armazenada em partes da planta na forma de amido.

b) Na ausência de clorofila, não há fotossíntese e, portanto, não há produção de amido.

c) Para verificar a presença de amido nas plantas é possível submetê-las a diferentes condições de luminosidade e, portanto, de fotossíntese, e depois analisar a quantidade de amido de cada uma.

- Veja um exemplo de roteiro para essa investigação.

Materiais

- 1 vaso de plantas com folhas verdes
- 1 rolo de papel-alumínio
- papel-toalha
- 2 placas de Petri
- 2 béqueres de 50 mL
- solução de lugol
- álcool etílico comercial
- clipes de papel
- caneta hidrocor
- pinça
- régua

Procedimentos

a) Corte um pedaço de papel-alumínio de tamanho suficiente para cobrir totalmente uma folha da planta no vaso. Em seguida, retire um pedaço pequeno desse papel-alumínio, formando uma janela (um retângulo de 2 cm de comprimento e 1 cm de largura). Feito isso, escolha uma folha do vaso e embrulhe-a com esse pedaço de papel-alumínio, prendendo-o com clipes para que não se solte da folha.

b) Deixe o vaso em um ambiente iluminado durante dois dias. Passado esse período, colete uma folha totalmente verde e a folha embrulhada com o papel-alumínio.

c) Em um béquer, escreva a letra **A** e coloque dentro dele a folha verde. Em um segundo béquer, escreva a letra **B**, retire o papel-alumínio da folha e coloque-a dentro dele.

d) Adicione, cuidadosamente, o álcool etílico no interior dos béqueres **A** e **B**, até cobrir as folhas. Deixe as folhas no álcool por 24 horas. Esse procedimento é necessário para que ocorra a despigmentação das folhas, ou seja, a retirada da clorofila.

e) Após esse tempo, retire cuidadosamente, com o auxílio de uma pinça, as folhas do álcool e coloque-as no papel-toalha, deixando-as secar por alguns minutos.

f) Após a secagem das folhas, coloque cada uma delas em uma placa de Petri. Em seguida, aplique sobre as folhas três gotas da solução de lugol e espalhe-as em toda a extensão das folhas.

g) Observe os resultados e anote-os no caderno.

- Caso julgue conveniente, ou não encontre a solução de lugol pronta, você pode auxiliar os estudantes a prepará-la. Para isso, será preciso 10 g de iodeto de potássio (KI), 5 g de iodo (I_2) e 100 mL de água (H_2O). Como se trata de uma solução concentrada, no momento de utilizá-la, deve-se diluir 1:10, sendo 1 mL de solução de iodo para 9 mL de água. Ao preparar essa solução, garanta que os estudantes estejam utilizando itens de segurança, como jaleco, luvas, máscara e óculos de laboratório. Acompanhe-os em cada etapa.
- Peça a eles que escolham um ou dois estudantes para ficarem responsáveis por registrar todas as etapas e os resultados da investigação por meio de fotografias, que poderão ser feitas com uma câmera fotográfica ou um *smartphone*.
- Solicite a cada grupo que escolha um estudante para ler aos demais colegas as respostas que deram para as questões de contextualização. Em seguida, peça aos integrantes de cada grupo que conversem sobre os resultados obtidos na investigação e as respostas que deram às questões iniciais. Oriente-os a verificar se as hipóteses que levantaram foram aceitas ou refutadas após a realização do experimento. Em seguida, cada grupo deve apresentar aos demais suas conclusões a respeito da atividade.
- Auxilie-os a compreender os resultados obtidos. Pergunte-lhes quais fatores ambientais interferiram na produção de amido durante a investigação e por que as folhas foram submersas em álcool etílico.
- Após a conversa dos grupos quanto aos resultados obtidos, solicite aos estudantes que façam a montagem do *banner*. Em seguida, separe um momento da aula para que eles possam expor no mural da escola o *banner* finalizado. Incentive-os a explicar para os colegas a importância de cada etapa da investigação, bem como dos fatores limitantes para a produção do amido nas plantas. Leve-os a refletir sobre a importância de proporcionar condições adequadas ao cultivo de plantas para a otimização da produção de alimentos ricos em amido, por exemplo.

Respostas para as questões

1. Ao pingar a solução de lugol na folha **A**, foi possível observar que toda a extensão da planta ficou com uma coloração arroxeada, já na folha **B**, que ficou embrulhada com o papel-alumínio, foi possível observar a coloração roxa intensamente apenas na parte da folha que ficou exposta à luz solar. A folha **A** recebeu luz solar suficiente para a realização da fotossíntese e, consequentemente, produção de carboidratos (amido), já a folha **B** não recebeu luz por inteiro, o que prejudicou a fotossíntese e, conse-

MODERNA

quentemente, a produção de amido. Na folha **B**, houve produção eficiente de amido apenas no pedaço em que a folha não estava coberta pelo papel-alumínio, pois esse pedaço ficou exposto à luz solar, ocorrendo a fotossíntese.

2. Resposta pessoal. Os estudantes podem citar qualquer parte da planta que apresente coloração verde, como caule ou folhas. Possivelmente, os estudantes utilizarão as folhas da planta, pois essa é a parte onde há maior concentração de clorofila.
3. Resposta pessoal. Os estudantes podem citar que submeteram as folhas das plantas à presença e à ausência, total e parcial, de luz solar. Em seguida, foi comparada a produção de amido em cada uma das folhas.
4. A luz solar é um fator limitante para a produção do amido, pois esse elemento é essencial no processo de fotossíntese. Da mesma maneira, a ausência de clorofila inibe a produção de amido, pois esse pigmento é responsável por absorver a luz solar.
5. Resposta pessoal. Os estudantes podem descrever experimentos que evidenciem a produção de oxigênio durante a fotossíntese, bem como o consumo de gás carbônico. Eles também podem observar alterações das plantas submetidas à presença ou à ausência de luz solar.
6. Os estudantes podem responder que, como a produção de amido pelas plantas está diretamente relacionada à fotossíntese, deve-se garantir condições adequadas a esse processo, por exemplo, incidência de luz solar, auxilia na produção de amido por elas. Qualquer condição que prejudique a fotossíntese, como iluminação insuficiente ou falta de água, pode interferir na produção de carboidrato pela planta.

Destino dos resíduos

- As folhas retiradas da planta no vaso e usadas durante a investigação devem ser lavadas para retirar o excesso de lugol e podem ser descartadas em um jardim ou uma horta, onde servirão de adubo.
- O pedaço de papel-alumínio deve ser retirado da folha, lavado e descartado em coletores seletivos para metal (lixeira amarela), para ser encaminhado à reciclagem. Os clipes podem ser guardados para ser usados em outras situações.
- Os vasos de plantas podem ser mantidos na escola ou levados para a casa dos estudantes que tiverem interesse de cuidar delas.

Páginas 18 e 19

BNCC EM DESTAQUE

- A situação-problema apresentada no início da página **18** contribui para o desenvolvimento das **competências gerais 1** e **2**, pois estimula a curiosidade intelectual e a investigação e análise de causas e fenômenos com base nos conhecimentos científicos.
- A abordagem do tema **Efeito estufa em outros planetas** apresentado na página **19** favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, pois aborda condições ambientais favoráveis e limitantes à vida como a conhecemos hoje. Enfatize aos estudantes o papel do efeito estufa natural na manutenção da temperatura do planeta Terra em uma faixa adequada à vida.

Página 18

TROCANDO IDEIAS

Objetivo

- Refletir sobre um hábito que contribui para economizar energia elétrica.

Orientações

- Solicite aos estudantes que elaborem panfletos digitais com dicas para aproveitar a luz solar: como manter as cortinas abertas, utilizar cores claras nas paredes, posicionar as janelas para áreas abertas do terreno; em ambientes fechados também é possível o uso de garrafas PET preenchidas com água e encaixadas no telhado. Oriente-os a divulgar essas informações entre familiares por meio de aplicativos de mensagens.

Resposta

- Espera-se que os estudantes comentem que ao aproveitarmos a luz solar durante o dia para iluminarmos os ambientes, evitamos acender lâmpadas elétricas. Com isso, reduz-se o consumo de energia elétrica, o que, por sua vez, reflete na redução do valor da fatura de energia elétrica. Em grande escala, a economia no consumo de energia elétrica pode ajudar a reduzir a demanda energética, evitando a ativação de usinas térmicas, por exemplo.

Página 19

BOXE COMPLEMENTAR

- Ao trabalhar o **boxe complementar** da página **19**, enfatize aos estudantes a influência da composição de gases atmosféricos na temperatura dos planetas. Leve-os a concluir que a composição atmosférica é um fator que pode favorecer ou limitar a vida como conhecemos hoje, tanto do ponto de vista relacionado ao metabolismo aeróbico quanto à faixa de temperatura tolerável para os seres vivos.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Para trabalhar as questões propostas no **boxe complementar** da página **19**, se julgar interessante, utilize a estratégia *think-pair-share*. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento. Para isso, leia com os estudantes a primeira questão e, em seguida, oriente a turma a refletir sobre as possíveis respostas. Peça que formem duplas e conversem a respeito das respostas que pensaram para a questão

MODERNA

lida pelo professor. Depois, oriente-os a compartilhar suas ideias com os demais colegas, a fim de que complementem as respostas uns dos outros. Repita essas etapas para cada questão.

- Peça a cada estudante que anote em uma folha sua resposta inicial para a questão. Ao final, peça que responda à questão novamente e, se necessário, complemente sua resposta. Com as respostas dos estudantes em mãos, você poderá avaliar os conhecimentos prévios a respeito do assunto e acompanhar a construção do conhecimento realizado de forma coletiva.

- Ao trabalhar o efeito estufa natural, se julgar conveniente, averigue se os estudantes relacionam o aumento de gases do efeito estufa às atividades humanas. Isso pode ter como consequência um aumento na temperatura do planeta ao longo do tempo e levar a outros problemas para os ecossistemas da Terra, incluindo os ecossistemas terrestres e os aquáticos.
- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 19.**
  - **a)** Espera-se que os estudantes comentem que a Terra é o único planeta que conhecemos e que engloba diversos fatores essenciais à vida como conhecemos, uma temperatura média adequada, água em estado líquido, sua posição em relação ao Sol e a existência de atmosfera com composição e concentração específica de determinados gases.
  - **b)** Espera-se que os estudantes respondam que sim, pois algumas atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis (por meio de veículos, indústrias e usinas termelétricas) aumentam a emissão de gases de efeito estufa, responsáveis por absorver e reter parte do calor da atmosfera. Assim, o aumento na emissão desses gases pode resultar no aumento do efeito estufa natural e, consequentemente, da temperatura média terrestre.
  - **c)** Os estudantes podem comentar que os cientistas consideram a existência de uma estrela, capaz de fornecer luz e calor; a distância do astro em relação à estrela; a composição da atmosfera; e a existência de água no estado líquido.

Página 20

BNCC EM DESTAQUE

- A realização da atividade **2** favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**, pois incentiva os estudantes a interpretarem textos de divulgação científica e apresentarem conclusões a respeito dos dados científicos. Se possível, acesse o texto com os estudantes.
- A atividade **4** favorece o desenvolvimento da **competência específica 1 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois incentiva os estudantes a analisarem fenômenos naturais como o aquecimento de objetos e superfícies pela radiação solar, em processos produtivos que melhoram as condições de vida das populações e minimizam impactos ambientais.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 14

1. Os estudantes podem comentar que o Sol fornece a energia térmica que aquece o planeta Terra, o que contribui para manter a temperatura média adequada à vida. Essa temperatura adequada também possibilita a existência de água no estado líquido, essencial para a realização da fotossíntese, processo essencial para a manutenção e o desenvolvimento de seres vivos fotoautotróficos e de organismos heterotróficos, de maneira direta e indireta.

2. A clorofila é o pigmento que absorve a energia da luz solar, possibilitando que ela seja aproveitada por organismos autotróficos na fotossíntese, especificamente na oxidação da água e na redução do gás carbônico.

3. Espera-se que os estudantes comentem que essa energia chega aos organismos heterotróficos por meio da alimentação. As moléculas orgânicas produzidas pelos seres vivos fotossintetizantes podem ser armazenadas sob a forma de amido ou fazer parte dos tecidos dos organismos produtores. Ao consumir esses seres vivos, os heterotróficos obtêm tais moléculas.

Página 18

8. Espera-se que os estudantes comentem que isso ocorreu porque o carro ficou exposto diretamente à radiação solar, a qual aqueceu o material do qual o volante é feito. Esse aumento também pode ser relacionado com o aumento da temperatura do ar no interior do veículo, resultado do efeito estufa que ocorre nele. Esse assunto será abordado no capítulo **3** dessa unidade.

9. Espera-se que os estudantes respondam que possivelmente não, pois sob a sombra da árvore parte da radiação solar seria bloqueada por ela, assim não atingiria o volante. Dessa maneira, se fosse mantido o tempo todo sob a sombra, a quantidade de radiação incidindo diretamente no volante seria menor, assim como sua temperatura.

10. Porque é preciso que esse calor seja mantido próximo à superfície terrestre, o que é possível graças à atuação da atmosfera terrestre. Na ausência dessa camada, a temperatura terrestre apresentaria grande amplitude térmica, tendo em vista que seria atingida por uma porção maior de radiação (sendo parte prejudicial aos seres vivos), a qual seria dissipada para o espaço.

Página 20

1. **a)** A respiração.

b) Por meio da respiração, a planta obtém o gás oxigênio necessário para a respiração celular, processo que

MODERNA

torna a energia contida nos carboidratos (produzidos pela fotossíntese), como a glicose, em formas utilizáveis pela célula.

c) Espera-se que os estudantes respondam que, durante a noite, a planta consome mais gás oxigênio do que produz e libera o gás carbônico por sua respiração. No entanto, a taxa de consumo e de liberação de gás oxigênio e gás carbônico por uma planta é cerca de 20 vezes inferior à do ser humano. Assim, a presença de plantas no quarto não causa sufocamento nas pessoas.

2. Alternativa **c**. Ao mantermos a vegetação contribuímos para que o CO_2 seja absorvido da atmosfera e fixado em moléculas orgânicas, contribuindo para reduzir a taxa desse gás na atmosfera, o que ajuda a combater a intensificação do efeito estufa. O efeito estufa está relacionado à radiação térmica que fica retida na atmosfera, a qual também aquece a superfície terrestre. Ao aumentar a queima de combustíveis como a biomassa vegetal aumenta-se também a emissão de gases do efeito estufa, intensificando esse efeito, sem combatê-lo. Em geral, a indústria de refrigeração é responsável por emitir gases como CFCs – clorofluorcarbonos e HCFCs – hidroclorofluorcarbonos, os quais estão envolvidos diretamente na destruição da camada de ozônio.

3. a) Espera-se que os estudantes comentem que nesse tipo de fogão, os raios solares que incidem na estrutura são refletidos e direcionados para a panela. A radiação térmica dos raios solares aquece a panela e, consequentemente, seu conteúdo.

b) Os estudantes podem responder que uma das vantagens é que se trata de uma fonte de energia renovável (energia solar) e que não emite gases poluentes como ocorre na queima de derivados do petróleo. Além disso, a construção desse tipo de fogão envolve materiais de baixo custo. As desvantagens estão relacionadas à limitação do uso desse tipo de fogão a dias ensolarados, tendo em vista que seu funcionamento depende da incidência direta da radiação solar. Além disso, o tempo de preparo dos alimentos é maior do que em um fogão comum que utiliza gás de cozinha ou lenha.

c) Os estudantes podem responder que a energia solar também pode auxiliar na secagem de roupas e alimentos e na produção de energia elétrica, além de estar envolvida na produção de alimentos.

4. a) Espera-se que os estudantes comentem que os personagens possivelmente concluíram que a planta necessita tanto de água quanto de luz solar para se desenvolver adequadamente. A privação de água ou de luz solar prejudicou a planta por interferir na fotossíntese.

b) Espera-se que os estudantes respondam que a estiagem é um período caracterizado pela falta de chuva. Dessa forma, a estiagem pode interferir na produção agrícola ao prejudicar a realização da fotossíntese pelas plantas, afetando seu crescimento e desenvolvimento.

CAPÍTULO 2
Ondas eletromagnéticas

Objetivos

- Conceituar ondas eletromagnéticas.
- Caracterizar a radiação eletromagnética.
- Relacionar as temperaturas de superfície das estrelas à intensidade e emissão de radiação eletromagnética.
- Compreender que as ondas eletromagnéticas são descritas por campos elétricos e magnéticos que variam no tempo.
- Reconhecer as ondas eletromagnéticas como uma forma de transmissão de energia.
- Caracterizar e classificar as ondas eletromagnéticas de acordo com sua frequência e seu comprimento de onda, constituindo o espectro eletromagnético.
- Descrever o espectro eletromagnético como uma faixa contínua de frequência e observar que todas as ondas possuem a mesma natureza.
- Reconhecer que conceitos relacionados às ondas, como frequência, comprimento, velocidade de propagação e amplitude são similares para diferentes tipos de ondas.
- Conceituar frequência, comprimento, velocidade de propagação e amplitude de uma onda.
- Conhecer a equação fundamental de ondas, válida para diferentes tipos de ondas.
- Entender que todo corpo que esteja acima da temperatura de 0 K emite radiação eletromagnética, e que esta recebe o nome de radiação térmica.
- Conceituar radiação do corpo negro e a sua curva característica.
- Compreender que a radiação emitida pelas estrelas pode ser estudada como sendo equivalente ao espectro emitido por um corpo negro à mesma temperatura.

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

Páginas 21 a 24

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento das **competências específicas 1** e **2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois possibilita aos estudantes compreender a origem das radiações a partir da evolução de uma estrela, como o Sol, as radiações que constituem o espectro eletromagnético, e conhecer modelos científicos que foram propostos ao longo do tempo buscando explicar a composição das estrelas e a forma de liberação de sua energia.
- Também contribui para o desenvolvimento da **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e da habilidade **EM13CNT303**, ao

EM MODERNA

abordar, na página **21**, informações difundidas por meios digitais, promovendo a capacidade de seleção e interpretação de textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza. Além de favorecer o desenvolvimento da **competência geral 1**, pois incentiva os estudantes a valorizar e a utilizar os conhecimentos historicamente construídos para compreender fenômenos naturais.

- O boxe **Trocando ideias** da página **22** incentiva os estudantes a 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 e também a desenvolver empatia, trocar ideias e respeitar as opiniões dos colegas, contribuindo assim para desenvolver as **competências gerais 2** e **9**.

- Inicie a abordagem desse capítulo lendo com os estudantes a reportagem da página **21**; explore mais informações a respeito da astrônoma inglesa Cecilia Payne-Gaposchkin (1900-1979) e a sua importância para a evolução dos estudos sobre Astronomia.
- Se julgar interessante, proponha a eles uma pesquisa sobre outras mulheres que revolucionaram o conhecimento astronômico ao longo da história. Você encontra informações sobre as mulheres na Astronomia no *site* do *Espaço ciência,* que pertence à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação de Pernambuco. Disponível em: <http://www.espacociencia.pe.gov.br/?p=12238>. Acesso em: 16 jun. 2020.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- A questão **1** da página **21** possibilita verificar se os estudantes fazem a relação da composição das estrelas com diferentes elementos químicos, e levantar seus conhecimentos prévios sobre a composição dos astros do Sistema Solar. Promova um tempo para que eles possam discutir essa questão com os colegas.

  Provavelmente os estudantes não terão ainda um conhecimento ampliado sobre grande parte da composição de uma estrela, mas anote na lousa os elementos químicos citados por eles para retomar essa questão ao final do trabalho com esse capítulo.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Após os estudantes responderem à questão **1** da página **21**, explore com eles os elementos químicos que fazem parte da composição do Sol, como carbono (C), nitrogênio (N), oxigênio (O), neônio (Ne), sódio (Na), magnésio (Mg), alumínio (Al), silício (Si), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), argônio (Ar), potássio (K), cálcio (Ca), titânio (Ti), cromo (Cr), manganês (Mn), ferro (Fe) e níquel (Ni), encontrados em pequenas quantidades, além do hidrogênio (H) e do hélio (He).

  Faça alguns questionamentos sobre o Sol utilizando a metodologia ativa *one minute paper*. Veja mais orientações sobre esta estratégia na página **XX** deste suplemento.

  > Qual porcentagem da massa de todo o Sistema Solar você acredita estar concentrada no Sol?
  > O Sol tem um interior sólido e líquido, como nosso planeta?
  > O Sol gira?
  > Para você, o que faz o Sol brilhar?

- Os estudantes podem ter um minuto para escrever a resposta para cada questão. Ao final de quatro minutos, recolha as respostas e leia algumas com a turma sem identificar o nome do estudante e proponha discussões sobre os temas.

  A estratégia contribui para o desenvolvimento da agilidade e da habilidade de síntese e permite explorar os conhecimentos prévios dos estudantes.

  Por fim, explique a eles que a massa do Sol equivale à massa de 333 mil planetas Terra. Todos os planetas, e também objetos que orbitam o Sol, se somados, apresentam apenas 0,15% de sua massa total. Sua temperatura é tão alta que não apresenta matéria sólida ou líquida, apenas uma concentração de gases densos e quentes.

  Ao observar as manchas solares, o cientista italiano Galileu Galilei (1564-1642) descobriu que o Sol gira, e leva, em média, aproximadamente quatro semanas para dar uma volta em seu próprio eixo. O movimento dessas manchas também revelou uma rotação diferencial dessa estrela, em que as regiões equatoriais giram mais rapidamente que as regiões polares.

  Explique que o brilho do Sol vem da conversão de matéria em energia devido à fusão de elementos mais leves em elementos mais pesados, liberando energia. Essa descoberta foi inspirada pelo trabalho de Einstein e a teoria especial da relatividade, em que uma de suas implicações diz que a matéria e a energia estão relacionadas pela equação $E = m \cdot c^2$.

- Ao explicar aos estudantes que parte da energia emitida pelo Sol chega à Terra por meio de ondas eletromagnéticas, comente que ondas são perturbações que se propagam transportando energia sem que ocorra o transporte de matéria, como acontece com as ondas formadas em uma corda, no mar, com ondas luminosas, ondas de rádio, entre outras.
- Diga que as ondas podem ser classificadas quanto à sua natureza (mecânica ou eletromagnética), à sua forma e à sua direção de propagação, e que as ondas eletromagnéticas são aquelas que possuem propriedades elétricas e magnéticas e que não necessitam de um meio material para se propagarem, como as ondas mecânicas e as sonoras. Ondas luminosas, de rádio e de televisão, raios X, radiação ultravioleta e infravermelha, bem como raios gama, são exemplos de ondas eletromagnéticas.

MODERNA

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Identificar ondas no cotidiano.
- Caracterizar diferentes tipos de ondas.
- Produzir diferentes tipos de ondas por meio de uma atividade prática.

Orientações

- Certifique-se de que todos os estudantes compreenderam o objetivo da atividade e verifique a possibilidade de organizá-los em grupos.
- Oriente um dos estudantes a produzir pulsos na superfície da água (H_2O) enquanto os outros integrantes observam. Questione-os sobre o que aconteceu.

Resposta

- Os estudantes devem citar que além das ondas eletromagnéticas existem as ondas mecânicas, que são aquelas que necessitam de um meio material para se propagar. Essas ondas podem ser produzidas em diferentes corpos, como cordas, membranas de tambores ou na superfície da água, por exemplo. Portanto, os estudantes podem produzir demonstrações de ondas sendo geradas em cordas, na água ou no ar (som). O objetivo é que eles relacionem essas ondas com o cotidiano e com nossos sentidos, como a visão e a audição, por exemplo.

- Ao trabalhar a imagem do espectro eletromagnético nas páginas **22** e **23**, comente com os estudantes que no vácuo as ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade e explique a eles que, como não existe um limite definido entre as ondas do espectro, elas são caracterizadas por ordem de grandeza da frequência e do comprimento de onda.

  Comente que o espectro eletromagnético é uma faixa contínua de ondas que se estende desde as ondas de rádio até os raios gama. Os nomes descritivos das seções correspondem a uma classificação histórica, pois todas as ondas são as mesmas em natureza.
- A luz visível corresponde a apenas a milésima parte de 1% do espectro eletromagnético. Essa faixa foi definida com base na sensibilidade dos olhos, sendo os mais longos comprimentos de onda correspondentes à cor vermelha e os mais curtos à cor violeta, por isso, no espectro eletromagnético, a radiação visível é delimitada pelo infravermelho (radiação de maior comprimento de onda e menor frequência) e pelo ultravioleta (radiação de menor comprimento de onda e maior frequência).

  O espectro visível é normalmente designado pelas cores que observamos em um arco-íris, não havendo um limite claro entre uma cor e outra, assim como ocorre com as demais ondas do espectro eletromagnético. Da mistura de todas elas surge a luz branca, fato observado pelo físico inglês Isaac Newton (1643-1727), em 1672, ao incidir um feixe de luz solar em um prisma transparente.

SALA DOS PROFESSORES

- A percepção do espectro da luz visível ocorre devido aos elementos biológicos que constituem o olho humano como os cones e os bastonetes. Por isso, uma discussão sobre a função dessas células torna-se interessante.

  Se julgar adequado, junto ao professor do componente curricular **Biologia**, promova uma atividade de pesquisa, solicitando aos estudantes um trabalho sobre os componentes do olho humano que estejam relacionados à visão, a fim de explicar a função de cada um.

  Vocês podem dividir a sala em grupos e combinar com antecedência um momento para que cada um deles apresente a informação para os colegas. As informações obtidas pelos estudantes podem ser apresentadas utilizando recursos digitais, em que eles mesmos podem gravar um vídeo com animações e imagens, elaborar um *podcast*, entre outros, desenvolvendo a **competência geral 4** ao compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação nas práticas escolares. Essa estratégia incentiva os estudantes a usar ferramentas da **cultura juvenil**.
- Ao fim da atividade, verifique se os estudantes compreenderam a função de cada um dos componentes do olho humano e suas funções.

- Ao trabalhar o conceito da radiação ultravioleta, é importante comentar com os estudantes que a radiação ultravioleta de frequência mais baixa, também denominada UV-A, está próxima da luz visível e não é danosa à saúde. A de frequência mais alta, chamada UV-C, seria mais danosa se nos atingisse, mas ela é quase totalmente bloqueada pela camada de ozônio presente na atmosfera terrestre. Aproveite para ressaltar a importância de sua conservação e contemplar o tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**.
- Já a radiação ultravioleta considerada intermediária, chamada UV-B, possui energia suficiente para causar danos aos olhos e às células da pele, provocando queimaduras e câncer de pele. Diga aos estudantes que devemos sempre nos proteger contra os raios solares, utilizando filtro solar, chapéus e óculos escuros e evitando exposições prolongadas a essa radiação.

  Porém, em exposições moderadas e considerando os horários adequados (evite a exposição ao Sol entre 10h e 16h) essa radiação é benéfica, pois induz a síntese da maior parte da vitamina D do organismo, que atua no fortalecimento dos ossos. Discussões como essas são importantes para contemplar o tema contemporâneo transversal **Saúde**, desenvolvendo formas de cuidados corporais que integrem as diferentes rotinas, situando-as em diferentes contextos socioculturais.
- Se julgar interessante, acesse o *site* da *Sociedade Brasileira de Dermatologia* e apresente aos estudantes a campanha Dezembro Laranja, que tem por objetivo conscientizar a

MODELO

população sobre a prevenção do câncer de pele desde a infância, além de alertar sobre possíveis sinais do câncer de pele para diagnóstico e tratamento. Disponível em: <https://www.sbd.org.br/dezembroLaranja>. Acesso em: 27 maio 2020.

Ainda é possível desenvolver um trabalho com os estudantes para divulgação da campanha para a escola e para toda a comunidade escolar.

- Se considerar adequado, ao trabalhar os conceitos sobre raios X, leve para a sala de aula algumas radiografias e explique para os estudantes que as partes mais escuras são as regiões onde houve maior incidência dos raios X, e as áreas mais claras correspondem às que tiveram absorção total ou parcial dessa radiação.

  Nos exames de radiografia, são utilizadas roupas especiais que protegem regiões do corpo que não serão radiografadas. Essas roupas são feitas de chumbo para impedir a penetração dos raios X. Pergunte aos estudantes que cuidados os técnicos de radiologia devem ter durante o trabalho. Verifique se eles responderam que os técnicos ou responsáveis em realizar esses procedimentos ausentam-se da sala onde é feito o exame, a fim de se prevenirem contra a exposição à radiação, uma vez que ela pode causar danos à saúde.
- Explique que essa radiação também pode ser usada para estudar obras de arte produzidas em diferentes épocas. Por meio da fluorescência dos raios X e uma análise minuciosa, é possível determinar os componentes químicos utilizados nas tintas de telas produzidas no passado.
- Já os raios gama têm extrema importância na medicina para mapeamento de camadas dos órgãos ou tecidos a serem diagnosticados. Por exemplo, em um exame da tireoide, é introduzida no paciente uma substância radioativa controlada e cuja dose não é nociva. Sob a exposição à radiação gama, é possível obter imagens captadas por câmeras especiais que as projetam em uma tela de vídeo, permitindo diagnósticos de forma não invasiva.
- Ao abordar os conceitos sobre radiação infravermelha, se julgar conveniente, diga aos estudantes que alguns animais localizam suas presas ao captar a radiação infravermelha emitida por outros seres vivos.

  A irradiação térmica é um processo de transmissão de calor por ondas eletromagnéticas emitidas devido à temperatura dos corpos. Essas ondas são invisíveis aos nossos olhos por estarem na faixa do infravermelho, mas animais como as cobras cascavel, jararaca, urutu e surucucu, por exemplo, possuem uma estrutura denominada fossetas, que captam a radiação.
- Existem telescópios que captam imagens em infravermelho. Eles são utilizados para observar pequenos corpos, faixas de poeiras da nossa galáxia, estrelas recém-formadas e galáxias distantes.
- Se julgar interessante, comente com os estudantes que a radiação infravermelha pode ser usada em outras áreas como:
  - > médica: alívio de dores musculares, tratamento de doenças de pele e detecção de inflamações (as áreas inflamadas têm temperaturas maiores que as áreas saudáveis);
  - > industrial: na secagem de superfícies e no controle de temperatura por meio de termômetros de infravermelho;
  - > residencial: em sensores de presença, alarmes contra furtos, controles remotos e câmeras que filmam no escuro, entre outros.
- É possível abordar o conceito de micro-ondas explicando aos estudantes que, por serem radiações de baixa energia, não há problemas em usá-las, como no forno de micro-ondas, pois elas causam apenas uma elevação na temperatura dos alimentos devido ao aumento no grau de agitação das moléculas de água que os constituem.

  A molécula de água é como um dipolo elétrico que tende a se alinhar com um campo elétrico. Quando o campo elétrico começa a oscilar, as moléculas de água também o fazem, e quando a frequência de oscilação do campo se iguala à sua própria frequência natural, as moléculas de água passam a se movimentar muito energicamente, entrando em ressonância.

  A comida é cozida quando o movimento semi giratório das moléculas de água (ou de outras moléculas polares) comunica a agitação térmica às moléculas circundantes. As paredes metálicas internas do forno refletem as micro-ondas para cá e para lá, cozinhando rapidamente os alimentos.

  Explique que, se o forno de micro-ondas estiver funcionando corretamente, ele não traz riscos à saúde, já que sua caixa interna metálica e a grade de proteção na porta do forno, que se parece com uma tela junto ao vidro, blindam o aparelho e impedem que a radiação escape. Além disso, o sistema não funciona com a porta do forno aberta.

  Se uma pessoa ficasse exposta a esse tipo de radiação poderia sofrer graves queimaduras devido à sua alta intensidade, mas não porque o forno contém material radioativo em seu interior.
- Para finalizar os tipos de ondas eletromagnéticas apresentados, enfatize aos estudantes que as frequências das ondas de rádio são compostas tanto de alguns quilohertz (kHz) quanto de centenas de mega-hertz (MHz), e que se referem aos números que aparecem nos visores dos aparelhos eletrônicos de rádio.

  Existem várias subdivisões para as ondas de rádio, mas todas podem se propagar a grandes distâncias na atmosfera terrestre, e é por isso que são utilizadas em sistemas de comunicação.
- É interessante comentar que quase todos os materiais de construção são pelo menos parcialmente "transparentes" às ondas de rádio, e é por esse motivo que podemos ouvir rádio dentro de casa. Porém, em túneis e em cidades cercadas por montanhas, a atenuação dessas ondas por camadas muito espessas de rochas pode dificultar sua recepção.
- Se julgar conveniente, comente com os estudantes que, no Brasil, a cada estação de rádio comercial é outorgada uma frequência, e o mesmo acontece com os canais de televisão.

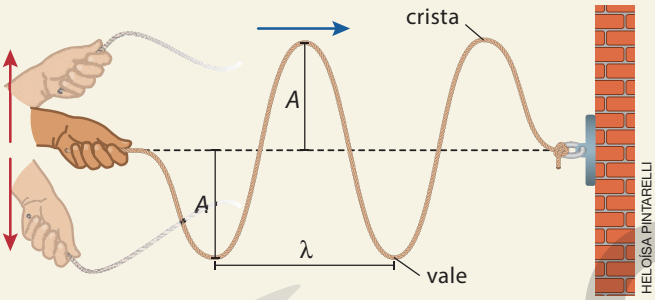
  Outras faixas do espectro são utilizadas para comunicações particulares, como polícia, bombeiros, telefones celulares, entre outros, e o direito ao uso das faixas do espectro eletromagnético concedido pelo governo para comunicações é muito valorizado, já que existe um número limitado de faixas de frequência.

MODERNA

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Se julgar conveniente, inicie o estudo da página **23** sugerindo a seguinte atividade aos estudantes: "Pegue uma corda e prenda uma de suas extremidades na parede. Segure a outra extremidade e a movimente na direção vertical. Observe e anote o comportamento do movimento da corda. Consegue visualizar as ondas na corda? Qual é a direção de propagação das ondas?"
- Verifique se eles perceberam que o movimento vertical de oscilação irá produzir um movimento ondulatório na corda. A direção de propagação das ondas será na direção da parede, isto é, na direção horizontal. Esse tipo de onda é chamado onda transversal, pois a direção da velocidade de propagação é perpendicular ao movimento de vibração. Essa atividade contribui para desenvolver a **competência geral 2**.

- Ao trabalhar alguns conceitos relacionados às ondas na página **23**, como frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação e amplitude, faça o desenho de uma onda na lousa e localize sua amplitude, seu comprimento e a direção de oscilação e propagação, conforme a imagem abaixo.



Representação de uma onda periódica se propagando em uma corda, indicando a direção de oscilação e de propagação. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

- Explique aos estudantes que a frequência e o período de uma onda dependem da fonte que a gerou e ressalte que a equação fundamental das ondas é válida para qualquer tipo de onda, incluindo as ondas eletromagnéticas.

Página 24

BOXE COMPLEMENTAR

- É importante retomar com os estudantes o conceito de que todos os corpos com temperatura maior do que o zero absoluto (0 K) emitem radiação térmica. Em baixas temperaturas ou em temperatura ambiente, essa emissão ocorre na faixa do infravermelho, que não é visível aos nossos olhos.

  Entretanto, alguns materiais quando aquecidos passam a emitir radiação na faixa da luz visível, apresentando-se, primeiramente, na cor vermelha. Com o aumento da temperatura, eles passam a emitir frequências de outras cores, como o alaranjado ou o amarelo, até emitirem a cor branca ou branco-azulada.

  Enfatize que a distribuição dos comprimentos de ondas e, consequentemente, a frequência da luz emitida dependem da temperatura do corpo.
- Comente com os estudantes que o trabalho com o conceito da radiação do corpo negro foi utilizado com o objetivo de estudar a radiação térmica, evitando possíveis complicações relacionadas à natureza específica do material que constitui os corpos, buscando determinar apenas a sua temperatura.
- Explore a curva de radiação de um corpo negro apresentada na página **24** e explique que pelo pico do gráfico é possível determinar o comprimento de onda máximo de radiação emitida e a temperatura do corpo. Essa técnica é utilizada em Astronomia para medir a temperatura das estrelas.
- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 24.**

  a) Espera-se que os estudantes respondam que a câmera utilizada capta a radiação infravermelha emitida pelo corpo.

  b) A diferença entre as regiões azuis e vermelhas é a temperatura. Geralmente, nas fotografias térmicas, as regiões azuis apresentam temperatura menor que as regiões vermelhas.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Se julgar conveniente, apresente a seguinte situação-problema aos estudantes.
- Você aperta o botão do controle remoto para ligar a televisão e nada acontece. Esse botão não parece estar muito bom e você está em dúvida se o problema está nele ou se as pilhas do controle estão descarregadas. Você não quer gastar dinheiro à toa com uma pilha nova. Como você pode descobrir se as pilhas estão descarregadas sem precisar trocá-las? Lembre-se de que o controle remoto de aparelhos eletrônicos como a TV possui um emissor de infravermelho.
- Permita que os estudantes troquem ideias e pesquisem sobre a situação-problema e verifique se percebem que a visão humana não é capaz de enxergar a radiação infravermelha, mas as câmeras fotográficas dos aparelhos celulares conseguem captar uma faixa maior do espectro eletromagnético. Para saber se as pilhas estão descarregadas, basta apontar a câmera fotográfica para o emissor localizado na ponta do controle remoto e apertar uma tecla que esteja funcionando corretamente. Se a pilha estiver carregada, irá acionar o emissor, que irá brilhar com uma luz de tom avermelhado na tela da câmera do celular.

Página 25

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar conveniente, utilize a estratégia *polling* para a atividade **2** da página **25**. Veja mais orientações sobre esta estratégia na página **XXIII** deste suplemento.

MODERNA

Solicite aos estudantes que votem na alternativa que considerarem mais adequada como resposta da atividade; esta 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

Página 25

1. I) Falsa. Ondas eletromagnéticas são formadas por um campo elétrico variável e um campo magnético variável.
II) Verdadeira.
III) Verdadeira.
IV) Falsa. Toda onda eletromagnética se propaga com velocidade da luz *(c)* no vácuo. A velocidade de propagação em meios materiais depende das propriedades do meio, como o índice de refração.

2. Alternativa **e**. As ondas emitidas por telefones celulares e aparelhos semelhantes podem interferir na comunicação utilizada pela aeronave e as bases no solo, além de intensificar o fenômeno de interferência das ondas pela proximidade entre as frequências.

4. Alternativa **a**. Analisando a equação fundamental $v = \lambda \cdot f$, é possível perceber que a frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda, e para que a frequência seja superior à da radiação X deve-se ter $\lambda > 10^{-11}$ m.

7. I) Verdadeira.
II) Falsa. O comprimento de onda de raios X é menor que o de micro-onda, portanto, a frequência de raios X é maior que a da micro-onda.
III) Falsa. A velocidade de propagação não depende da frequência ou do comprimento de onda.
IV) Verdadeira.

8. $\lambda = 250$ m. Sabendo que a onda de rádio é eletromagnética e que sua velocidade na atmosfera é aproximadamente igual à do vácuo, cujo valor é de aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s, temos:

$f = 1\,200$ kHz $= 1\,200 \cdot 10^3$ Hz

$v = 3 \cdot 10^5$ km/s $= 3 \cdot 10^8$ m/s

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 1\,200 \cdot 10^3 \Rightarrow$

$\Rightarrow \lambda = 250 \therefore \lambda = 250$ m

9. Alternativa **c**. Pela equação fundamental das ondas, e usando a velocidade *c*, no vácuo, temos:

$$c_{\text{rádio}} = c_{\text{infravermelho}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda_{\text{rádio}} \cdot f_{\text{rádio}} = \lambda_{\text{infravermelho}} \cdot f_{\text{infravermelho}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_{\text{rádio}}}{\lambda_{\text{infravermelho}}} = \frac{f_{\text{infravermelho}}}{f_{\text{rádio}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_{\text{rádio}}}{\lambda_{\text{infravermelho}}} = \frac{30 \cdot 10^{12}}{1{,}5 \cdot 10^9} \Rightarrow \frac{\lambda_{\text{rádio}}}{\lambda_{\text{infravermelho}}} = 2 \cdot 10^4$$

CAPÍTULO 3
O espectro solar e a Terra

Objetivos

- Reconhecer as ondas eletromagnéticas como uma forma de transmissão de energia.
- Descrever a interação da radiação eletromagnética com diferentes materiais.
- Analisar a energia associada a uma onda eletromagnética em função da sua frequência.
- Caracterizar a radiação visível, ultravioleta e infravermelha.
- Analisar a decomposição da luz em diferentes cores.
- Conhecer o espectro de absorção seletiva da radiação solar e as linhas de absorção características de determinados elementos químicos.
- Relacionar as cores que podem ser observadas às diferentes frequências e comprimentos de onda característicos da luz visível.
- Avaliar cuidados que devemos ter para evitar efeitos danosos da radiação eletromagnética na matéria e nos organismos vivos.
- Reconhecer a importância do efeito estufa natural para a manutenção da vida na Terra.

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

Páginas 26 e 27

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento das **competências específicas 1** e **2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois possibilita aos estudantes compreender alguns dos fenômenos naturais ao analisar a interação entre matéria e energia a partir do estudo de diferentes radiações eletromagnéticas emitidas pelo Sol, e utilizá-las para identificar características e composição química dos astros celestes, como o Sol, e do Universo como um todo, e ainda perceber que a estrela é uma importante fonte de ondas eletromagnéticas essenciais à evolução e à manutenção da vida no planeta.
- Também contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT103** ao abordar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos do uso cotidiano.

- Inicie o trabalho com esse capítulo enfatizando aos estudantes que todas as radiações que completam o chamado espectro eletromagnético compartilham muitas propriedade básicas; todas elas são compostas por fótons, viajam

MODERNA

com a mesma velocidade e se comportam às vezes como partícula e às vezes como onda, mas, como apresentam diferentes comprimentos de ondas, elas interagem de maneiras distintas com a matéria.

Destaque, por exemplo, que os olhos humanos respondem à luz visível, mas não à radiação infravermelha, detectada por nós apenas como calor (energia), e que a atmosfera terrestre é relativamente transparente à luz visível, ao ultravioleta de comprimento de onda curto e ao ultravioleta de comprimento de onda longo, possibilitando que essas radiações passem por ela sem sofrer grandes perdas de energia, permitindo que possam ser detectadas por telescópios terrestres sensíveis a elas.

Comente que as radiações citadas acima, e também as ondas de rádio, atingem a superfície da Terra o tempo todo, penetrando a atmosfera em quantidades variadas, mas que outros tipos de radiação são absorvidos ou espalhados pelos gases que compõem a atmosfera em diferentes altitudes; a atmosfera é opaca aos outros tipos de radiação que completam o espectro eletromagnético, não permitindo que eles alcancem a superfície terrestre.

- Explore a imagem do espectro da luz visível na página **27** mostrando suas diferentes cores, e também o espectro de absorção do Sol na mesma página, e explique aos estudantes que o físico alemão Joseph von Fraunhofer (1787-1826) repetiu o experimento clássico de Newton quando fez passar um feixe de luz solar através de um prisma transparente, mas ele expandiu o espectro de cores resultantes descobrindo que o espectro solar continha centenas de linhas negras correspondentes às cores absorvidas por gases que ocupam o espaço entre o Sol e um observador na Terra. Na época, ele contou mais de 600 linhas, mas em estudos mais atuais os físicos já detectaram mais de trinta mil.

  Por volta do século XIX os químicos descobriram que poderiam criar linhas espectrais em laboratório, usando um bico de gás especial que gera uma chama pura e constante, desenvolvido pelo químico alemão Robert Bunsen (1811-1899).

  Determinados elementos químicos eram fáceis de identificar por suas cores características emitidas quando pequena porção deles entrava em contato com a chama de um bico de Bunsen.

  Se julgar conveniente, continue a explicação comentando aos estudantes que pesquisadores, junto ao físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887), construíram o primeiro espectroscópio, que consistia em uma fenda estreita, um prisma e várias lentes que dirigiam e aumentavam os raios de luz para que fossem examinados em detalhes. Com isso, descobriram que quando uma substância química era aquecida e vaporizada, seu espectro emitia uma série de linhas espectrais, e que cada elemento químico produzia seu próprio padrão característico para tais linhas. Foi dessa forma que por volta de 1859 nasceu a técnica de análise espectral, que consiste na identificação de substâncias químicas por meio de suas linhas espectrais. Utilizando essa técnica, os astrônomos podem analisar o espectro emitido pelas estrelas e registrar diferentes informações, como composição química, temperaturas de superfície, se estão se aproximando ou se afastando, entre outras.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Após os estudantes responderem à questão **2** da página **27**, solicite a eles que encontrem uma maneira de investigar a resposta que deram à questão utilizando um monitor de computador. Eles podem aproximar uma lupa do monitor ligado com uma imagem branca e observar os pixels da tela ampliados. Possivelmente perceberão as cores verde, azul e vermelha acesas formando a cor branca.

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade sugerida anteriormente, no boxe **Atividade complementar** deste **Suplemento para o professor**, incentiva os estudantes a recorrer à abordagem própria das Ciências, incluindo a investigação, a reflexão e a análise crítica, contribuindo para desenvolver as **competências gerais 1** e **2** e a **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**.

Páginas 28 e 29

BOXE COMPLEMENTAR

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com esse **boxe complementar** incentiva os estudantes a valorizar os conhecimentos historicamente construídos do mundo físico para entender e explicar a realidade, contemplando a **competência geral 1**, já que foi Newton quem mostrou que em um feixe de luz solar havia todas as cores do arco-íris e que a luz branca é uma composição de todas essas cores que se dispersam ao serem refratadas, conforme explicado ao fim da página **26**.
- O trabalho com esse boxe também contribui para o desenvolvimento da **competência específica 1 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, permitindo compreender fenômenos naturais sob a perspectiva da interação entre o espectro eletromagnético e a matéria, possibilitando a compreensão das cores em que os objetos se apresentam.

- Se julgar interessante, ao trabalhar o **boxe complementar**, comente com os estudantes que a luz branca é chamada policromática, pois é composta de todas as cores do espectro visível; já a luz monocromática é aquela que apresenta apenas uma cor.

  As cores que se observam em corpos sólidos, por exemplo, são determinadas pela luz que é absorvida e pela luz que é espalhada pela reflexão difusa. No caso de um corpo azul, por exemplo, quando iluminado com luz branca ele reflete em maior quantidade a luz azul e absorve em maior quantidade a luz de outras cores.

MODERNA

Se um corpo se mostra branco, isso significa que todas as cores que compõem a luz branca que incide sobre ele são refletidas, como ocorre com uma folha de papel, por exemplo. Já se um corpo se mostra preto, todas as cores do espectro visível são absorvidas.

- Explore as imagens da página **28** com os estudantes. É importante que eles compreendam por que os objetos encontrados nelas se mostram com a respectiva coloração.

  Se julgar adequado, explique a eles que a cor de um objeto depende também do tipo de luz que o ilumina. A sua cor "verdadeira", aquela que o corpo aparenta ter, é definida como aquela que ele tem à luz solar.
- Quando iluminado por lâmpadas fluorescentes, por exemplo, um objeto fica exposto a frequências mais altas, e os tons de azul são reforçados. Já as lâmpadas incandescentes emitem mais luz de baixas frequências, reforçando os vermelhos existentes nessa luz. As questões **a** e **b** possibilitam desenvolver com os estudantes o **pensamento computacional**. Para isso, oriente-os na elaboração das respostas dessas questões. Primeiro, converse com eles a respeito do pensamento computacional, o qual está relacionado ao uso dos fundamentos da computação por meio das capacidades criativa, crítica e estratégica. Após a conversa, solicite aos estudantes que façam a decomposição do problema, ou seja, que dividam o problema em partes menores, facilitando a resolução, com atenção aos detalhes importantes que devem ser considerados.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar interessante, faça alguns questionamentos aos estudantes, como: "De que cor veremos uma camiseta branca iluminada com uma luz monocromática amarela?"; "E uma camiseta preta iluminada com a mesma luz de cor amarela?"; entre outros.

  Separe um tempo para que os estudantes respondam a esses e outros questionamentos que julgar interessantes e aproveite para desenvolver a metodologia ativa *one minute paper*. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XX** deste suplemento.

  Para cada questão acima, o estudante tem um minuto para escrever sua resposta. Ao final, recolha as respostas e leia algumas com a turma sem identificar o nome do estudante, propondo discussões sobre os temas.

  A estratégia contribui para o desenvolvimento da agilidade e da habilidade de síntese, e permite verificar se o estudante compreendeu o conteúdo estudado.

- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 29.**

  a) A cor branca da rosa é o resultado da reflexão de diversos comprimentos de onda que, juntos, formam o espectro contínuo da luz branca.

  b) A cor do céu, quando visto da Lua, é escura como se fosse noite, independentemente do Sol estar visível no céu ou não. Isso ocorre porque não há atmosfera na Lua para espalhar a luz solar.

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento das **competências específicas 1** e **2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois possibilita aos estudantes compreender alguns dos fenômenos naturais ao analisar a interação entre matéria e energia com base no estudo de diferentes radiações eletromagnéticas emitidas pelo Sol, possibilitando a avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e conscientes diante dos diversos desafios contemporâneos.
- Também contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT103** e **EM13CNT306** ao abordar o conhecimento sobre as radiações e suas origens e avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano e na saúde das pessoas, bem como os riscos envolvidos em atividades cotidianas para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física individual, coletiva e socioambiental.
- Ainda possibilita abordar a habilidade **EM13CNT309** analisando questões sobre a dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e a discussão da necessidade de introduzir alternativas e novas tecnologias energéticas, a fim de diminuir a emissão e concentração de gases de efeito estufa na atmosfera terrestre.
- A abordagem do efeito estufa natural, na página **33**, está relacionada ao tema contemporâneo transversal **Educação ambiental** e também possibilita desenvolver a **competência geral 7**, pois incentiva os estudantes a refletir e argumentar, com base em dados confiáveis, a fim de defender pontos de vista que promovam a consciência socioambiental.

- A imagem da Terra apresentada na página **30** foi captada pelo Sonar Infravermelho Atmosférico (AIRS) a bordo do satélite Aqua da NASA. O AIRS foi lançado em órbita em 4 de maio de 2002 e registra dados da radiação infravermelha emitida pela superfície e pela atmosfera da Terra diariamente, permitindo previsões mais detalhadas sobre as condições do tempo, além da avaliação de modelos climáticos que detectam desde plumas vulcânicas até previsão de secas, melhorando a compreensão do clima do planeta.

  Se julgar interessante, acesse a página da missão *AIRS* com os estudantes e explore mais detalhes sobre o instrumento que tem por objetivo o estudo do clima da Terra e a melhora da previsão do tempo junto com outros parceiros a bordo do satélite Aqua. Disponível em: <https://airs.jpl.nasa.gov/>. Acesso em: 4 jun. 2020.
- Diga aos estudantes que radiação infravermelha são ondas eletromagnéticas com frequências mais baixas do que a

MANUAL DO PROFESSOR

luz vermelha visível e a sentimos como radiação térmica; mais de 50% da radiação emitida pelo Sol está na faixa do infravermelho.

Como está relacionada à temperatura dos corpos, quanto maior for a temperatura de um corpo, maior será a intensidade de radiação infravermelha emitida por ele.

- Comente que em alguns corpos sólidos, como alguns metais, o aquecimento pode fazer com que a radiação emitida passe a frequência do infravermelho e atinja a frequência da radiação visível. Nesse caso, a cor vermelha é a primeira frequência emitida, mas é possível atingir temperaturas cujas cores correspondentes são alaranjada, amarela ou branca, dependendo do material e da capacidade de aquecimento da fonte utilizada. Em metalúrgicas, por exemplo, pedaços de ferro são derretidos à temperatura de aproximadamente 1 540 °C, tornando-se incandescentes antes disso.
- Ao trabalhar a fotografia da página **31**, comente com os estudantes que devemos sempre nos proteger contra os raios solares usando filtro solar, chapéus e óculos escuros. Esses cuidados são necessários por causa de uma das radiações emitidas pelo Sol chamada ultravioleta (UV). Exposições prolongadas a essa radiação podem prejudicar a saúde, causando, por exemplo, queimaduras, envelhecimento precoce, catarata nos olhos e câncer de pele. A radiação ultravioleta também pode ser emitida por fontes artificiais, como lâmpadas fluorescentes e câmaras de bronzeamento artificial.
- Ressalte também os benefícios desse tipo de radiação para a saúde humana, abordados na página **32**.

Página 32

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Estimular a investigação científica.
- Identificar alguns equipamentos de proteção individual.
- Conhecer qual equipamento de proteção individual deve ser usado por profissionais expostos à radiação ultravioleta.
- Conhecer a importância de tornar as condições de trabalho mais seguras.

Orientações

- Certifique-se de que todos compreenderam os objetivos da atividade e verifique a possibilidade de organizá-los em duplas.
- Ressalte aos estudantes que todos os equipamentos que têm a finalidade de eliminar, neutralizar ou minimizar os riscos ocupacionais, de maneira a tornar as condições de trabalho mais seguras para os profissionais, são considerados equipamento de proteção individual (EPI). Eles diminuem a probabilidade de acidentes e doenças ocupacionais, e são obrigatórios para diversas funções.
- Se julgar conveniente, apresente aos estudantes a Lei n.º 6.514, relativa à segurança e à medicina do trabalho. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6514.htm>. Acesso em: 4 jun. 2020.

Proporcione um momento para que os estudantes discutam com os colegas sobre o tema; em seguida, peça que se juntem em duplas para finalizar a atividade.

- Oriente-os para que registrem suas conclusões no caderno. Essa atividade contribui para desenvolver a **competência geral 9**.

Resposta

- Resposta pessoal. Os estudantes podem comentar sobre o uso de protetor solar e de trajes como bonés, chapéus, óculos (de preferência com lente contra UV), camisetas de manga comprida, luvas etc. O trabalhador é obrigado por lei a utilizar os EPIs recomendados de acordo com sua função; ao empregador é exigido o fornecimento desses equipamentos. É muito importante o respeito a essas normas que visam à proteção da saúde e ao bem-estar do trabalhador. Entre as consequências que podem surgir da não utilização desses equipamentos destacam-se queimaduras, envelhecimento prematuro e surgimento de câncer de pele.

- Ao trabalhar o efeito estufa na página **33**, comente com os estudantes que a radiação reemitida pela superfície da Terra e que não consegue escapar da atmosfera terrestre evita que o planeta tenha temperaturas muito baixas, inadequadas à manutenção da vida.

Sem o efeito estufa natural, a temperatura média da superfície ficaria em torno de −18 °C e não em 15 °C como é hoje, de acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

- Alguns gases, como o vapor de água (H_2O) e o gás carbônico (CO_2), deixam a radiação solar entrar, mas dificultam o retorno do calor para o espaço. Entretanto, quando aumenta essa concentração de gases (por exemplo, o gás carbônico) na atmosfera, o efeito estufa fica mais intenso, dificultando ainda mais a saída do calor para o espaço. Esse fenômeno provoca o aquecimento da baixa atmosfera, elevando a temperatura média da Terra e causando mudanças climáticas.

Se julgar conveniente, explique aos estudantes que, no Brasil, aproximadamente 58% das emissões dos gases do efeito estufa são provenientes de queimadas e desmatamento, por isso cabe ressaltar a importância em buscar caminhos para o desenvolvimento sustentável dos biomas brasileiros.

SALA DOS PROFESSORES

- Se julgar interessante, proponha aos estudantes uma atividade para promover hábitos e costumes que ajudem a reduzir os efeitos das mudanças climáticas. A atividade tem por objetivo a confecção de cartazes com frases que recomendem ações que contribuem para a preservação do meio ambiente e que combatem o aquecimento global. Essa atividade pode ser realizada em conjunto com o professor da área de **Linguagens e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Arte**.
- Providencie com antecedência os materiais para a confecção dos cartazes, divida a turma em grupos de

MODERNA

quatro estudantes e forneça-lhes algumas sugestões, junto aos professores dos componentes curriculares **Arte** e **Língua Portuguesa**, para que usem a criatividade, a linguagem formal e a linguagem própria das Ciências ao realizar a atividade.

Se julgar conveniente, incentive os estudantes a pensar em algumas frases relacionadas a ações, como:

> Apagar a luz quando sair dos ambientes.

> Fechar a torneira enquanto escova os dentes.

> Fechar o chuveiro enquanto se ensaboa.

> Separar o lixo reciclável.

> Não jogar pilhas no lixo comum.

Outras sugestões podem ser consultadas no *site* da *WWF*. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/participe/horadoplaneta/?uNewsID556642>. Acesso em: 4 jun. 2020.

- Para finalizar, oriente os estudantes a fixarem os cartazes em locais de fácil visualização no ambiente escolar.

BNCC EM DESTAQUE

- Além de contribuir para o desenvolvimento das **competências gerais 7** e **9**, a atividade proposta anteriormente nesse suplemento contribui para o desenvolvimento da **competência específica 3 de Linguagens e suas Tecnologias**. Assim, os estudantes podem utilizar diferentes linguagens para promover 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.

Página 34

BOXE COMPLEMENTAR

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com esse **boxe complementar** contribui para o desenvolvimento da **competência específica 1 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, permitindo compreender fenômenos naturais sob a perspectiva da interação entre o espectro eletromagnético e a matéria, além das potencialidades e dos riscos para a saúde humana, possibilitando também a abordagem da habilidade **EM13CNT103**.

- Se julgar interessante, comente com os estudantes que, no interior de carros que ficam expostos à luz solar, as partes internas absorvem o calor e reemitem o infravermelho, que fica preso dentro do carro por causa do vidro, que não deixa essa radiação sair. A energia reirradiada permanece dentro do carro, o que o aquece ainda mais; em alguns casos, a temperatura no interior do carro pode chegar a mais de 60 °C.
- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 34.**

a) Embora todos os tipos de radiação possam depositar energia ao interagir com os materiais do carro, espera-se que os estudantes respondam que a radiação infravermelha seja responsável pelo aquecimento, uma vez que ela contribui mais para esse efeito.

b) Porque o vidro permite a entrada de luz visível e da radiação infravermelha da luz solar, mas não deixa escapar a radiação infravermelha reemitida pelas partes internas do carro, o que eleva a temperatura nesse ambiente.

Página 35

INVESTIGUE

BNCC EM DESTAQUE

- A realização das questões propostas nessa seção possibilita ao estudante analisar, em grupo, a situação-problema e avaliar a aplicabilidade do conhecimento científico e tecnológico na interpretação dos resultados experimentais para construir, avaliar e justificar suas conclusões, contribuindo para o desenvolvimento da **competências gerais 2** e **9** e da **competência específica 3 de Ciência da Natureza e suas Tecnologias**, bem como as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**.

Objetivos

- Construir um espectroscópio simples.
- Utilizar os conceitos relacionados ao espectro da luz visível para construir um espectroscópio.
- Utilizar os instrumentos recém-construídos para identificação dos espectros de diferentes fontes luminosas.

Orientações

- Essa atividade possibilita o desenvolvimento do **pensamento computacional**. Para isso, oriente-os na elaboração das etapas desse experimento. Primeiro, solicite aos estudantes que decomponham o problema em partes menores, facilitando a resolução, com atenção aos detalhes importantes que devem ser considerados na execução do experimento. As questões de **Orientação** presentes na página do **Livro do estudante** os auxiliam nessa decomposição. Em seguida, elabore com eles um esquema que organize as etapas da investigação, destacando o levantamento de hipóteses, a elaboração do procedimento, a observação dos resultados, a troca de ideias sobre os resultados, a elaboração de uma conclusão e a divulgação dos resultados. 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 estudantes sobre em quais situações eles acreditam ser indispensável o uso de um equipamento como o espectroscópio. Eles podem citar seu uso na Astronomia para analisar a classificação espectral de uma estrela, sua luminosidade, seu tamanho e sua temperatura; o movimento relativo de uma galáxia em relação a um observador localizado na Terra, enfim, grande parte do que se sabe sobre o Universo se deve ao uso da técnica de espectroscopia.

MODERNA

Se julgar conveniente, proponha aos estudantes um trabalho de pesquisa sobre a aplicação das técnicas de espectroscopia usadas na Astronomia.

- Como o espectroscópio é um instrumento utilizado para a decomposição e análise da luz emitida por uma fonte, ao passar pela rede de difração, a luz é decomposta em seus componentes do espectro.

  Uma vez que cada um dos elementos químicos possui seu espectro característico, ao analisar o espectro de determinada fonte é revelada sua composição química.

Respostas das questões de contextualização

a) Os estudantes podem citar que a radiação infravermelha é utilizada nas câmeras de visão noturna, em tratamentos de fisioterapia, em sensores de presença, controles remotos, termografias, entre outras aplicações.

b) Espera-se que os estudantes respondam que sim, além dos prismas podemos utilizar redes de difração para decompor a luz emitida por objetos luminosos ou iluminados, ou outro meio refringente como água.

- Certifique-se que de os estudantes compreenderam o objetivo da atividade e organize-os em duplas.
- Oriente-os durante a atividade de investigação, incentivando a troca de ideias e a identificação dos pontos fundamentais para o roteiro de investigação.
- Veja a seguir uma das formas de realizar esta atividade.

Materiais

- tubo interno de um rolo de papel higiênico ou papelão preto (10 cm x 10 cm)
- 2 quadrados de papelão preto (8 cm x 8 cm)
- cola
- tesoura
- estilete
- fita adesiva preta
- 1 CD-ROM que não será mais utilizado
- fontes de luz variadas, como lâmpadas fluorescentes (da própria sala), LEDs, luz solar e lâmpadas elétricas variadas

Procedimentos

a) Corte uma fenda de 0,2 cm x 1,5 cm no centro de um dos quadrados de papelão.

b) Cole esse quadrado em uma das bases do rolo de papel. Espere a cola secar e, em seguida, corte o quadrado do tamanho da base do cilindro. Para não deixar entrar luz pelas aberturas laterais, vede o pedaço de papelão nas bordas usando a fita adesiva. A luz deve entrar apenas pela fenda.

c) Faça um furo de 1 cm x 1 cm no centro do segundo pedaço de papelão preto.

d) Corte um pedaço quadrado do CD-ROM (2 cm x 2 cm), de preferência mais próximo da borda externa do CD.

e) Para preparar a grade de difração, remova o filme prateado na parte superior do pedaço de CD com o devido cuidado para não o arranhar, pois é muito delicado.

f) Fixe a grade de difração (o pedacinho do CD) de modo a cobrir o orifício quadrado no pedaço de papelão. Vede-o nas bordas com fita adesiva, prestando atenção para não cobrir a grade de difração.

g) Cole esse pedaço de papelão quadrado no rolo de papel, do lado que ainda está livre.

Utilizando o espectroscópio

- Agora seu espectroscópio está pronto! Olhe através dele com a grade de difração próximo ao olho, apontando a fenda em direção a uma fonte de luz, que pode ser a lâmpada da sala, telas de telefones celulares, computador etc. Para observar o espectro solar, aponte o espectroscópio na direção de uma janela ou outra área que possua boa luminosidade, mas **nunca** diretamente para o Sol.
- Durante a observação, anote no caderno as respostas a essas perguntas:
  - > O que você pode ver?
  - > O espectro dessas fontes de luz é contínuo?
  - > O que significa um espectro contínuo? E um espectro com faixas escuras?

  Olhando para fontes de luz através do espectroscópio é possível observar o espectro da respectiva fonte de luz. Um espectro contínuo só pode ser obtido a partir da observação de uma lâmpada incandescente (atualmente em desuso) ou da luz solar. Esse tipo de espectro é obtido de uma fonte que emite todos os comprimentos de onda da luz. As faixas escuras caracterizam um espectro de absorção.
- Agora você é o cientista! Você precisa determinar qual é a composição química de cada uma das fontes de luz que você observou. Reúna-se com seus colegas e discutam suas observações. Que estratégia vocês podem adotar para definir os elementos químicos que compõem as fontes de luz?
- A questão aqui é observar e identificar as linhas de absorção ou emissão de cada espectro. A partir dessas linhas, pode-se pesquisar na internet os espectros de elementos conhecidos a assim relacionar com aqueles observados.
- Durante a execução da atividade o professor deve atuar como orientador, incentivando os estudantes a encontrar as soluções para os problemas que encontrarem.
- Lembre-os de que se deve apontar a fenda do espectroscópio para a fonte de luz, e observar o espectro através da rede de difração, localizada no lado oposto do instrumento.
- Ressalte aos estudantes que, ao observar o espectro da luz solar, devem direcionar seu espectroscópio para uma região clara do ambiente (parede branca, nuvens etc.).
- Incentive os estudantes a registrar as etapas da atividade com fotos ou vídeos, para que seja possível compartilhar com a turma.

Respostas para as questões

1) Espera-se que os estudantes respondam que o elemento utilizado foi uma rede de difração feita com o plástico de um CD ou DVD gravado.

MODERNA

2) Resposta pessoal. Depende dos tipos de fontes de luz que os estudantes observaram. Porém, se eles observaram o espectro do Sol, de lâmpadas incandescentes, lâmpadas fluorescentes e de vapor de sódio, por exemplo, eles obtiveram espectros diferentes.

3) Resposta pessoal. No caso de observarem o espectro solar e de uma lâmpada incandescente, o espectro é de emissão contínuo. No caso de lâmpadas fluorescentes e de vapor de sódio, os espectros são de emissão discretos.

4) Espera-se que os estudantes respondam que sim. Em espectros de emissão discretos como da lâmpada de vapor de sódio, a emissão de luz ocorre nas frequências de emissão características do elemento químico sódio e, por isso, pode-se perceber a presença desse elemento na lâmpada. No caso de outros espectros discretos, os estudantes podem pesquisar espectros de emissão de diferentes elementos químicos e comparar com os que eles observaram.

5) Resposta pessoal.

Destino dos resíduos

- Após a montagem, os materiais que sobram devem ser encaminhados para reciclagem.

Páginas 36 e 37

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar conveniente, utilize a metodologia ativa *polling* para a atividade **2** da página **36**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento.

  Solicite aos estudantes que votem na alternativa que consideram mais adequada como resposta da atividade; esta 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.
- Se julgar conveniente, utilize a metodologia ativa *think-pair-share* para as atividades **4** e **5** das páginas **36** e **37**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento.

  Caso julgue adequado, peça aos estudantes que, antes de elaborar suas respostas, discutam sobre o tema e compartilhem suas ideias com um colega. Em seguida, permita que eles as socializem com um grupo maior, por exemplo, de quatro a cinco estudantes.

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

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Analise as respostas das atividades **4** e **5** das páginas **36** e **37** e verifique se há necessidade de retomar as explicações sobre esse e outros temas que foram abordados durante o capítulo.

Respostas e orientações para as Atividades

Páginas 36 e 37

1. A afirmação está correta. O primeiro balão realmente é verde, pois reflete a luz verde enquanto absorve as demais, aparentando ser preto ao ser iluminado por outra cor. Já o segundo balão reflete o azul, o vermelho e o verde, portanto ele é branco (composição de todas as cores).

2. Algumas linhas escuras representam os comprimentos de onda absorvidos pelos elementos químicos que compõem a estrela, formando o espectro de absorção. Como ambos os espectros absorvem os mesmos comprimentos de onda, pode-se afirmar que as duas estrelas possuem a mesma composição química.

3. É possível iluminar o gás com uma fonte de luz cujo espectro seja contínuo, como a luz solar ou uma lâmpada incandescente. Na sequência, pode-se observar o espectro, cujas linhas de absorção revelarão a composição química dele. Outra maneira é aquecer o material e observar seu espectro com as respectivas linhas de emissão, que também revelarão o(s) elemento(s) químico(s) presente(s) no gás.

4. Alternativa **a**. A radiação solar penetra na atmosfera terrestre na forma de ultravioleta, com comprimento de onda menor, e é refletida na forma de infravermelho, que possui comprimento de onda maior. Uma das consequências diretas do aquecimento global é prejudicar as florestas nativas, causando menor fixação do CO_2 e aumento desse gás do efeito estufa na atmosfera da Terra.

5. Alternativa **b**. Calculando os comprimentos de onda associados às frequências limítrofes do UV-B, temos:

$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow$

$\Rightarrow \lambda_{mín} = \frac{c}{f_{máx}} \Rightarrow \lambda_{mín} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{1{,}03 \cdot 10^{15}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \lambda_{mín} \simeq 2{,}9 \cdot 10^{-7}\ \text{m} \Rightarrow \lambda_{mín} \simeq 2{,}9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^9\ \text{nm}$

$\therefore \lambda_{mín} \simeq 290\ \text{nm}$

$\Rightarrow \lambda_{máx} = \frac{c}{f_{mín}} \Rightarrow \lambda_{máx} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{9{,}34 \cdot 10^{14}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \lambda_{máx} \simeq 3{,}2 \cdot 10^{-7}\ \text{m} \Rightarrow \lambda_{mín} \simeq 3{,}2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^9\ \text{nm}$

$\therefore \lambda_{máx} \simeq 320\ \text{nm}$

De acordo com os cálculos dos comprimentos de ondas, comparados ao gráfico dado, eles remetem ao comprimento de onda do filtro solar IV, já que apresenta absorção máxima entre 290 nm e 340 nm.

6. A radiação solar que atravessa o vidro é absorvida pelas plantas no interior da estufa, as quais, com o aumento da temperatura, emitem parte da energia adquirida na

MODERNA

forma de radiação infravermelha, que permanece dentro da estufa por não conseguir atravessar o vidro. Consequentemente, o interior da estufa fica mais quente que o ambiente externo. Na atmosfera ocorre um processo parecido, onde os gases constituintes absorvem parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, aquecendo assim o planeta.

7. a) Como as duas imagens foram obtidas da mesma região do Universo (Pilares da Criação), ambas se assemelham quanto ao formato e ao contorno das regiões com maior concentração de gás e poeira. Essa estrutura recebe esse nome por ser uma região rica em gás interestelar onde nascem muitas estrelas.

b) Na imagem com luz visível, observa-se melhor o gás e a poeira cósmica, enquanto com o infravermelho a respectiva imagem penetra a poeira e o gás, destacando as estrelas "escondidas" pelo gás na perspectiva da luz visível. Portanto, o infravermelho é utilizado porque consegue atravessar o material interestelar, revelando objetos e estruturas que não seriam observados com a luz visível.

c) Muitos comprimentos de onda da radiação eletromagnética, ao penetrar a atmosfera da Terra, interagem com ela, sofrendo absorção e espalhamento, por exemplo. Esses efeitos atmosféricos impossibilitariam obter imagens com precisão, especialmente as de regiões distantes no Universo.

CAPÍTULO 4
Estados de agregação da matéria

Objetivos

- Identificar os processos físicos e químicos do ciclo da água.
- Relacionar o ciclo da água aos respectivos estados de agregação da água.
- Reconhecer a influência da variação de temperatura nos estados de agregação da matéria.
- Refletir criticamente sobre a importância do ciclo da água no equilíbrio ambiental.
- Classificar os estados de agregação a partir da estrutura molecular e das propriedades físicas da matéria.
- Conhecer estudos sobre outros estados de agregação, particularmente o plasma.

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

Páginas 38 e 39

BNCC EM DESTAQUE

- O trabalho com esse capítulo contribui para o desenvolvimento das **competências gerais 2** e **10**, além das habilidades **EM13CNT105**, **EMT13CNT203** e **EMT13CNT306**, pois permite a abordagem da importância do ciclo hidrológico no equilíbrio ambiental e a análise dos estados de agregação da matéria.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para iniciar o estudo sobre esse assunto, questione os estudantes a respeito da água disponível no planeta e como ela é reposta no ambiente. É possível que citem que a água é encontrada em mares, rios, lagos, lagoas, córregos, entre outros.
- Peça que lembrem de exemplos de corpos d´água próximo da região em que vivem. Aproveite e peça que descrevam esses locais: se estão poluídos ou se recebem manutenção dos órgãos ambientais, quais seres vivos estão presentes na água, ao redor etc. Questione se a comunidade depende desses corpos d´água em suas atividades cotidianas. Isso permite o desenvolvimento da consciência socioambiental, exigindo de cada estudante o posicionamento crítico frente aos problemas ambientais em sua comunidade. Trata-se de uma maneira de abordar o tema contemporâneo transversal **Educação ambiental** e propiciar o desenvolvimento da **competência geral 7**.

- Retome o estudo do ciclo hidrológico com os estudantes. Relembre-os em que estados de agregação a água (H_2O) pode ser encontrada na natureza e em que ambientes. Averigue se eles citam também a água subterrânea. Explique que a água se infiltra pelo solo e pode passar por formações geológicas permeáveis, onde pode ficar armazenada. Dessa forma, a água é transportada, abastecendo os rios. Verifique se os estudantes se lembram das geleiras, massas de gelo formadas em camadas sucessivas e que podem ser encontradas nos polos terrestres e em montanhas. Assim, é possível que os estudantes observem que a água é encontrada em estados de agregação e em todos os ambientes do planeta.
- Ao abordar a ilustração da página **38**, questione o papel da luz solar na manutenção do ciclo da água. Para facilitar o entendimento, leve para a sala de aula um copo transparente com água e pergunte o que aconteceria se ele fosse deixado sob a luz solar. Os estudantes provavelmente responderão que a água "seca". Então, questione para onde a água se desloca. Eles poderão lembrar que ela passa da fase líquida para a gasosa, dissipando-se pela atmosfera. Pergunte se tal observação seria possível se não houvesse luz solar incidindo na Terra. Explique que sem a energia do Sol toda a água da superfície terrestre provavelmente se manteria no estado sólido. Lembre-os de que a luz solar, junto aos gases do efeito estufa, são responsáveis pela manutenção da temperatura média do planeta, mantendo a maior parte das moléculas na fase líquida.
- Aproveite a oportunidade para relembrar que a água do solo e dos rios, por causa da ação do calor solar, tende a passar para a fase gasosa. A evaporação é responsável pela formação das nuvens, e, consequentemente, tem relação com a precipitação. Assim, a continuidade do ciclo da água no planeta depende diretamente da luz solar.
- Mostre que a água precipita na forma de chuva, retorna aos corpos d'água e se infiltra no solo, reiniciando o ciclo.
- Aproveite para relembrar a intensificação do efeito estufa e como isso pode afetar as geleiras, já que a elevação da temperatura da água resulta na mudança para a fase líquida, o que pode causar uma série de impactos ambientais. Isso

MODERNA

permite o desenvolvimento da **competência geral 7**, no que tange às questões socioambientais.

- Averigue também se os estudantes identificam outros papéis do ciclo hidrológico. Explique que a água é absorvida pelas raízes das plantas e é essencial à sobrevivência das células e, portanto, dos seres vivos. Relembre também que o ciclo hidrológico é um dos fatores responsáveis pela manutenção da vida na Terra.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Utilizando a estratégia de metodologia ativa *one minute paper*, solicite aos estudantes que escrevam sobre a importância do ciclo hidrológico para a manutenção da vida na terra. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XX** deste suplemento.

SALA DOS PROFESSORES

- O trabalho com o ciclo hidrológico apresentado nas páginas **38** e **39** inclui a discussão sobre os efeitos da água na manutenção de biomas. Esse conteúdo possibilita o trabalho conjunto com os professores de **Ciências Humanas Sociais e Aplicadas**, principalmente com o componente curricular **Geografia**. Coordene com estes professores o trabalho sobre a relação entre biomas e o ciclo hidrológico.

  A abordagem sobre os rios voadores permite estabelecer uma relação entre o ciclo hidrológico e os biomas terrestres. Para mais informações, acesse o *site* a seguir e assistam aos vídeos da galeria com os professores do componente curricular **Geografia**. Disponível em: <https://riosvoadores.com.br/o-projeto/fenomeno-dos-rios-voadores/>. Acesso em: 11 jun. 2020. Esses vídeos podem ajudar a subsidiar o trabalho com a temática.
- No planejamento da abordagem, é importante o trabalho com o mapa dos biomas do Brasil. Além de caracterizar as regiões, é importante destacar os biomas e suas características, como vegetação, fauna e clima.
- O uso de imagens de satélite pode contribuir para mostrar que o aumento no desmatamento e nas queimadas na Amazônia levam a reduções no bioma, o que provoca alterações nos demais biomas do país. O Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER) realiza um levantamento rápido de alterações que são percebidas na cobertura florestal amazônica. O Projeto PRODES também é fundamental, pois realiza o monitoramento do desmatamento por corte raso na Amazônia legal. Esse trabalho se baseia no monitoramento por satélite, e é utilizado no planejamento de políticas públicas para a região.
- Além disso, há outros projetos ligados ao *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* (Inpe), como o Terra-Brasilis. Neste *link*, é apresentado um mapa com informações do monitoramento de desmatamento no Brasil. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl5pt-br>. Acesso em: 12 jun. 2020.
- O trabalho com essa temática permite o desenvolvimento do tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**.
- Esse trabalho ajudará os estudantes a responderem à atividade **1** da página **43**.

METODOLOGIAS ATIVAS

- A fim de que os estudantes identifiquem os fatores que podem afetar a água no ciclo hidrológico, separe-os em grupos de quatro a seis integrantes, seguindo a metodologia ativa *sorting strips*, que se baseia no uso de tiras de papel com textos relacionados ao tema. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento.
- Todos os grupos devem receber as mesmas tiras, de tamanho similar. Seguem algumas sugestões, considerando que há cinco grupos e cada tema terá três tiras.
  - > Rios / Despejo de dejetos / Tratamento de dejetos.
  - > Geleiras / Intensificação do efeito estufa/ Redução da emissão de gases do efeito estufa.
  - > Umidade relativa do ar / Desmatamento / Fiscalização ao desmatamento e às queimadas.
  - > Formação de nuvens e precipitação / Ar seco / Reflorestamento.
  - > Água subterrânea / Lançamento de resíduos sólidos no solo e nos rios / 5 Rs.
- Cada grupo deverá receber suas tiras já embaralhadas. Peça aos estudantes que, juntos, organizem as tiras, classificando-as em: água no ambiente; interferência humana e possíveis soluções. Peça aos estudantes que agrupem as tiras de acordo com a classificação apresentada, reconhecendo as informações complementares.
- Após a atividade, organize os estudantes em uma mesa redonda e peça que conversem sobre os problemas e soluções apresentados e como isso afeta diretamente o clima, as condições do tempo, a sobrevivência dos seres vivos e a vida nas grandes cidades. Peça que levantem mais soluções para que a água no planeta seja conservada.
- Questione se as chuvas nos últimos anos têm obedecido aos padrões esperados em cada situação; se a colheita de frutos e sementes tem sofrido redução. Pergunte se eles consideram que exista relação entre as informações e o ciclo hidrológico.
- É importante que os estudantes desenvolvam soluções tanto coletivas quanto individuais. Espera-se que, com esta atividade, os estudantes sintam-se motivados a engajar-se, desenvolvendo ideias e atitudes ambientalmente responsáveis, especialmente em relação à conservação da água e à conscientização a respeito da importância do ciclo hidrológico.

EM ABERTA

Páginas 40 a 42

BNCC EM DESTAQUE

- Nessas páginas, é estudada a estrutura molecular de diversos materiais de acordo com seu estado de agregação, um conteúdo que servirá de base para diversos conteúdos futuros de Química. São também exploradas algumas propriedades relacionadas ao estado de agregação das moléculas. Esse trabalho permite a abordagem da **competência geral 2** e das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT307**.

- Peça aos estudantes que se lembrem de dias do ano anterior em que fez muito calor no local em que moram e dias em que fez muito frio. Pergunte como nos comportamos, que roupas vestimos e como o corpo reage às variações de temperatura. Provavelmente, os estudantes responderão que, em dias quentes, a tendência é usar roupas mais leves e ventiladas e adotar uma postura relaxada, e que em dias frios, tendem a cruzar os braços e se encolher. Explique que essas reações à temperatura são comportamentos relacionados à troca de calor com o ambiente. O corpo humano mantém a temperatura praticamente constante. Isso significa que, quando a temperatura do ambiente é menor do que a temperatura do corpo humano, a tendência deste é perder calor para o ambiente. Para evitar que isso aconteça, o corpo faz uso de uma série de mecanismos fisiológicos e comportamentais. Quando cruzamos os braços ou nos encolhemos, o calor fica retido na superfície, pois existe menor superfície do corpo em contato com o ar nos mantendo aquecidos. Essa abordagem permite uma conexão com a área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, principalmente com o componente curricular **Biologia**.
- A partir dessa análise, peça que relacionem o calor com os estados de agregação da matéria. A temperatura faz com que as moléculas da água na fase sólida (gelo) ocupem um espaço pequeno, conservando a energia disponível. Na água na fase líquida, há um pouco mais de energia no sistema, permitindo que as moléculas tenham certa mobilidade. Já na água na fase gasosa, a energia disponível é maior e acelera o movimento das moléculas, que ficam independentes umas das outras.
- Peça aos estudantes que elenquem sistemas em que encontram água em cada estado de agregação. Escreva na lousa os exemplos citados pelos estudantes. Para isso, divida a lousa em três partes. Na primeira, escreva "estado sólido", na segunda, "estado líquido" e na terceira, "estado gasoso". Conforme os estudantes citam as respostas, pergunte aos demais como eles fariam essa classificação. Veja a seguir alguns sistemas que os estudantes podem citar.
  - > Água no estado de agregação sólido: cubos de gelo no congelador; neve; granizo; geleiras; alimentos no congelador.
  - > Água no estado de agregação líquido: mares, rios, lagos, lagoas, água mineral; chuva.
  - > Água no estado de agregação gasoso: água na atmosfera; vapor de água saindo de uma chaleira.

Página 42

BOXE COMPLEMENTAR

- Ao abordar o conteúdo do **boxe complementar** da página **42**, lembre os estudantes de que, na realidade, nem sempre os materiais se comportam de uma maneira completamente previsível ou preestabelecida, como é o caso dos estados de agregação menos comuns.
- Para mais informações sobre o estado de plasma, acesse os *sites* a seguir.
  - > ZIEBELL, L. F. *O quarto estado da matéria*. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n15_Ziebell.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.
  - > MONTEIRO, E. M. C. Novo estado físico da matéria. *Portal Píon*. São Paulo: SBF. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/portalpion/index.php/noticias/150-novo-estado-fisico-da-materia>. Acesso em: 12 jun. 2020.
- Para mais informações sobre o condensado de Bose-Einstein, acesse os *sites* a seguir.
  - > CENTRO DE FÍSICA TEÓRICA COMPUTACIONAL (CFTC). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. O que é um condensado de Bose-Einstein. *Prisma*: à Luz da Física. Disponível em: <http://cftc.cii.fc.ul.pt/PRISMA/capitulos/capitulo3/modulo2/topico1.php>. Acesso em: 12 jun. 2020.
  - > ARANTES, J. T. Pesquisadores obtêm condensado de Bose-Einstein com o composto cloreto de níquel. *Agência Fapesp*, São Paulo, 10 fev. 2017. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/pesquisadores-obtem-condensado-de-bose-einstein-com-o-composto-cloreto-de-niquel/24757/>. Acesso em: 12 jun. 2020.
- O trabalho com o tema desse boxe é importante para mostrar que a Ciência é dinâmica e está sujeita a mudanças, regressos e avanços. Aproveite para ressaltar essa característica da Ciência aos estudantes.
- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 42.**
  - **a)** Resposta pessoal. Os estudantes podem citar lâmpadas fluorescentes, televisores com tela de plasma, painéis de neon e aplicações industriais, como na metalurgia, para facilitar processos de soldagem e corte, por exemplo. Além desses exemplos, os estudantes podem citar as auroras.
  - **b)** Íons positivos, também chamados cátions, são partículas carregadas eletricamente, assim como elétrons livres. Pelo fato de o plasma ser similar a um gás, não há resistência física para a movimentação das cargas. Assim, do mesmo modo de um metal ou um líquido iônico, o plasma permite uma alta mobilidade de cargas, ou seja, é um bom condutor elétrico.

Respostas e orientações para as Atividades *Página 43*

SEM MODELO

a) As plantas liberam vapor de água na atmosfera terrestre principalmente por meio da respiração e da transpiração. Além disso, promovem a movimentação da água do subsolo para a atmosfera, ao absorvê-la por meio de suas raízes.

b) O objetivo dessa questão é que os estudantes reflitam sobre a importância da floresta Amazônica não apenas para a região Norte do país. Para essa questão, os estudantes poderão pesquisar a respeito dos rios voadores. Espera-se que eles comentem que a floresta Amazônica libera grande quantidade de vapor de água na atmosfera terrestre. O vapor proveniente do oceano Atlântico se desloca para a floresta, onde se precipita como chuva. As plantas absorvem a água do solo e a devolvem à atmosfera por meio da respiração e transpiração. A umidade proveniente dessa região é deslocada na direção oeste, atingindo a Cordilheira dos Andes e alimentando as nascentes de rios amazônicos, bem como em direção às regiões Sul e Sudeste. Essa umidade proveniente da Amazônia provoca chuva nessas regiões. Dessa forma, o desmatamento na Amazônia prejudica a liberação de vapor de água na atmosfera e o abastecimento de umidade nas regiões Sul e Sudeste. A baixa umidade prejudica a ocorrência de chuvas e, consequentemente, o abastecimento de importantes fontes de água subterrâneas e superficiais, como o Sistema Cantareira.

c) O objetivo dessa questão é que os estudantes divulguem as informações entre os demais membros da comunidade escolar e familiares.

2. Em **A**, o picolé, que se encontrava inteiramente no estado sólido, tinha suas moléculas muito próximas, de forma organizada e com pouca mobilidade, mantendo seu formato. Em **B**, sob a temperatura do ambiente, que é superior à do picolé, partes das moléculas começaram a se agitar e a se afastar umas das outras, aumentando sua mobilidade e tornando parte do picolé líquido. Em **C**, a agitação e a mobilidade das moléculas atingem a quase totalidade do picolé, fazendo com que ele se transforme quase totalmente em líquido. Esse estado de agregação possibilita que as moléculas escorram na superfície, perdendo sua forma definida.

3. Alternativa **c**. As partículas estão mais distantes umas das outras no estado gasoso, pois possuem alta energia. As forças de atração dos líquidos são menores do que as dos sólidos, mas maiores do que as dos gases.

5. Alternativa **d**. As mudanças de estado de agregação alteram a conformação espacial das partículas, deixando-as mais contraídas, como nos sólidos, ou mais espaçadas, como nos gases, sendo que o estado líquido apresenta um nível intermediário.

CAPÍTULO 5
Transformações da matéria

Objetivos

- Classificar as transformações da matéria em físicas ou químicas.
- Reconhecer as mudanças de estado de agregação da matéria como transformações físicas.
- Associar os efeitos das mudanças de temperatura ao estado de agregação da matéria.
- Representar graficamente as mudanças no estado de agregação da matéria.
- Reconhecer o comportamento anômalo da água (H_2O) e onde pode ser observado.
- Identificar transformações químicas no cotidiano a partir de evidências observáveis.
- Conhecer e aplicar as leis ponderais.
- Analisar as teorias acerca das leis ponderais ao longo da História da Ciência.

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

Páginas 44 a 48

BNCC EM DESTAQUE

- O estudo das mudanças de estado de agregação da matéria permite averiguar essas mudanças por meio de exemplos do cotidiano, o que coopera para o desenvolvimento das **competências gerais 1** e **2** e da habilidade **EM13CNT101**.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para iniciar o estudo desse assunto, realize uma demonstração para mostrar os eventos apresentados na primeira fotografia da página **44**. Para isso, providencie três copos transparentes, cubos de gelo e água à temperatura ambiente. No primeiro copo, coloque cubos de gelo, até enchê-los; no segundo, coloque cubos de gelo até a metade do copo e complete com a água líquida; no terceiro copo, coloque somente água à temperatura ambiente.
- Questione os estudantes sobre o que acontecerá com a água nas situações apresentadas e por quê. Pergunte qual é o fator capaz de alterar os estados de agregação da matéria. Averigue se os estudantes relacionam as mudanças de temperatura à alteração dos estados de agregação.

- Peça aos estudantes que relacionem os conteúdos apresentados nas páginas **44** e **45** ao ciclo hidrológico, trabalhado no capítulo anterior. É importante que os estudantes percebam que, ao longo do ciclo, a água se apresenta sob diferentes estados de agregação; logo, para que o ciclo ocorra, é necessário que ocorram as mudanças de fase.
- É importante que os estudantes percebam que as mudanças no estado de agregação ocorrem de acordo com a intensidade das interações intermoleculares. As ligações químicas não são alteradas, já que as moléculas permanecem as mesmas, mas as interações que mantêm as moléculas próximas se alteram.
- Alguns materiais que podem auxiliar os estudantes a visualizarem as moléculas de água nos diferentes estados de agregação são modelos feitos com massa de porcelana

EM ABERTA

fria. Esse material tem baixo custo e bom rendimento. Providencie os seguintes materiais: cola para porcelana fria, tintas guache cinza e vermelha, limão ou vinagre, amido de milho, vaselina, colher de madeira, palitos de dente e creme para as mãos. O material (exceto o creme para as mãos) deve ser misturado e aquecido no forno micro-ondas ou no fogão. A mistura deve ser mexida com a colher de madeira, até chegar à consistência adequada. O creme para as mãos deve ser espalhado em uma superfície, onde a massa deverá ser sovada. A etapa do preparo da massa deve ser feita por um adulto, a fim de evitar acidentes. Dois terços da massa deverão ser coloridos com tinta guache cinza e o restante, com tinta vermelha.

> Os estudantes devem preparar moléculas de água, moldando bolinhas. Cada bolinha representará um átomo. As bolinhas cinza representarão os átomos de hidrogênio (H) e as bolinhas vermelhas, os átomos de oxigênio (O). Para montar as moléculas de água, duas bolinhas cinzas devem ser ligadas a uma bolinha vermelha com palitos de dente. Lembre-se de que o ângulo entre os átomos de hidrogênio deve ser de, aproximadamente, 104°. Separe outros palitos de dente, que representarão as ligações de hidrogênio.

> Na primeira simulação, os átomos de hidrogênio devem estar ligados a átomos de oxigênio, e vice-versa, por meio de interações eletrostáticas fortes. Faça isso de modo que as moléculas formem um hexágono. Diga aos estudantes que essa representação se refere ao **estado de agregação sólido** da água, ou seja, ao gelo. Mostre que não é possível mover uma molécula sem mover as outras. Isso se reflete no comportamento macroscópico do gelo, que possui forma e volume bem definidos.

> Na segunda simulação, rompa algumas das ligações das moléculas de água, mas não todas, de modo que ainda haja grupos de duas ou três moléculas de água fazendo ligações, mas sem uma estrutura hexagonal definida tal como visto no gelo. Diga que essa representação se refere ao **estado de agregação líquido** da água. Diga que essas ligações não são fixas, e que, dependendo da proximidade com outra molécula, uma ligação de hidrogênio pode ser estabelecida ou rompida. Isso se reflete no comportamento macroscópico da água líquida, que possui volume definido, mas forma variável a depender do recipiente onde se encontra.

> Na terceira situação, rompa todas as ligações entre as moléculas de água. Reforce que, nessa situação, as interações tornam-se tão fracas que as moléculas se encontram livres e dispersas no espaço. Diga que essa representação se refere ao **estado de agregação gasoso** da água. Uma interação intermolecular mais forte só será formada na improvável ocasião de uma molécula se aproximar bastante de outra, e essa ligação será rapidamente rompida. Isso se reflete no comportamento macroscópico da água gasosa, que ocupa volume e forma de acordo com o recipiente onde se encontra.

> Divida a turma em três grupos e peça que representem o que acontece quando há redução na temperatura. Averigue se os estudantes percebem que, quando as temperaturas são menores, a velocidade das moléculas diminui e a quantidade de ligações aumenta, sendo mais difíceis de romper.

- Cite outros exemplos de transformações físicas cotidianas, como cortar papel, produzir fios por meio de metais, dissolver açúcar em água, aquecer uma panela de alumínio no fogão, entre outros.

SALA DOS PROFESSORES

- Na página **46** é explorado o diagrama de mudanças de fase, o que permite uma conexão com a área de **Matemática e suas Tecnologias**.
- É importante realizar um trabalho de interpretação de gráficos de linha, a fim de proporcionar maior entendimento da representação do diagrama de fases. É preciso que os estudantes sejam capazes de cruzar as informações do eixo *x* (temperatura) e do eixo *y* (pressão). Os estudantes devem constatar que, no ponto triplo, os três estados de agregação coexistem.
- Mostre, também, que é possível a mudança direta de sólido para gasoso e de gasoso para sólido, processo de sublimação, mas que as condições para tal são geralmente mais difíceis de obter. Demonstre isso ao traçar uma linha horizontal representando a pressão atmosférica de 1 atm, já evidenciada no gráfico. Aproveite a oportunidade para explicar os conceitos de temperatura de fusão e de temperatura de ebulição, lembrando que são diferentes para cada substância, pois são propriedades dos átomos.

- Acesse com os estudantes o *site* do simulador virtual a fim de mostrar as mudanças no estado de agregação. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_pt_BR.html>. Acesso em: 13 jun. 2020.

  Peça que cliquem em "Estados", para que visualizem a organização molecular nos três estados de agregação. Esse simulador permite variar a temperatura e demonstrar o que acontece com a organização molecular quando há alteração na temperatura. Ao clicar em "Mudança de fase", é possível visualizar o que pode acontecer com as moléculas com a alteração da pressão ou da temperatura. Aproveite para mostrar que os diagramas de fase das substâncias não são sempre iguais. Esse trabalho permite o desenvolvimento da **competência geral 5**, já que o uso de TICs pode ajudar no processo de ensino-aprendizagem.

Página 47

BOXE COMPLEMENTAR

- Esse boxe apresenta uma discussão acerca do comportamento anômalo da água. Mostre aos estudantes que a água no estado líquido e a água no estado sólido apresentam densidades diferentes, desenhando na lousa o gelo,

REPRODUÇÃO

explicando que as moléculas de água se estruturam numa forma hexagonal, onde há grande espaço não preenchido no cristal. No entanto, esse espaço em que não há matéria é menor quando a água torna-se líquida, aumentando seu volume.

- A água é uma molécula pequena e com geometria adequada para formar redes cristalinas bem estruturadas contendo vazios, como é o caso de sua rede hexagonal. Porém, o fator mais importante para suas propriedades anômalas são as ligações de hidrogênio que ocorrem devido aos seus átomos de hidrogênio interagindo com átomos de oxigênio de moléculas vizinhas.
- Explique aos estudantes que quando duas substâncias que não se misturam são postas em contato, a de maior densidade se depositará no fundo do recipiente. É por isso, por exemplo, que, numa mistura de água e óleo ($d = 0{,}93$ g/mL), o óleo fica na fase superior.
- A densidade é, portanto, geralmente expressa pela unidade g/mL. Quanto maior a densidade de uma substância, maior sua massa em um dado volume. A densidade da água a 25 °C é de 0,998 g/mL, o que significa que 1 mL de água a 25 °C possui massa de 0,998 g.
- Além do exemplo já apresentado de *icebergs* e de lagos congelados, diga aos estudantes que até mesmo o fato de cubos de gelo flutuarem num copo com água evidencia sua menor densidade. Pergunte a eles, também, o que observamos quando fazemos gelo em fôrmas tradicionais de modo a preencher totalmente cada molde com água. A resposta é que o gelo formado ocupará um volume maior do que a água líquida ocupava. Como a massa não mudou, o volume maior também indica que a densidade é menor.
- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 47.**
  - > Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é incentivar os estudantes a refletir sobre o assunto levando em consideração o próprio conhecimento prévio sobre o comportamento anômalo da água.
  - > Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é que os estudantes reconheçam o comportamento anômalo da água em situações cotidianas. Espera-se que eles respondam que, por apresentar comportamento anômalo, ao ser submetida ao congelamento, a água presente no líquido irá se expandir. Caso o recipiente esteja completamente preenchido, o aumento de volume da água irá causar o rompimento do recipiente com extravasamento de parte do líquido.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Para iniciar esta atividade, cite algumas transformações para que os estudantes as classifiquem como químicas ou físicas.
- Peça que levantem a mão os estudantes que consideram que a transformação é física; em seguida, os que acham que é química; por fim, os indecisos. Realize a contagem e marque na lousa. Depois, peça que defendam seus pontos de vista, inclusive os indecisos. Na lousa, mostre a classificação correta.
- Esta atividade permite o desenvolvimento da argumentação após análise crítica. Os estudantes precisam colocar seus pontos de vista e explicá-los ao mesmo tempo em que são confrontados com opiniões contrárias. Além disso, desenvolvem o respeito a ideias opostas e aprendem a expor suas opiniões e dúvidas.
- Veja a seguir alguns exemplos de transformações e evidências que corroboram sua classificação.
  - > **Combustão de combustível em motor de automóvel**: transformação química. **Evidências**: liberação de calor e formação de gás.
  - > **Sublimação da naftalina**: transformação física. **Evidência**: odor liberado no ar.
  - > **Queima de papel**: transformação química. **Evidências**: mudança de temperatura, mudança de cor e formação de gás.
  - > **Fotossíntese**: transformação química. **Evidências**: cor das folhas.
  - > **Decomposição do leite**: transformação química. **Evidências**: mudança de coloração, textura, gosto e odor.

Páginas 50 a 53

BNCC EM DESTAQUE

- Nessas páginas, a história da Ciência é abordada a partir do estudo das leis ponderais. O trabalho com o desenvolvimento da Ciência ao longo do tempo permite a abordagem das **competências gerais 1** e **2** e as habilidades **EM13CNT101**, **EMT13CNT205** e **EM13CNT301**.

- Para iniciar o estudo das leis ponderais, realize a demonstração mostrada na página **50**. Providencie uma garrafa contendo pequena quantidade de água, um balão e uma pastilha de antiácido. Coloque a pastilha dentro do balão e una-o à abertura da garrafa. Peça que expliquem o que acontece com o antiácido em contato com a água e como eles relacionam essa observação com o fato de o balão inflar. Averigue se eles levantam hipóteses que se assemelham à explicação científica real. A formação de bolhas e do gás evidencia a ocorrência de uma reação química, em que há liberação de dióxido de carbono (CO_2). Essa atividade contribui para trabalhar com os estudantes o **pensamento computacional**.
- Enfatize a relevância de Lavoisier (página **51**) na elaboração do método científico e a contribuição da cientista francesa Marie-Anne Pierrette Paulze (1758-1836), sua esposa. Marie-Anne teve um papel fundamental na tradução de vários trabalhos científicos, na divulgação de seus trabalhos próprios e os de Antoine, e na padronização do método científico.

MODERNA

Assim, como outras mulheres, ela foi fundamental para o desenvolvimento da Ciência, mas permaneceu com papel secundário, quase invisível para a sociedade de sua época. Para mais informações sobre outras mulheres e seu papel na Ciência, leia os artigos a seguir.

> NUNES, A. O. et al. A história de sete mulheres na Química. *Tchê Química*, Porto Alegre, v. 6, n. 11, jan. 2009. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/albinonunes/artigos-1/historia-de-sete-mulheres-na-quimica>. Acesso em: 14 jun. 2020.

> BOLZANI, V. da S. *As mulheres na ciência e as expectativas para o século XXI*. Rio de Janeiro, SBPC. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/noticias/as-mulheres-na-ciencia-e-as-expectativas-para-o-seculo-xxi-3/>. Acesso em: 14 jun. 2020.

- Na página **52**, explique aos estudantes que um sistema é estabelecido quando se define seus limites. Quando observamos um copo de água, por exemplo, o sistema é o interior do copo, e estará aberto porque a matéria pode entrar ou sair pela sua abertura. Por outro lado, se o sistema for a Terra (incluindo a atmosfera), o sistema é fechado, pois toda a troca de energia e de matéria é definida em seu interior, contanto que sejam ignoradas as interferências do Sol e de corpos que porventura entram ou saem do planeta. Em um sistema completamente fechado, não há transferência de matéria ou de energia entre o sistema e o exterior.
- Ainda na página **52**, mostra-se que as pesquisas de Lavoisier ajudaram a derrubar a ideia de transmutação, preconizada pelos alquimistas. Sobre a Alquimia, leia o trecho do texto a seguir.

[...]

Um período muito citado quando se tenta retratar a evolução histórica da Química diz respeito à Alquimia. Algumas pessoas colocam a Alquimia como início da Química; outros dizem que se trata de coisas diferentes. Se a Alquimia pode ser considerada como parte da Química ou se ela é uma fase anterior a esta, é uma discussão ainda em voga. De qualquer modo, quando buscamos informações sobre o desenvolvimento da Química encontramos referências à Alquimia. [...]

É referente à Alquimia a busca pela "pedra filosofal", para a transmutação de metais em ouro e do elixir da longa vida. Assim, os alquimistas, nome dado a quem praticava a Alquimia, possuíam como meta transformar metais menos nobres em ouro, desenvolver uma substância que fosse capaz de curar todos os males e prolongar o tempo de vida do homem, e ambas as metas poderiam ser alcançadas se eles obtivessem a "pedra filosofal". Não é possível levar ao pé da letra tais fundamentos, pois se pode considerar também que a busca dos alquimistas não fosse por algo material, mas sim por algo ligado à alma, algo espiritual e místico.

[...]

Na Alquimia, os aspectos filosóficos eram muito presentes, sendo a composição e a transformação da matéria, discutidos a partir de concepções filosóficas. As discussões transcendiam a matéria, era algo de alma; o misticismo era muito presente.

Tem-se informações de que a Alquimia foi praticada em diversos locais do mundo, ao longo do período em que se tem registro sobre as práticas que a caracterizava. A Alquimia foi praticada no Egito, na Índia, China, em Roma, na Grécia, entre outros lugares.

Muitas das técnicas desenvolvidas e utilizadas pelos alquimistas e o acúmulo de informações do período da Alquimia contribuíram para a constituição da Química como ciência.

[...]

A descoberta de diversas substâncias também ocorreu na Alquimia, como, por exemplo, a do ácido acético e do ácido clorídrico. Muitas técnicas usadas atualmente já eram presentes na vida dos alquimistas, como, por exemplo, a destilação. A forma de se pensar o processo de destilação, a essência do pensamento em relação a essa técnica, era diferente do modo como pensamos hoje. Mas os materiais utilizados no processo e a técnica em si são muito semelhantes. Para os alquimistas, a destilação estava associada a ideias filosóficas e religiosas e à magia.

[...]

OLIVEIRA, O. M. M.; SHLÜNZEN JUNIOR, K.; SHLÜNZEN, E. T. M. *Química*. São Paulo: Cultura Acadêmica/Núcleo de Educação à distância, 2013. p. 25-28. Disponível em: <https://acervodigital.unesp.br/bitstream/unesp/141296/1/redefor_qui_ebook_temasformacao.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

Página 54

INVESTIGUE

BNCC EM DESTAQUE

- Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois incentiva os estudantes a explicar dados experimentais sob uma perspectiva científica. Além disso, estimula o desenvolvimento da **competência geral 2** pelo trabalho com investigação científica.

Objetivos

- Observar a transformação da matéria em uma atividade culinária.
- Analisar as proporções de ingredientes em uma receita e sua influência no resultado final.

Orientações

- Essa atividade contribui para desenvolver o **pensamento**

MODELO

computacional. Solicite aos estudantes que decomponham o problema em partes menores, facilitando a resolução, com atenção aos detalhes importantes que devem ser considerados na execução da atividade. As questões de **Orientação** presentes no **Livro do estudante** os auxiliam a organizar as etapas que poderão seguir. Em seguida, elabore com eles um esquema que organize as etapas da investigação, destacando o levantamento de hipóteses, a elaboração do procedimento, a observação dos resultados, a troca de ideias sobre os resultados, a elaboração de uma conclusão e a divulgação dos resultados.

- As questões do início dessa seção têm por objetivo levar os estudantes a formularem hipóteses a respeito das diferenças entres os tipos de transformação química, bem como a importância da manutenção da proporção dos ingredientes.
- Os estudantes podem montar um cardápio com um prato principal e uma sobremesa. Por exemplo, pode-se fazer uma sopa e um bolo.
- No preparo da sopa, é necessário reduzir os ingredientes mecanicamente, o que sugere uma transformação física. Grande quantidade de água deve ser acrescentada e aquecida. Os alimentos são cozidos e mudam de textura, reduzindo seu tamanho.
- No preparo de um bolo, é necessário misturar os ingredientes sólidos aos líquidos, transformando-os em uma mistura homogênea, que deve ser aquecida. O fermento químico reage com os ingredientes e libera gás dióxido de carbono, visível na forma de pequenas bolhas. Esse processo garante maior volume ao bolo.
- Nessa atividade, os estudantes podem realizar diversas receitas, por isso, não inserimos o passo a passo de uma específica.

Respostas das questões de contextualização

a) Não. Existem transformações que alteram a natureza da matéria e transformações que não a alteram.

b) As proporções devem ser observadas, pois uma modificação pode alterar o resultado final.

Respostas para as questões

1. Os estudantes podem observar transformações químicas e transformações físicas. Ao picar os ingredientes, não há transformação da natureza da matéria. Já o cozimento altera a natureza.

2. Não. Existem transformações irreversíveis. No caso da atividade, após o cozimento, não há como reverter as reações químicas, tornando o alimento cru novamente.

3. Os estudantes podem responder que não. Quando há o cozimento, há evaporação de alguns ingredientes e aumento do volume de outros.

4. Ao estabelecer proporções corretas e tempo de cozimento adequado, o resultado final pode ser padronizado, mantendo a qualidade, além de evitar desperdício dos ingredientes.

Destino dos resíduos

- As embalagens podem ser limpas e caso não sejam reutilizáveis, podem ser descartadas em coletores recicláveis. Os restos de alimentos podem ser utilizados como adubo ou no preparo de outros alimentos.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 49

1. **a)** Espera-se que os estudantes respondam que a energia da matéria, nesse caso a água, aumentou ao longo do experimento. Isso porque parte da radiação infravermelha foi absorvida pelos átomos constituintes. Como resultado, esses átomos se tornaram cada vez mais agitados, enfraquecendo as interações entre as moléculas e aumentando sua mobilidade. A maior energia e agitação das moléculas levou à alteração da estrutura da matéria, fazendo-a mudar de estado de agregação sólido para o líquido.

b) Espera-se que os estudantes respondam que a matéria irá continuar absorvendo energia, resultando em agitação crescente de suas moléculas, o que, em determinado momento, levará à evaporação da mesma, ou seja, à transformação de estado de agregação líquido para o gasoso.

c) Espera-se que os estudantes respondam que, uma vez que a temperatura mede o grau de agitação das moléculas que constituem a matéria, à medida que ela recebe energia e seus componentes se tornam mais agitados, a temperatura também aumenta. Sendo assim, a temperatura da matéria em **A** é inferior à temperatura da matéria em **B**.

d) À medida que a água sólida se transforma em água líquida e gasosa, ela fica disponível no ambiente, mais especificamente na atmosfera terrestre, podendo se movimentar entre os compartimentos do ambiente e seus componentes. Em condições específicas, esse vapor pode retornar ao estado líquido ou gasoso, e assim sucessivamente.

2. Ocorrerá evaporação em **A** e ebulição em **B**. Isso porque em **A** o aquecimento está ocorrendo principalmente na superfície do líquido para que a transformação da matéria ocorra de modo mais lento e gradual, sem a formação de bolhas. Já em **B**, o aquecimento percorre toda a matéria – a água aquecida no fundo do recipiente se torna menos densa e se move para a parte superior. Além disso, a intensidade da energia fornecida à água em **B** é maior e ocorre de modo mais rápido, sendo geralmente associada à formação de bolhas.

3. Isso ocorreu porque o ar expirado pela jovem contém vapor de água e está a uma temperatura superior à superfície do espelho. Ao entrar em contato com essa superfície, cuja temperatura é inferior à do ar expirado, a água antes gasosa passou para a fase líquida, formando gotículas que embaçaram a superfície.

4. **a)** Espera-se que os estudantes respondam que não, pois em **A** ocorreu uma transformação física que resultou na mudança da estrutura da casca e do formato do conteúdo do ovo. Já em **B**, houve alteração na colora-

MODERNA

ção, na textura e no sabor dos ovos, evidenciando uma transformação química.

b) O calor.

5. **a)** Mar Morto: 101 °C; Rio de Janeiro: 100 °C; Brasília: 96 °C; La Paz: 88 °C; Monte Everest: 71 °C.

Resolução

Mar Morto:

$T = 100 - 3{,}24 \cdot h \Rightarrow T = 100 - 3{,}24 \cdot (-0{,}43) \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 100 - (-1{,}3932) \Rightarrow T = 100 + 1{,}3932$

$\therefore T \simeq 101{,}39\ °C$

Rio de Janeiro – localidades ao nível do mar apresentam temperatura de ebulição de 100°C. De qualquer forma, a resolução pode ser dada por:

$T = 100 - 3{,}24 \cdot h \Rightarrow T = 100 - 3{,}24 \cdot (0) \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 100 - 0 \therefore T = 100\ °C$

Brasília:

$T = 100 - 3{,}24 \cdot h \Rightarrow T = 100 - 3{,}24 \cdot (1{,}1) \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 100 - (3{,}564) \therefore T \simeq 96{,}44\ °C$

La Paz:

$T = 100 - 3{,}24 \cdot h \Rightarrow T = 100 - 3{,}24 \cdot (3{,}6) \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 100 - (11{,}664) \therefore T \simeq 88{,}34\ °C$

Monte Everest:

$T = 100 - 3{,}24 \cdot h \Rightarrow T = 100 - 3{,}24 \cdot (8{,}85) \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 100 - (28{,}674) \therefore T \simeq 71{,}326\ °C$

b) Resposta pessoal. A resposta depende da altitude do município em questão. Oriente os estudantes a realizar uma pesquisa para identificar a altitude em que se encontra o município.

6. Alternativa **c**. O filtro de barro é poroso, dessa forma, parte da água, lentamente, o atravessa. A água que atinge a parede externa do filtro de barro evapora, absorvendo calor do filtro e do restante da água.

Página 55

1. **a)** Animais incorporam carbono através da alimentação, enquanto os vegetais incorporam através da fotossíntese. Animais eliminam carbono principalmente por meio da respiração, mas também a partir da excreção e da perda de tecidos (pelos e pele). Vegetais eliminam por meio da respiração e da queda de matéria orgânica, como folhas, frutos, flores e galhos.

b) A primeira lei ponderal, ou lei da conservação das massas, proposta por Lavoisier, diz que "na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". É esse o cerne da conversa entre os dois leões no filme: mesmo que eles se alimentem de antílopes, um dia a matéria química que comeram será transferida para outro organismo, possivelmente um antílope. A matéria não foi perdida, apenas transformada e transferida.

2. **a)** Espera-se que os estudantes respondam que não, pois diferentemente do afirmado por essa lei, a soma da massa dos reagentes não foi igual à massa do produto.

b) Espera-se que os estudantes respondam que seria necessário manter os recipientes fechados, para que nenhuma matéria fosse perdida para o meio.

c) Espera-se que os estudantes comentem que como os sistemas não eram fechados, parte do produto, provavelmente gasosa, foi perdida para o ambiente, resultando na redução da massa do produto em relação à soma das massas dos reagentes.

3. **X** = 44 g; **Y** = 24 g; **Z** = 64 g.

O valor de **X** pode ser descoberto com base na lei da conservação das massas: como a massa total dos reagentes foi de 12 g + 32 g = 44 g, a massa do produto final (gás dióxido de carbono) deve ser, também, de 44 g. Portanto, **X** = 44 g.

No experimento **2**, seguindo a lei das proporções constantes, como foi gerado o dobro de massa de dióxido de carbono (88 g), a massa de cada reagente será também o dobro. Assim, **Y** = 24 g e **Z** = 64 g.

Página 55

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

1. Espera-se que os estudantes respondam que a existência de uma estrela é essencial para a vida, pois fornece energia e calor, possibilitando a ocorrência da fotossíntese. No entanto, para a manutenção das temperaturas adequadas, bem como para a proteção da ação danosa dos raios solares, é necessário que haja atmosfera, com constituição específica. Isso porque essa camada de ar ajuda a reter parte do calor que seria dissipado, evitando grandes amplitudes térmicas, ao mesmo tempo em que barra parte da radiação solar.

2. Espera-se que os estudantes incluam em seus esquemas informações de que a energia nos sistemas aumenta do estado de agregação sólido para o gasoso, passando pelo líquido. Esse aumento de energia interfere no grau de agitação das moléculas e, consequentemente, na mobilidade delas. Assim, quanto maior for a energia do sistema, mais agitadas serão as moléculas, maior será a mobilidade entre elas e maior será a temperatura, resultando na transformação dos estados de agregação, como fusão e vaporização. Algo semelhante se observa quando os sistemas perdem energia, reduzindo a mobilidade entre as moléculas e passando de estados de agregação mais energéticos para os menos energéticos, como ocorre na condensação e na solidificação.

3. Espera-se que os estudantes respondam que a maior parte das ondas eletromagnéticas emitidas pelo Sol está na faixa da luz visível, a qual pode ser percebida por meio do sentido da visão.

4. Espera-se que os estudantes relacionem essa frase à lei de conservação das massas, que diz que, em uma reação química em recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. Ela se refere ao fato de que, durante uma reação química, nenhum átomo é criado ou destruído, pois eles se reorganizam formando diferentes substâncias.

Páginas 56 e 57

Objetivos

- Analisar as causas e consequências da intensificação do efeito estufa.
- Refletir e divulgar medidas para o cotidiano que ajudam a diminuir a emissão de gases do efeito estufa.

Orientações

- Essa seção está relacionada ao tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**, incentivando os estudantes a refletir sobre a intensificação do efeito estufa, suas causas, consequências e medidas que podemos ter em nosso cotidiano para contribuir com a diminuição da emissão de gases do efeito estufa na atmosfera.
- Inicie a abordagem da seção incentivando os estudantes a trocar ideias sobre a charge. Peça que expressem o que entenderam ao interpretá-la e anote na lousa as principais ideias citadas. Verifique se eles percebem a relação entre a representação dos gases emitidos pelas fábricas e pelos automóveis e a eliminação das árvores com a intensificação do efeito estufa e desse fenômeno, com a manchete apresentada na página.
- Auxilie os estudantes na interpretação do gráfico dos níveis de gás carbônico emitido na atmosfera de 2005 a 2020. Diga a eles que partes por milhão (ppm) é uma unidade de medida geralmente utilizada para representar concentrações de solutos em uma solução. Ela indica quantas partes de soluto existem em 1 milhão de partes da solução.
- Na questão **B**, explique aos estudantes que o gás carbônico se combina com a água (H_2O) e forma o ácido carbônico (H_2CO_3), que se dissocia em íon hidrogênio (H^+) e íon hidrogenocarbonato (HCO_3^-). As conchas são formadas pela combinação de cálcio com carbonatos. Em meio ácido, esses íons carbonatos se combinam com (H^+) livres e prejudicam o processo de calcificação.

SALA DOS PROFESSORES

- Alguns estudos reforçam a associação da intensificação do efeito estufa com a Revolução Industrial, que ocorreu nos séculos XVIII e XIX na Europa. Esse tema possibilita relacionar o conteúdo à área de **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, trabalhando em conjunto com o professor dos componentes curriculares **Geografia** ou **História**. Elaborem uma aula apresentando aos estudantes os principais aspectos da Revolução Industrial, destacando a substituição do trabalho artesanal pelo uso de máquinas, aumentando drasticamente o consumo de combustíveis fósseis e a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera. É importante destacar também as mudanças nas relações de trabalho e na sociedade como um todo.
- Veja mais informações sobre as relações entre a Revolução Industrial e a intensificação do efeito estufa no *site Akatu*. Disponível em: <https://www.akatu.org.br/noticia/estudo-reforca-associacao-entre-aquecimento-global-e-revolucao-industrial/>. Acesso em: 22 jun. 2020.

Respostas

- O objetivo dessa questão é que os estudantes analisem e reflitam sobre os recursos e suas informações. Espera-se que os estudantes reconheçam que o derretimento acelerado das geleiras é resultado da elevação da temperatura média da Terra, que, por sua vez, está diretamente relacionado com a intensificação do efeito estufa. Esse evento é resultado da emissão de poluentes atmosféricos, principalmente aqueles de efeito estufa, liberados pela queima de combustíveis fósseis em atividades industriais ou veículos, por exemplo. A remoção de árvores também agrava a situação, uma vez que elas auxiliam na fixação de gás carbônico e na liberação de gás oxigênio na atmosfera. Como resultado geral do excesso de poluentes resultante de atividades humanas e da remoção da vegetação, o ar atmosférico torna-se impróprio a alguns seres vivos, como os seres humanos.

A. Espera-se que os estudantes reconheçam que o aumento da emissão de poluentes atmosféricos, como o gás carbônico, é resultado de uma gama de fatores. Entre eles, é possível citar o aumento populacional, a intensificação da mecanização, a ampliação da frota de veículos, o consumismo, a ampliação de cidades e de áreas de agricultura e pecuária. Portanto, de maneira direta ou indireta, a queima de combustíveis fósseis tem aumentado em diversas atividades da vida moderna. Além disso, a remoção de áreas naturais e as queimadas incrementam esse aumento.

B. Espera-se que os estudantes comentem que parte do CO_2 (cerca de 30%) é absorvido pelos oceanos. Sendo assim, quanto maior sua concentração na atmosfera, maior será essa captação. Essa acidificação pode prejudicar diversas espécies de seres vivos, principalmente aquelas que apresentam carbonato de cálcio em suas estruturas, como os corais e os animais com conchas. Essas estruturas têm sua formação prejudicada e podem se dissolver quando em meio ácido. Não apenas esses seres vivos são prejudicados, como todos aqueles que se relacionam direta ou indiretamente com eles, e a morte de espécies por esse processo interfere nas cadeias alimentares, gerando um desequilíbrio nesse ecossistema.

C. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a atuar como cidadãos ativos e divulgar informações de caráter científico na comunidade, levando-os a reconhecer a importância de atitudes diárias quanto ao tema. Proponha que eles divulguem o vídeo em aplicativos de celular e redes sociais. Oriente-os a inserir questionamentos instigantes ao espectador, levando-o a se interessar pelo assunto e se reconhecer como participante desse processo.

MODERNA

UNIDADE 2

Ciclos biogeoquímicos

Nessa unidade são abordados conteúdos relacionados à maneira como ocorre a ciclagem da matéria no ambiente por meio dos ciclo biogeoquímicos e como as atividades humanas podem interferir nesses ciclos (possibilitando o trabalho com o componente curricular **Biologia**). Além disso, são trabalhados temas como o cálculo da quantidade de matéria em uma reação química (possibilitando o trabalho com o componente curricular **Química**) e sobre a calorimetria e os efeitos da troca de calor (favorecendo o trabalho com o componente curricular **Física**).

Objetivos da unidade

- Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos para a ciclagem da matéria e como eles ocorrem no ambiente.
- Investigar a proporção de matéria entre os reagentes e produtos de uma reação química.
- Definir os conceitos relacionados à calorimetria.
- Relacionar os efeitos da troca de calor a situações do cotidiano.

Justificativas

O tema dessa unidade e os conteúdos abordados em cada capítulo são relevantes para que os estudantes compreendam e analisem os ciclos biogeoquímicos que ocorrem no ambiente, bem como para que eles reflitam sobre a influência das atividades humanas nesses ciclos e avaliem medidas para reduzir essa interferência, o que contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT105** e **EM13CNT203**. Além disso, são apresentados conteúdos sobre a proporção de matéria entre os reagentes e produtos de uma reação química, possibilitando aos estudantes analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, o que contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**. Outros conteúdos trabalhados, como a calorimetria, fornecem subsídios para os estudantes avaliarem intervenções de sistemas térmicos, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, contemplando a habilidade **EM13CNT102**.

A compreensão desses conteúdos incentiva os estudantes a argumentar, defender ideias e propor medidas que promovam a consciência socioambiental, o uso sustentável dos recursos e o cuidado com o planeta, além de promover o exercício da curiosidade intelectual para formular e resolver problemas com base nos conhecimentos de diferentes áreas, com empatia e diálogo, contemplando competências gerais e específicas da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias** propostas pela BNCC, que serão destacadas nas orientações página a página.

Abertura da unidade

Páginas 58 e 59

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem das páginas de abertura da unidade contribui com o desenvolvimento das **competências gerais 7** e **10**, pois incentiva os estudantes a refletirem sobre as consequências da interferência humana nos ciclos biogeoquímicos e, consequentemente, leva-os a perceber a importância de um posicionamento que promova o respeito ao planeta e a todos os seres vivos que nele vivem, bem como a pensar em medidas individuais e coletivas sustentáveis em relação a essas atividades. Além disso, a partir do assunto apresentado nessas páginas é possível trabalhar o tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**, incentivando-os a perceber o seu papel na contribuição para a conservação e preservação do ambiente marinho, bem como de todo o planeta.

SALA DOS PROFESSORES

- Se julgar conveniente, inicie o trabalho com as páginas de abertura da unidade na sala de informática para que os estudantes possam buscar informações na internet. Primeiro, pergunte o que eles sabem a respeito do branqueamento dos corais. Caso algum estudante se manifeste, peça a ele que, caso sinta-se à vontade, conte para os colegas o que sabe sobre o tema. Em seguida, acesse com eles as reportagens a seguir sobre o branqueamento de corais no litoral brasileiro.
  - > ESCOBAR, H. Branqueamento ameaça sobrevivência de corais no litoral paulista. *Jornal da USP*, 19 mar. 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/branqueamento-ameaca-sobrevivencia-de-corais-no-litoral-paulista/>. Acesso em: 17 jun. 2020.
  - > CHAMORRO, P. Corais no litoral do Nordeste estão sofrendo branqueamento em massa, alertam pesquisadores. *National Geographic Brasil*, 7 maio 2020. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2020/05/corais-no-litoral-do-nordeste-estao-sofrendo-branqueamento-em-massa-alertam>. Acesso em: 17 jun. 2020.
- Após a leitura das reportagens e do texto introdutório das páginas de abertura, peça aos estudantes que, utilizando a estratégia *turn and talk*, respondam às questões propostas nessas páginas. Veja mais orien-

EM ABERTA

tações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento. Caso os estudantes tenham dificuldade em responder às questões, oriente-os a buscar informações em *sites* confiáveis.

Respostas

A Espera-se que os estudantes respondam que não, pois os corais abrigam diversas espécies que os utilizam como fonte de alimento, como abrigo e proteção ou como local de reprodução. Dessa forma, o branqueamento dos corais representa risco não apenas a esses animais, mas também à diversidade marinha e até terrestre.

B Espera-se que os estudantes respondam que o aumento na concentração de gás carbônico (CO_2) na atmosfera terrestre intensifica o chamado efeito estufa natural, levando ao aumento da temperatura média do planeta e, consequentemente, de suas águas. Essa condição, por sua vez, é a causa do branqueamento dos corais, com a morte das zooxantelas simbiontes que dão cor aos corais.

C Espera-se que os estudantes respondam que sim, pois a queima desses combustíveis libera grande quantidade de gases na atmosfera terrestre, como o gás carbônico. Esses gases, por sua vez, causam a intensificação do efeito estufa, responsável pela elevação da temperatura média do planeta, causando a morte das zooxantelas.

D O objetivo dessa questão é levar os estudantes a refletir sobre a importância das plantas para o ciclo do carbono. Espera-se que eles comentem que as plantas podem absorver parte do gás carbônico presente na atmosfera por meio da fotossíntese, auxiliando a reduzir seus níveis atmosféricos e, consequentemente, os efeitos danosos de sua concentração elevada no ambiente, como a intensificação do efeito estufa natural.

CAPÍTULO 1
Ciclagem de matéria no ambiente

Objetivos

- Relacionar a circulação e a ciclagem dos elementos químicos nos ambientes aos seres vivos e a fenômenos físicos e químicos que ocorrem nesses ambientes.
- Explicar o ciclo biogeoquímico do carbono.
- Explicar o ciclo biogeoquímico do nitrogênio.
- Explicar o ciclo biogeoquímico do oxigênio.
- Explicar o ciclo biogeoquímico do fósforo.
- Explicar o ciclo biogeoquímico do enxofre.
- Discutir a respeito das ações humanas que exercem influência sobre os ciclos biogeoquímicos.
- Engajar-se em atividades que promovam a conservação do ambiente.

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

Páginas 60 e 61

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem desse capítulo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT105**, pois incentiva os estudantes a investigar como ocorre a ciclagem de elementos químicos nos ambientes e a interpretar os efeitos das interferências humanas nesses ciclos.
- O boxe **Trocando ideias** contribui para desenvolver a empatia, trabalhando a **competência geral 9.**

- Ao iniciar o trabalho com esse capítulo, peça aos estudantes que respondam ao questionamento contido no primeiro parágrafo do texto da página **60**. Em seguida, oriente-os a finalizar a leitura desse parágrafo e do próximo e realizar a atividade proposta no boxe **Trocando ideias**.

Página 60

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Refletir sobre o destino dos resíduos descartados pelas pessoas.
- Refletir sobre medidas de consumo consciente que contribuem com a redução da quantidade de resíduos produzidos anualmente pelas pessoas.

Orientações

- Oriente os estudantes a produzir um mini documentário com as informações desse debate, visando conscientizar outras pessoas a respeito do assunto tratado. Oriente-os a divulgar esse documentário entre os familiares e demais membros da comunidade escolar, mencionando atitudes do dia a dia que auxiliam no consumo consciente.

Resposta

- O objetivo dessa questão é que os estudantes reconheçam que não existe um "fora", o que se reflete na grande quantidade de resíduos gerados anualmente no Brasil e no mundo. Nesse sentido, faz-se essencial o consumo consciente, bem como o incentivo de práticas de reutilização e reciclagem. Ao implementar tais medidas, reduz-se a quantidade de resíduos produzidos e descartados, atitude de grande importância para a conservação ambiental e para a saúde dos seres vivos, inclusive seres humanos.

- Questione os estudantes se eles concordam que a Amazônia é o pulmão do mundo. Caso alguns deles digam que sim, que concordam com essa afirmação, esclareça que grande parte do gás oxigênio (O_2) produzido nas florestas pela fotossíntese é consumida na respiração celular vegetal. Desse modo, as florestas não são o principal local de movimentação do gás carbônico (CO_2) e O_2 no planeta. Esse papel é do

MODERNA

fitoplâncton, distribuído nos oceanos e responsável pela produção da maior parte do gás oxigênio da atmosfera terrestre. Assim, apesar de existirem grandes áreas ocupadas por plantas na Terra, os oceanos têm lugar de destaque na manutenção da composição dos gases da atmosfera. Por outro lado, a Floresta Amazônica pode ser considerada um grande filtro, que retém impurezas contribuindo para retirar gás carbônico do ar. Além disso, essa floresta tem grande importância no ciclo da água, pois colabora com o regime de chuvas de diversas regiões por meio da evapotranspiração.

- Enfatize aos estudantes que carbono (C), gás nitrogênio (N_2), gás oxigênio e água (H_2O) são essenciais para a constituição e a sobrevivência dos seres vivos. Tais elementos químicos e moléculas circulam na biosfera e são continuamente transferidos do ambiente para os seres vivos, e vice-versa.
- Algumas partes do ambiente atuam como grandes reservatórios desses elementos químicos e moléculas. Na maioria dos casos, a entrada e a saída desses elementos químicos e moléculas dos seus respectivos reservatórios ocorrem mais lentamente do que a sua transferência para os seres vivos. Os processos geológicos têm grande influência sobre a movimentação dos elementos químicos essenciais para os organismos. Por exemplo, enquanto o intemperismo das rochas adiciona nutrientes a um ecossistema, a erosão e a lixiviação podem removê-los. A ação de decompositores, como as bactérias, também desempenha papel vital para a ciclagem de nutrientes dentro de um ecossistema. O Sol também merece destaque, pois é a energia solar que impulsiona os processos associados à transferência desses elementos químicos entre os diferentes níveis do ambiente.
- Durante a abordagem do ciclo do carbono, solicite aos estudantes que apresentem o produto da reação entre a água e o gás carbônico. Se julgar interessante, apresente a reação completa sem estar balanceada e solicite aos estudantes que realizem o balanceamento dos elementos químicos.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para iniciar esse assunto, questione os estudantes sobre quais são os elementos químicos comuns aos seres vivos. Essa questão resgata o conteúdo sobre composição química das células e favorece sua sistematização com os conteúdos relacionados à ciclagem de nutrientes. Espera-se que os estudantes citem em suas respostas os seguintes componentes: carbono, hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N) e também a água.
- Depois, questione-os sobre como os seres vivos obtêm esses componentes. Pergunte se esses componentes são encontrados na natureza, se estão sempre fixos no mesmo lugar ou se ocorre um movimento deles nos ambientes. Anote os conceitos que os estudantes tiverem maior dificuldade e desenvolva-os detalhadamente durante a abordagem do conteúdo.

BOXE COMPLEMENTAR

BNCC EM DESTAQUE

- Ao trabalhar o conteúdo do **boxe complementar**, aproveite o momento para enfatizar com os estudantes a importância da conservação das florestas para manter a biodiversidade e a qualidade de vida das pessoas. Explique sobre os benefícios ecológicos gerados pelas florestas, como o sequestro de carbono, a retenção de partículas poluidoras, a devolução de água para a atmosfera por meio da evapotranspiração e a influência no clima. Essa abordagem favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT206**, bem como o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**.

- Ao ler esse boxe, enfatize aos estudantes a importância da conservação das florestas e também de se manter as cidades arborizadas. Além disso, leve os estudantes a refletirem sobre o papel de cada indivíduo na redução da emissão de carbono para o ambiente. Explique a eles que todos os cidadãos são responsáveis pela conservação do ambiente, seja por meio de suas atividades diárias ou pela cobrança de mais fiscalizações por parte dos órgãos governamentais em relação às atividades de indústrias e também à coibição a atividades ilegais, como o desmatamento e as queimadas.
- O conceito "sequestro de carbono" foi introduzido no Protocolo de Kyoto, no Japão, em 1997, no qual 141 países firmaram um acordo internacional com a finalidade de conter e reverter o acúmulo de CO_2 na atmosfera terrestre. O Brasil ratificou esse acordo em 2002.

  Esse Protocolo entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005 e, entre 2008 e 2012, 37 países e a Comunidade Europeia comprometeram-se a reduzir uma média de 5% das emissões de gases de efeito estufa em relação aos níveis de 1990. Entre 2013 e 2020 esse mesmo grupo se comprometeu a reduzir pelo menos 18% abaixo dos níveis de 1990, mas cada país negociou a sua própria meta em função da sua capacidade de atingi-la no período estipulado.
- O Brasil não tem grandes obrigações em relação à redução de CO_2 como os países desenvolvidos. Além disso, a nação tem algumas vantagens em relação a muitos países, por exemplo: sua matriz energética é baseada em hidrelétricas, que não necessitam da queima de combustíveis para a geração de energia e não emitem diretamente CO_2 no ambiente. Também tem grandes florestas que contribuem com a retirada do CO_2 atmosférico. No entanto, a maior parte da emissão de gás carbônico no Brasil vem justamente da queima das florestas, especialmente as resultantes das atividades agropecuárias.
- No *site* do *Jornal da USP* você encontra um vídeo com informações sobre o ciclo biogeoquímico do carbono, sobre sequestro de carbono e energia renovável. Disponível em: <https://jornal.usp.br/tv-usp/serie-simplifica-estreia-explicando-ciclo-do-carbono-e-energia-limpa/>. Acesso em: 15 jun. 2020. Se possível, assista ao vídeo com os estudantes e explore-o juntamente com o texto desse boxe.

MODELO

- Para mais informações sobre o Protocolo de Kyoto, acesse o *site Biblioteca virtual de direitos humanos da Universidade de São Paulo* (USP) e leia o artigo intitulado *Protocolo de Quioto à Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - 1997*. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/protocolo-de-quioto-a-convencao-quadro-das-nacoes-unidas-sobre-mudanca-do-clima.html>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- **Veja a seguir a resposta da questão do boxe complementar da página 62.**
  > Esses eventos interferem nos níveis de carbono de diferentes maneiras. Primeiramente, as queimadas emitem grande quantidade de gás carbônico na atmosfera terrestre. Além disso, a remoção das plantas, tanto pelo desmatamento quanto pela queimada, reduz a fixação do carbono por esses seres vivos. A decomposição desses seres vivos também libera carbono, entre outros elementos, ao ambiente. Dessa forma, em todos os casos, há elevação dos níveis de carbono na atmosfera terrestre.

Páginas 63 a 67

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas possibilita aos estudantes analisar os processos naturais de ciclagem da matéria no ambiente, por meio dos ciclos biogeoquímicos, e perceber a sua importância para a manutenção das condições de vida no planeta, o que contribui com o desenvolvimento da **competência específica 1 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e das habilidades **EM13CNT105** e **EM13CNT203**.
- A atividade proposta no boxe **Sala dos professores**, a qual possibilita a integração com os professores da área de **Linguagens e suas Tecnologias**, favorece o trabalho com a **competência geral 6**, pois contribui para a valorização da diversidade de saberes e vivências culturais por meio da pesquisa e socialização de lendas.

- Ao abordar a camada de ozônio, solicite aos estudantes que pesquisem e promovam uma conversa sobre as radiações ultravioletas presente na luz solar, sobre os danos que elas podem causar no corpo humano, e quais hábitos do dia a dia contribuem para evitá-los. Verifique se os estudantes perceberam que a radiação ultravioleta é um tipo de radiação eletromagnética que pode ser do tipo A, B ou C. A radiação UV-C é a mais danosa, sendo completamente absorvida pela camada de ozônio. Tanto a radiação UV-A quanto a UV-B causam danos aos seres vivos, como câncer de pele, envelhecimento precoce e catarata. Grande parte da radiação UV-B é absorvida pela camada de ozônio, sendo os raios UV-A os principais componentes da radiação UV que atinge a superfície terrestre.
- Ao trabalhar a formação do gás ozônio (O_3), comente com os estudantes que embora a camada de ozônio barre a maior parte dos raios ultravioleta, a quantidade dessa radiação que atinge a superfície terrestre pode ser potencialmente prejudicial à saúde. Aproveite para comentar com os estudantes a importância do uso de protetor solar. Esse agente químico dificulta o acesso da radiação às células do tecido epitelial e sua eficiência está intimamente associada ao chamado fator de proteção solar (FPS).
- Para mais informações a respeito do FPS, acesse os *Anais Brasileiros de Dermatologia* v. 86, n. 3, Rio de Janeiro, maio/jun. 2011 e leia o artigo intitulado *Fator de proteção solar: significado e controvérsias*. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/abd/v86n3/v86n3a13.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2020.
- Ao abordar a simbiose entre bactérias fixadoras de nitrogênio e plantas, comente com os estudantes que, na interação ecológica desenvolvida na formação dos nódulos, os microrganismos fornecem o nitrogênio fixado diretamente à planta com a qual se associam, e em troca recebem carboidratos, por exemplo. A associação mais comum observada entre plantas e microrganismos fixadores de nitrogênio ocorre entre plantas da família Leguminosae, como soja, feijão e ervilha, e as bactérias de solo dos gêneros *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Proto-rhyzobium*, *Rhizobium* e *Sinorhyzobium*, coletivamente tratados como rizóbios. Em virtude dessa associação, as leguminosas são amplamente utilizadas na agricultura em rotação de culturas, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as plantas.

SALA DOS PROFESSORES

- Junto ao professor do componente curricular **Geografia**, promova uma atividade em que os estudantes devem pesquisar e debater sobre a relevância da rotação de cultura e outras técnicas que contribuem para diminuir a exaustão e o empobrecimento do solo, como o estímulo à policultura, permacultura, agricultura familiar, trabalhando os aspectos ambientais, sociais, econômicos e culturais.

- Sobre os nódulos nas plantas, leia o trecho do texto a seguir.

> […]
>
> O primeiro estágio no estabelecimento da relação simbionte entre a bactéria fixadora de nitrogênio e seu hospedeiro é a migração da bactéria em direção às raízes da planta hospedeira. Esta migração é uma resposta quimiotática, mediada por atrativos químicos, em especial (iso)flavonoides e betaínas, secretados pelas raízes.
>
> […]
>
> Os dois processos – infecção e organogênese do nódulo – ocorrem simultaneamente durante a formação do nódulo da raiz. Durante o processo de infecção, os rizóbios que estão ligados aos pelos radiculares liberam os fatores Nod, que induzem um pronunciado enrolamento das células do pelo […]. Os rizóbios tornam-se envolvidos por um pequeno compartimento, formado pelo enrolamento.
>
> […]
>
> TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 295-296.

EM MODERNA

SALA DOS PROFESSORES

- Se julgar interessante, ao trabalhar a decomposição da matéria orgânica pelos seres vivos, apresente aos estudantes lendas que se originaram a partir do fenômeno do fogo-fátuo. Esta é uma oportunidade de trabalhar em conjunto com os professores da área de **Linguagens e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Língua Portuguesa**.

  Proponha aos estudantes a seguinte atividade. Com mais dois colegas, realizem uma pesquisa sobre lendas que se originaram a partir do fenômeno do fogo-fátuo. Depois, apresente o resultado da pesquisa aos demais colegas de turma.

METODOLOGIAS ATIVAS

- A atividade proposta na seção **Sala dos professores** pode ser realizada utilizando a estratégia *fishbowl*; veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento. Para isso, organize os estudantes em círculo. O grupo que irá apresentar a lenda deve se posicionar no interior desse círculo formando um círculo menor. Em seguida, o grupo deve iniciar a leitura da lenda e discutir com os colegas do círculo externo sobre o texto lido. Essa dinâmica deve ser repetida até que todos os grupos apresentem seus trabalhos.

Páginas 68 a 72

BNCC EM DESTAQUE

- Auxilie os estudantes na interpretação da imagem e dos textos das páginas **68** e **69**. Discuta cada texto com os estudantes analisando como as ações humanas podem interferir nos ambientes e nos ciclos biogeoquímicos. Essa abordagem favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT105** e das **competências gerais 7** e **10**.
- Ao abordar a emissão de gases pelas termelétricas, incentive os estudantes a refletir sobre os impactos gerados pelas ações humanas e a analisar o custo/benefício da geração de energia nesse tipo de usina. Se possível, promova um debate sobre o assunto, como apresentado a seguir no boxe **Metodologias ativas**. Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT309**.
- O trabalho com o texto da atividade **2** da página **71** possibilita aos estudantes interpretar um texto de divulgação científica, o que contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**.
- A abordagem da atividade **6** da página **72** possibilita o desenvolvimento das **competências gerais 7** e **10**, pois incentiva os estudantes a perceber a importância de tomar decisões comuns e de ter atitudes individuais e coletivas que promovam a consciência socioambiental e o uso sustentável dos recursos naturais. Além disso, essa atividade favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Diversidade cultural**, bem como o desenvolvimento da **competência geral 6**, ao abordar medidas de sustentabilidade usadas pela cultura indígena, incentivando os estudantes a valorizarem a diversidade de saberes e vivências culturais.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Inicie o trabalho dessas páginas explicando aos estudantes que a Terra atua como um grande sistema integrado, onde os seres vivos são capazes de modificar esse sistema. Em seguida, oriente-os, utilizando a estratégia *think-pair-share*, a responder à questão **1** da página **68**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento. Essa atividade possibilita que os estudantes reflitam sobre o tema, elaborem suas respostas e compartilhem suas ideias com os colegas.
- Se achar interessante, aproveite o trabalho com essas páginas e explore com os estudantes o tema **Termelétricas: custo x benefícios**, utilizando a estratégia debate; veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XX** deste suplemento. Para isso, organize a turma em dois grupos. Um deles deve pesquisar em fontes confiáveis informações relacionadas aos benefícios das termelétricas; o outro deve pesquisar informações relacionadas aos prejuízos causados por esse tipo de usina.
- Antes de iniciar o debate, estabeleça regras, como o tempo destinado à apresentação dos argumentos de cada grupo, em qual momento os colegas poderão fazer questionamentos, a ordem em que cada estudante deverá falar. De posse dos dados das pesquisas, cada grupo deve apresentá-los aos demais colegas de classe, defendendo-os. Ao final, a turma deve elaborar uma conclusão coletiva sobre o assunto, avaliando a viabilidade do uso desse tipo de usina.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 71

1. a) **A**: evaporação; **B**: respiração; **C**: transpiração.

No ciclo hidrológico, o vapor de água que atinge as camadas superiores da atmosfera provém da evaporação da água dos rios, lagos, lagoas, mares e oceanos, e da respiração e transpiração dos seres vivos.

b) **D**: autótrofos; **E**: fotossíntese; **F**: gás carbônico.

O carbono é retirado do ambiente por organismos autótrofos que, por meio da fotossíntese, produzem os carboidratos utilizados na respiração celular dos seres vivos como fonte de energia. A degradação de carboidratos na respiração celular libera gás carbônico no ambiente, o qual é novamente assimilado pelos organismos autótrofos.

c) **G**: fixação biológica; **H**: nitrogênio atmosférico; **I**: nitrificação; **J**: denitrificação.

MODERNA

O processo de fixação biológica do nitrogênio é feito por bactérias específicas, que convertem o nitrogênio atmosférico em compostos assimiláveis pelos seres vivos por meio da nitrificação. O nitrogênio fixado nos seres vivos retorna ao ambiente pela denitrificação, processo que converte o nitrato (NO_3^-) em nitrogênio atmosférico.

d) **K**: aeróbicos; **L**: gás ozônio; **M**: radiação ultravioleta.

O gás oxigênio pode ser absorvido da atmosfera por meio de processos aeróbicos, como respiração e decomposição. Esse gás pode se apresentar na forma de gás ozônio, desempenhando importante papel na absorção da radiação ultravioleta.

2. Alternativa **d**. A intensificação do fluxo de pessoas do campo para as cidades faz com que o consumo dos produtos produzidos no campo seja feito em sua maioria em locais distantes de sua produção, como nas cidades. Este fato leva a interferências no ciclo do nitrogênio uma vez que esse elemento não retorna mais ao local de onde foi retirado, como o campo.

3. Alternativa **a**. Durante a respiração, o oxigênio presente no ar é assimilado pelos organismos aeróbicos na forma de gás oxigênio, e o carbono é devolvido para o ambiente na forma de gás carbônico. Durante a fotossíntese, os seres autótrofos assimilam o carbono presente no ar na forma de gás carbônico e o incorporam em moléculas orgânicas como a glicose $(C_6H_{12}O_6)$. Durante esse mesmo processo, também é liberado para o ambiente o oxigênio na forma de gás oxigênio.

4. Alternativa **e**. A combustão de carvão mineral libera, entre outros gases, o dióxido de enxofre (SO_2), o qual, ao se combinar com moléculas de água, forma o ácido sulfúrico (H_2SO_4). Ao entrar em contato com um lago, por exemplo, esse ácido altera o pH da água podendo levar à morte de diversos seres vivos, como peixes.

Página 72

5. **a)** Porque o nitrogênio existente na atmosfera terrestre se encontra na forma de gás nitrogênio, que não pode ser absorvido e utilizado diretamente do ambiente pelas plantas e demais seres vivos.

b) Porque, mesmo sendo abundante na atmosfera, as plantas não conseguem absorver o nitrogênio diretamente, na forma de gás nitrogênio, sendo necessário alguns processos para que elas absorvam esse elemento químico. Muitas vezes, esses processos dependem de alguns fatores para ocorrer.

c) Para que o nitrogênio disponível na atmosfera na forma de gás nitrogênio seja absorvido e utilizado pelos seres vivos, ele precisa ser disponibilizado na natureza de outras formas passíveis de absorção. Essa transformação do gás nitrogênio pode ocorrer por meio da ação de raios solares e pela fixação biológica, a qual envolve diferentes processos, como a amonificação e a nitrificação. O primeiro transforma o nitrogênio orgânico em amônia (NH_3), a qual reage com um H^+ da solução do solo, formando íons amônio (NH_4^+) que podem ser absorvidos pelas plantas. Já o segundo processo envolve a transformação da amônia em nitrito (NO_2^-) e nitrato, que podem ser absorvido pelos organismos.

d) A devolução do nitrogênio fixado nos seres vivos ao ambiente ocorre por meio da ação de microrganismos, os quais transformam o nitrogênio orgânico em gás nitrogênio ou óxido nitroso (N_2O), em um processo conhecido como denitrificação.

6. **a)** Sim, pois as plantas exercem um papel essencial em diferentes ciclos biogeoquímicos, como do carbono, do oxigênio, da água, do fósforo e do nitrogênio. Ao reflorestar, ou seja, cobrir áreas degradadas com plantas, elas ajudam na movimentação desses elementos no ambiente, seja pela fixação e transferência de carbono, fósforo (P) e nitrogênio, seja pela liberação de gás oxigênio e vapor de água, por exemplo.

b) As espécies nativas fazem parte de um ecossistema antigo que já estava em equilíbrio e, por isso, não vão romper com esse equilíbrio. Aliás, elas tendem a restaurá-lo.

c) Do ponto de vista ambiental, a recuperação da área ajuda a manter o equilíbrio daquele ecossistema e as condições adequadas de seus componentes, como o solo, o ar e a água. Além disso, possibilita que as relações ambientais, prejudicadas pela remoção da mata nativa, sejam reestabelecidas, com o retorno de fauna nativa, por exemplo. Já do ponto de vista cultural, a recuperação da área ajuda os indígenas a manter sua cultura e suas tradições, tendo em vista que existe uma íntima relação desses povos com o meio ambiente e seus recursos.

d) Assim como fazem os indígenas, é possível recuperarmos áreas degradadas por meio do plantio de árvores. Isso pode ser realizado em grandes áreas, urbanas ou não, ou por meio de pequenas atitudes, como manutenção de áreas verdes nas cidades ou nas residências, ou evitando a remoção da vegetação.

7. Alternativa **d**. Durante a queima de combustíveis fósseis é liberado na atmosfera gás carbônico. Dessa maneira, o carbono que havia sido fixado na atmosfera por seres vivos no passado, os quais ao longo do tempo deram origem aos combustíveis fósseis, é devolvido à atmosfera durante a combustão. Este evento interfere no ciclo do carbono, uma vez que este elemento químico é devolvido à atmosfera mais rapidamente do que ocorreria em um processo natural.

MODERNA

CAPÍTULO 2
Quantidade de matéria

Objetivos

- Compreender a importância do gás carbônico (CO_2) para o processo de fotossíntese e para a constituição de aminoácidos, proteínas e carboidratos nos vegetais.
- Compreender o uso de cálculos estequiométricos para determinar as quantidades de reagentes e de produtos envolvidos em uma reação química.
- Definir, compreender e aplicar os conceitos de mol e massa molar.
- Balancear equações químicas pelo método de tentativas, de modo que a lei de conservação da massa seja obedecida.
- Executar cálculos estequiométricos relacionando as massas dos reagentes e os produtos de uma reação química.
- Compreender o conceito de volume molar e realizar cálculos estequiométricos envolvendo substâncias gasosas.
- Determinar a fórmula percentual de uma substância.
- Definir e compreender os conceitos de pureza de reagente, rendimento da reação e reagentes em excesso, bem como executar cálculos estequiométricos que envolvam esses conceitos.

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

Páginas 73 a 77

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem da página **73** contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT105**, pois possibilita aos estudantes retomar o ciclo biogeoquímico do carbono.
- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois permite que os estudantes analisem e representem as transformações e conservações em sistemas que envolvem quantidade de matéria, relacionando-as com situações do seu dia a dia.
- A atividade proposta no boxe **Trocando ideias** favorece o desenvolvimento da **competência específica 1 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e das **competências gerais 7**, **9** e **10**, pois possibilita aos estudantes, a partir de dados e informações confiáveis, propor soluções coletivas e individuais para evitar o desperdício de água, promovendo a consciência socioambiental e o uso sustentável desse recurso natural. Além disso, esse assunto favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**.
- O recurso utilizado na atividade **R2** e a questão **5** da página **76** contribuem com o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT105**, pois possibilitam aos estudantes retomar o ciclo biogeoquímico do carbono e refletir sobre as atividades humanas que interferem nesse ciclo. Além disso, essa abordagem contempla a **competência geral 7**, pois incentiva os estudantes a defender ideias e pontos de vista a respeito da importância da conservação dos vegetais no ambiente, promovendo a consciência socioambiental.
- A abordagem da página **76**, a respeito da constante de Avogadro, contribui com o desenvolvimento da **competência geral 1**, pois possibilita aos estudantes valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos.

- Se julgar interessante, inicie a abordagem da página **73** questionando os estudantes se eles já fizeram um bolo ou outro alimento seguindo uma receita. Peça a eles que compartilhem essa experiência com os colegas, comentando se seguiram a receita original e se no final obtiveram um produto igual ao apresentado pela receita. Em seguida, oriente-os a responder às questões propostas no início dessa página.
- Retome com os estudantes o ciclo do carbono, chamando a atenção para a parte do ciclo em que os vegetais absorvem o gás carbônico da atmosfera. Mostre a equação simplificada da fotossíntese apresentada no **Livro do estudante** e explique que a glicose $(C_6H_{12}O_6)$ formada é utilizada como fonte de energia.
- Explique aos estudantes que o elemento químico carbono (C) será usado pelo vegetal como matéria-prima para a síntese de outros compostos que o constituem, como carboidratos, aminoácidos e proteínas.
- Fazendo a analogia com os elos de uma corrente, explique como as moléculas de glicose podem dar origem a um polímero como a celulose $(C_6H_{10}O_5)_n$. Não é necessário usar fórmulas ou apresentar mecanismos de reação neste momento, pois tratam-se de reações mais complexas que não fazem parte dos objetivos desse capítulo. Essas reações serão estudadas ao discutir o conteúdo de polimerização.
- Explique aos estudantes como realizar os cálculos para obter o número necessário de moléculas de gás carbônico para formar uma molécula de celulose. Como apresentado no **Livro do estudante**, divida o cálculo em duas etapas. Apesar de o cálculo ser matematicamente simples, ele pode se tornar complexo para os estudantes por envolver substâncias que eles não visualizam facilmente. Portanto, trabalhe esses cálculos com bastante detalhamento.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- A manutenção das florestas e a prática de reflorestamento em áreas desmatadas são algumas das maneiras de fixar carbono da atmosfera, contribuindo com o controle do aquecimento global. Discuta essa ideia com os estudantes, e peça a eles que façam uma pesquisa sobre formas de fixação de carbono atmosférico. Com as informações dessa pesquisa, promova um debate com a sala para que sejam escolhidas algumas propostas que eles consideram mais relevantes. A partir dessa escolha, organize-os em grupos, atribuindo uma proposta para cada grupo. Eles devem elaborar um material informativo a ser publicado no *site* da escola ou nas redes sociais. Ressalte que é importante que eles transmitam essas informações de modo que o público leigo consiga compreendê-las.

EM MODERNA

Portanto, devem tomar cuidado com o uso de termos técnicos, explicando-os sempre que for necessário. Essa atividade contribui para o desenvolvimento da **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e a **competência geral 5**, pois incentiva os estudantes a propor soluções que consideram demanda global, comunicando-as a públicos variados por meio de tecnologias digitais.

- Para introduzir o conceito de quantidade de matéria, explique aos estudantes sobre a impossibilidade de lidarmos com quantidades pequenas de componentes químicos no mundo macroscópico. Em seguida, comente que o conceito de mol foi formulado com esse objetivo. Verifique se os estudantes conseguem compreender esse conteúdo, pois pode ser abstrato para eles e envolve cálculos com componentes químicos, os quais os estudantes também têm dificuldade para visualizar de forma concreta. Outra dificuldade que surge é o uso de cálculos com potências e números decimais. Portanto, os estudantes podem apresentar, inicialmente, dificuldade para compreender cálculos e proporções aparentemente simples. Dessa maneira, trabalhe cada etapa dos cálculos sempre de forma detalhada. Além disso, incentive-os a escrever as unidades ao elaborar as regras de três, para que saibam exatamente com o que estão lidando em cada caso.
- Apresente a definição de mol e retome a reação da fotossíntese. Mostre então que os coeficientes estequiométricos, que até agora representavam apenas o número de moléculas, podem também representar a grandeza quantidade de matéria, cuja unidade é o mol.
- Explique aos estudantes que em uma reação química o número de átomos de cada elemento químico deve ser conservado. Pode ser útil representar os átomos como esferas para facilitar a visualização. Comente com eles que, apesar de possuir limitações, o modelo atômico de Dalton é suficiente para compreender e visualizar a conservação de átomos em uma reação química.
- O balanceamento de equações químicas, iniciado na página **74**, contribui para desenvolver o pensamento computacional. Em cada atividade relacionada a esse assunto, incentive os estudantes a decompor os procedimentos em etapas, procurando identificar as semelhanças entre os exemplos. Ao abordar o primeiro exemplo, na página **74**, escreva na lousa a reação de síntese da água (H_2O), exemplificada no **Livro do estudante**, para que os estudantes verifiquem que não há conservação dos átomos. Ao observar os átomos representados, eles poderão perceber que não houve conservação. Diga que novas moléculas podem ser adicionadas para que o número de átomos seja igualado nos reagentes e produtos. Adicione uma molécula de água na reação descrita na lousa e mostre que agora, apesar de ocorrer a conservação dos átomos de oxigênio (O), não ocorre mais a conservação dos átomos de hidrogênio (H). Adicione mais uma molécula do gás hidrogênio (H_2) e mostre que, agora, ocorre a conservação dos átomos de todos os elementos químicos. Explique que, para representar essas moléculas adicionadas, são escritos números na frente das fórmulas na equação química. Esses números são chamados coeficientes estequiométricos. Ao final, se julgar conveniente, sugira aos estudantes que elaborem um esquema para representar, de forma genérica, o método de tentativas e erros. Eles poderão usar esse esquema para balancear diversas equações químicas.
- Os estudantes costumam apresentar dúvidas sobre a adição de moléculas para efetuar o balanceamento; por essa razão, explique a eles que é permitido adicionar o número de moléculas que for necessário, e que isso será representado depois pelos coeficientes estequiométricos, o que não acarretará nenhum erro. Ressalte que os átomos só podem ser adicionados unitariamente se um dos participantes da reação for um átomo isolado.

Página 74

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Refletir sobre a possibilidade de produzir água a partir da reação representada.
- Propor medidas que contribuam com o uso consciente da água.

Orientações

- Organize a turma em duplas e oriente os estudantes a pesquisar a possibilidade de produzir água a partir da reação mostrada no texto e a conversar a respeito disso. Em seguida, oriente-os a ilustrar em uma folha sulfite uma das medidas propostas por eles para evitar o desperdício de água. Ao final, junte as ilustrações e coloque no mural da escola para que os estudantes de outros anos tenham acesso a essas informações.

Resposta

- Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é que os estudantes realizem pesquisas em fontes confiáveis e façam uma síntese das informações que obtiveram a respeito da possibilidade da produção de água a partir da reação apresentada a eles. Essa atividade incentiva-os a refletir sobre as atitudes que contribuem com o uso consciente da água, por exemplo, desligar o chuveiro enquanto ensaboa o corpo, desligar a torneira enquanto escova os dentes e observar se não há vazamentos de água em canos e registros. Além disso, essa atividade incentiva os estudantes a colocar em prática essas atitudes em sua residência.

- Comente com os estudantes que, apesar da quantidade de matéria em mol permitir que façamos cálculos com quantidades reais, em uma indústria ou laboratório as quantidades são medidas com o uso de balanças. Portanto, é necessário obter a equivalência entre a quantidade de matéria e a massa do material.
- Retome os conceitos de massa atômica e massa molecular, mostrando como é calculada a massa molecular para algumas substâncias como a água e a glicose.

EM OBRA

- Faça o cálculo para o gás carbônico, acompanhando a explicação do **Livro do estudante**. Use esse exemplo para, em seguida, definir o conceito de massa molar. Mostre que a massa molar pode ser calculada não apenas para moléculas. Dê exemplos de como é obtida a massa molar de átomos e íons, e como ela pode ser calculada para compostos iônicos.
- Explique aos estudantes que eles sempre devem usar a relação de equivalência entre 1 mol de uma substância e o valor da sua massa molar em gramas. É comum que eles apresentem dúvidas quanto ao fato de que 1 mol não possui sempre a mesma massa. Dê um exemplo do dia a dia para solucionar essa dúvida. Você pode, por exemplo, explicar que uma dúzia de laranjas não tem a mesma massa do que uma dúzia de melancias, apesar de ambas terem 12 unidades. Da mesma forma, 1 mol de laranjas não tem a mesma massa que 1 mol de melancias, embora ambas tenham o mesmo número de unidades $(6{,}02 \cdot 10^{23})$. Com os elementos químicos acontece a mesma coisa, pois, observando suas massas atômicas, verificamos que podem ser diferentes entre si.
- Use o exemplo da reação da fotossíntese para calcular juntamente com os estudantes as massas molares das substâncias envolvidas. Explique que, em uma reação química, as massas molares devem ser multiplicadas pelos coeficientes estequiométricos para obter a massa total de cada participante.
- Explique que, ao modificar qualquer uma dessas massas, as demais serão modificadas na mesma proporção, lembrando que essa é a lei de Proust.
- Resolva na lousa as atividades exemplificadas nas páginas **76** e **77**. Lembre-se de fazer os cálculos passo a passo, tirando as dúvidas que forem surgindo em cada etapa.
- Explique para os estudantes o que é a constante de Avogadro e o conceito de volume molar.
- Ao realizar o cálculo que permite obter o volume molar de um gás a 0 °C e 1 atm (CNTP), usando a equação de Clapeyron, explique para os estudantes que, geralmente, esse valor é dado nas questões e que será necessário calcular o volume molar apenas quando for tratado um caso fora das CNTP.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Organize a turma em duplas e proponha que os estudantes calculem a quantidade de gás carbônico, em gramas, que é retirada da atmosfera para um vegetal armazenar 1 kg de glicose. Peça também que eles calculem quantos litros de gás oxigênio (O_2) são liberados para a atmosfera nesse processo.

- Apresente para os estudantes as definições de fórmula mínima e fórmula porcentual. Resolva na lousa o exemplo apresentado na página **77** para calcular a fórmula porcentual da glicose.
- Um exemplo interessante para ser discutido com a turma sobre a porcentagem dos constituintes de um material é o sal de cozinha (cloreto de sódio (NaCl)). As recomendações médicas dizem que um adulto deve consumir no máximo dois gramas de sódio por dia. É muito comum as pessoas confundirem esse valor com a quantidade total de sal ingerida. Faça o cálculo com os estudantes para mostrar quanto sal de cozinha uma pessoa pode ingerir para esse limite de sódio. Considere que o sal de cozinha é formado apenas por cloreto de sódio.

Páginas 79 a 83

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois incentiva os estudantes a analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvem quantidade de matéria, relacionando-as com as situações cotidianas.
- A abordagem das páginas **79** e **80** contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT105**, pois possibilita aos estudantes retomar os ciclos biogeoquímicos, neste caso, o ciclo do nitrogênio, bem como analisar a interferência humana sobre esse ciclo.
- A abordagem do boxe **Trocando ideias** da página **80** favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Ciências e tecnologia**, pois apresenta aos estudantes a possibilidade do uso de células de hidrogênio para obter energia elétrica, além de possibilitar o trabalho com a **competência geral 9**.
- O trabalho com a seção **Investigue** contribui para o desenvolvimento das **competências gerais 2** e **9**, pois incentiva os estudantes a exercitar a curiosidade intelectual, a investigar causas e elaborar hipóteses e a desenvolver experimentos, exercitando a empatia, o diálogo e a cooperação, atitudes essenciais para o trabalho em grupo.

- Inicie a aula sobre o rendimento das reações químicas retomando o ciclo do nitrogênio com os estudantes. Mostre a importância do elemento químico nitrogênio (N) para a constituição dos seres vivos e explique que o nitrogênio atmosférico não é absorvido diretamente.
- Concentre-se então na parte do ciclo do nitrogênio que mostra a fixação desse elemento químico no solo. Explique que os fertilizantes nitrogenados são usados para aumentar a quantidade de nitrogênio disponível no solo para as plantas.

SALA DOS PROFESSORES

- Ao comentar o processo Haber-Bosch para a produção de amônia (NH_3), pode-se desenvolver um trabalho em conjunto com os professores da área de **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, preferencialmente, dos componentes curriculares **História** e **Geografia**. O desenvolvimento desse processo foi motivado pela impossibilidade de a Alemanha obter salitre do Chile (nitrato de sódio $(NaNO_3)$) durante a Primeira Guerra Mundial. Esse trabalho favorece o desenvolvimento da **competência específica 1 de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, pois incentiva os estudantes a analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais no âmbito mundial ocorridos no passado.

MODELO

- Explique aos estudantes que, até agora, consideramos que as reações para as quais fizemos os cálculos estequiométricos tinham rendimento total. No entanto, isso não ocorre em situações reais. Em uma indústria, por exemplo, ter conhecimento do rendimento da reação é imprescindível para o planejamento da produção.
- Resolva na lousa o primeiro exemplo apresentado no **Livro do estudante** e mostre que os cálculos seguem o mesmo procedimento feito até agora, e no final calcula-se a quantidade real de produto utilizando o rendimento dado.
- Em seguida, resolva com os estudantes o primeiro exemplo apresentado na página **80**. Comente que esse tipo de procedimento geralmente é realizado em laboratório, em uma escala menor, quando estão sendo testadas as condições de reação a fim de otimizá-las. Os cálculos relacionados a esse exemplo permitem desenvolver o **pensamento computacional**. Incentive os estudantes a analisar a situação por partes, inicialmente identificando a equação balanceada do processo de produção de amônia. Em seguida, leve-os a perceber que podem obter o valor máximo de rendimento da reação e, depois, calcular o rendimento no caso específico da situação descrita no problema. Para finalizar, solicite aos estudantes que sintetizem os procedimentos que realizaram para obter o rendimento da reação química de produção de amônia, nas condições propostas na situação.
- Retome a reação de produção da amônia pelo processo Haber-Bosch e comente com os estudantes que se verificou, experimentalmente, que adicionar um dos reagentes acima da proporção estequiométrica aumentava o rendimento da reação. Neste caso, como o gás nitrogênio (N_2) é obtido do ar, apresentando custo muito menor do que o gás hidrogênio, a reação é feita com excesso de gás nitrogênio.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Se julgar interessante, ao iniciar a abordagem sobre o excesso de reagente, na página **80**, peça aos estudantes que respondam às questões propostas a seguir.

1. Uma lanchonete prepara cada misto-quente com os seguintes ingredientes: duas fatias de pão de fôrma, uma fatia de presunto e uma fatia de queijo. Antes de iniciar a produção de sanduíches, o gerente da lanchonete verificou a quantidade de ingredientes disponíveis: 70 fatias de pão de fôrma, 27 fatias de presunto e 18 fatias de queijo. Utilize a seguinte equação a seguir e responda às questões.

2 fatias de pão + 1 fatia de presunto + 1 fatia de queijo = 1 misto-quente

a) Qual ingrediente limitou a produção dos mistos-quentes?

Espera-se que os estudantes percebam que a quantidade de fatias de queijo limita a produção de misto-quente.

b) Quais ingredientes sobraram?

Como serão utilizadas 36 fatias de pão e 18 fatias de presunto, sobraram 34 fatias de pão e 9 fatias de presunto.

- Antes de resolver exemplos usando reações químicas, proponha a resolução da seguinte questão: quantas bicicletas podem ser montadas dispondo de oito quadros e dezoito rodas? Os estudantes concluirão que podem ser montadas oito bicicletas e que sobrarão duas rodas. Explique para os estudantes que, se fizéssemos uma analogia com as reações químicas, os quadros seriam o reagente limitante, que é consumido completamente, e as rodas seriam o reagente em excesso.

Página 80

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Debater sobre o uso das células de hidrogênio para obter energia elétrica.
- Refletir sobre a possibilidade do uso das células de hidrogênio em larga escala.

Orientações

- Amplie a conversa e envolva toda a turma na produção de um *podcast* a respeito da possibilidade de uso de células de hidrogênio para obtenção de energia elétrica.
- Oriente os estudantes a divulgar o *podcast* no *site* da escola ou em suas redes sociais. Alerte-os sobre a importância de utilizar uma linguagem clara e acessível ao público-alvo. Essa estratégia aproxima o conteúdo científico do universo da **cultura juvenil**.

Resposta

- Espera-se que os estudantes citem o uso em veículos como carros, caminhões e ônibus, maquinários como empilhadeiras, pequenos geradores elétricos que podem atender a indústrias e residências, entre outras aplicações. Entre as principais dificuldades para uso em larga escala estão a obtenção do hidrogênio de forma eficaz, o transporte e a distribuição desse combustível.

- O exemplo apresentado na página **81**, em que são dadas as massas dos dois reagentes fora da proporção estequiométrica, é o caso mais complexo a ser estudado nos cálculos estequiométricos. Esse exemplo contribui para desenvolver o **pensamento computacional**. Incentive os estudantes a perceber que o primeiro passo é descobrir qual dos reagentes está em excesso. É comum que eles pensem que a maior massa sempre é a do reagente em excesso. Explique então que isso não é válido, pois os reagentes não apresentam sempre a mesma massa. Deve-se então descobrir qual é o reagente em excesso por meio de cálculos.
- Resolva essa atividade na lousa. Para isso, comece mostrando qual é a proporção estequiométrica entre os reagentes. Em seguida, explique que para obedecer a essa proporção a quantidade de gás oxigênio deve ser sempre igual a oito vezes a quantidade de gás hidrogênio. Neste momento, é possível concluir que o gás hidrogênio está em excesso. Explique aos estudantes que os cálculos podem ser feitos de duas formas: utilizando apenas o reagente limitante ou subtraindo o valor do excesso no reagente em excesso, sabendo que usar o reagente limitante é mais simples. Siga então com a resolução, mostrando aos estudantes que, após

MODERNA

definir os reagentes limitantes e em excesso, a resolução do problema é semelhante aos casos já estudados. Essa atividade também é uma oportunidade de incentivar os estudantes a desenvolver o **pensamento computacional**.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Use a estratégia sala de aula invertida para trabalhar o tema de pureza dos reagentes, abordado na página **81**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XIX** deste suplemento. Oriente os estudantes a pesquisar sobre a produção de aço a partir do minério de ferro e sobre as características dos minérios produzidos no Brasil. Eles também devem pesquisar a reação de produção de ferro (Fe), a partir do seu óxido (óxido de ferro(III) Fe_2O_3), que ocorre nas siderúrgicas.

- Inicie a aula com uma conversa com os estudantes sobre o resultado que eles obtiveram com suas pesquisas. Peça que verifiquem se a reação de produção do ferro pesquisada é a mesma que está no **Livro do estudante**.
- Resolva na lousa a atividade **R4** da página **82**. Discuta com a turma se é possível notar alguma semelhança entre esse tipo de problema e aqueles que envolvem o rendimento da reação. Espera-se que eles percebam que, ao retirar as impurezas do reagente, é feito um cálculo semelhante àquele realizado para obter a quantidade de produto utilizando o rendimento.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Se julgar interessante, resolva a atividade a seguir com os estudantes. Essa atividade aborda um procedimento que consiste em medir a quantidade obtida de um produto e a partir dela calcular qual é a pureza do reagente utilizado. Veja o exemplo.

1. Um químico precisava determinar a pureza de uma amostra de 9 g de alumínio (Al). Para isso, fez essa amostra reagir com ácido clorídrico (HCl) em excesso, de acordo com a reação a seguir:

$$2\,Al(s) + 6\,HCl(aq) \longrightarrow 2\,AlCl_3(s) + 3\,H_2(g)$$

Foram obtidos 10 L de gás hidrogênio a 0 °C e 1 atm (CNTP). Qual é a pureza do alumínio?

Resolução: a partir do volume de H_2 nas CNTP podemos calcular qual é a quantidade de alumínio que efetivamente reagiu. Lembrando que o volume molar nas CNTP é de 22,4 L/mol, podemos montar o cálculo estequiométrico usando também a massa molar do alumínio:

$$54\text{ g Al} \text{ ———— } 67{,}2\text{ L } H_2$$
$$x \text{ ———— } 10\text{ L } H_2$$
$$x \simeq 8{,}0\text{ g de Al}$$

Assim, dos 9 g presentes na amostra, aproximadamente 8 g reagiram efetivamente. Para calcular o grau de pureza, basta considerarmos que 9 g representam o total da amostra, ou seja, 100%.

$$9\text{ g Al} \text{ ———— } 100\%\text{ de pureza}$$
$$8\text{ g Al} \text{ ———— } x$$
$$x \simeq 88{,}9\%\text{ de pureza}$$

Logo, a amostra apresenta uma pureza de aproximadamente 88,9%.

Página 82

TROCANDO IDEIAS

Objetivo

- Compreender a importância do uso de materiais que apresentam alto grau de pureza para a fabricação de medicamentos.

Orientações

- Solicite aos estudantes que formem duplas para realizar a atividade. Oriente-os a anotar à que conclusão chegaram juntos. Peça que, voluntariamente, algumas duplas leiam suas respostas para os colegas.
- Aproveite o momento e converse com os estudantes a respeito da importância do uso de equipamentos de proteção individuais (EPIs) pelos profissionais da indústria farmacêutica, bem como outros profissionais que atuam em áreas que oferecem risco. Diga que os EPIs protegem esses profissionais de riscos biológicos, físicos e químicos. É importante o uso de equipamentos que protejam a face, como os óculos de segurança, cobrindo os olhos contra possíveis lesões por partículas de vidro e respingo de produtos químicos; os membros superiores, como as luvas, protegendo a pele das mãos contra o contato com produtos químicos corrosivos e tóxicos, bem como agentes biológicos; os membros inferiores, com calçados impermeáveis; o tronco, com aventais e jalecos, protegendo-se contra riscos radioativos, por exemplo. Outro equipamento essencial nessa situação é o uso de máscara com filtro contra a aspiração de substâncias tóxicas. Comente também que alguns EPIs evitam contaminações nas amostas, o que é importante, por exemplo, na indústria farmacêutica.
- Para a segurança dos profissionais de áreas de risco, os EPIs devem possuir o Certificado de Autorização concedido pelo Ministério do Trabalho e Emprego.
- Comente com os estudantes que o farmacêutico pode trabalhar em várias linhas de atuação, por exemplo, na indústria farmacêutica, de alimentos e de cosméticos, em hospitais e em laboratórios de análises clínicas e toxicológicas. Comente também que na indústria farmacêutica existem diversos setores como controle de qualidade, *marketing* e vendas técnicas especializadas, em que atuam diferentes profissionais. Esse assunto favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Trabalho**, e também contribui com o desenvolvimento da **competência geral 6**, pois incentiva os estudantes a valorizar a diversidade de saberes, bem como a apropriar-se do conhecimento e da experiência que os auxiliem a fazer escolhas relacionadas ao seu projeto de vida, como a profissão de seu interesse.

EM OBRA

Resposta

- Espera-se que, durante a conversa, os estudantes comentem que a presença de impurezas nos materiais usados na fabricação dos medicamentos pode resultar na atuação ineficaz dos princípios ativos do medicamento ou, até mesmo, trazer riscos à saúde do paciente que as ingeriu.

Página 83

INVESTIGUE

Objetivos

- Compreender a estequiometria das reações químicas.
- Determinar a massa de dióxido de carbono, produzida pela decomposição de certa quantidade de hidrogenocarbonato de sódio ($NaHCO_3$).
- Prever a quantidade de matéria produzida ao final de uma reação química com base na quantidade de matéria dos reagentes utilizados.
- Analisar a influência da quantidade limitante dos reagentes durante uma reação química.

Orientações

- Explique aos estudantes que a frase "nada se perde, nada se cria, tudo se transforma" é uma citação apócrifa do químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), pois ela simplifica a ideia de um excerto presente em seu livro *Tratado Elementar de Química*, de 1789, no qual ele escreve que a quantidade de material antes e depois de uma transformação química permanece a mesma, e que o estado final é apenas uma recombinação do estado inicial.
- Incentive os estudantes a discutir sobre as questões sugeridas na **Contextualização**. Verifique se eles compreenderam o conceito de conservação da massa durante uma reação química em um sistema fechado.

Respostas das questões de contextualização

a) O sistema fechado é aquele que não permite a troca de matéria com a vizinhança, mas permite a troca de energia.

b) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que a partir da análise da fórmula química e da quantidade de matéria dos reagentes é possível prever a ocorrência da reação e os produtos que serão formados.

- Essa atividade proporciona uma oportunidade para desenvolver o **pensamento computacional** dos estudantes. Oriente-os para que analisem o problema buscando decompô-lo em etapas, a fim de facilitar a busca de soluções. As questões de **Orientação** presentes na página do **Livro do estudante** os auxiliam nessa decomposição.
- Nesta investigação, será possível observar a conservação da massa durante uma reação química em um sistema fechado.
- Caso julgue necessário, comente com os estudantes que o hidrogenocarbonato de sódio é vendido como bicarbonato de sódio, e o ácido etanoico ($C_2H_4O_2$), presente no vinagre, é conhecido comercialmente como ácido acético.
- Incentive-os a anotar todas as observações e dúvidas que surgirem no decorrer da realização da investigação, para que elas possam ser pesquisadas e respondidas posteriormente.
- Veja a seguir uma sugestão de experimento que pode ser utilizado para a análise da conservação da massa durante uma reação química.

Materiais

- 5 g de hidrogenocarbonato de sódio
- 90 mL de vinagre comercial
- garrafa PET de 600 mL
- balão de festa
- balança
- colher
- funil

Procedimentos

a) Coloque 90 mL de vinagre na garrafa PET.

b) Pese 5 g de hidrogenocarbonato de sódio e, com auxílio do funil, transfira-o para o balão de festa.

c) Acople o balão no gargalo da garrafa PET de modo que o material sólido não entre na garrafa.

d) Coloque a montagem sobre a balança e realize a tara.

e) Despeje o conteúdo do balão no interior da garrafa e observe o que acontece.

f) Após alguns segundos, veja se houve alteração na massa indicada no visor da balança.

- Durante a execução da proposta de investigação, sugerimos ao professor que continue atuando como orientador, incentivando os estudantes a encontrarem soluções para os problemas e dúvidas que apareçam.
- Auxilie-os nos materiais de pesquisa que podem ser utilizados como referenciais teóricos.

Respostas para as questões

1. A formação do gás dióxido de carbono (CO_2).

2. $C_2H_4O_2(aq) + NaHCO_3(s) \longrightarrow$
$\longrightarrow C_2H_3NaO_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

3. $84\ g\ NaHCO_3$ ——— $44\ g\ CO_2$

$5\ g\ NaHCO_3$ ——— m

$m \simeq 2{,}62\ g\ de\ CO_2$

$44\ g\ CO_2$ ——— $1\ mol\ CO_2$

$2{,}62\ g\ CO_2$ ——— n

$n \simeq 0{,}06\ mol\ de\ CO_2$

$1\ mol\ CO_2$ ——— $22{,}4\ L\ CO_2$

$0{,}06\ mol\ CO_2$ ——— V

$V \simeq 1{,}34\ L\ de\ CO_2$

MODERNA

4. 84 g $NaHCO_3$ ——— 4 g CO_2
10 g $NaHCO_3$ ——— m
$m \simeq 5{,}24$ g de CO_2

44 g CO_2 ——— 1 mol CO_2
5,24 g CO_2 ——— n
$n \simeq 0{,}12$ mol de CO_2

1 mol CO_2 ——— 22,4 L CO_2
0,12 mol CO_2 ——— V
$V \simeq 2{,}69$ L de CO_2

5. Espera-se que os estudantes respondam que houve a conservação da massa, pois a reação química ocorreu em um sistema fechado, logo a massa antes da reação foi a mesma que a massa após a reação. Caso a reação tivesse ocorrido em um sistema aberto, parte do dióxido de carbono produzido iria para a vizinhança, ocasionando uma redução da massa final do sistema.

Destino dos resíduos

- As soluções obtidas após a reação química podem ser descartadas na pia, as garrafas plásticas podem ser limpas e descartadas em coletores recicláveis, os balões de festa podem ser descartados no lixo comum.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 75

4. Auxilie os estudantes a balancear a reação global da fotossíntese. Para isso, escreva na lousa a reação da fotossíntese não balanceada.

$$CO_2(g) + H_2O(l) \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6(aq) + O_2(g)$$

- Nessa reação, se tentarmos iniciar o balanceamento pelo elemento oxigênio, teremos mais dificuldade, pois ele aparece em todas as fórmulas. Seguindo o procedimento sugerido, podemos iniciar o balanceamento pelo elemento carbono ou pelo elemento hidrogênio, pois cada um deles está presente em apenas uma fórmula nos reagentes e em uma fórmula nos produtos. Vamos então escolher o carbono.
- O reagente que contém carbono é o CO_2, que apresenta apenas um átomo deste elemento. O produto que contém carbono é a glicose, com seis átomos desse elemento. Portanto, para fazer o balanceamento, devemos colocar o número seis na frente da fórmula do dióxido de carbono:

$$6\,CO_2(g) + H_2O(l) \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6(aq) + O_2(g)$$

- Agora, balancearemos o elemento hidrogênio. A água possui dois átomos de hidrogênio, enquanto a glicose tem doze átomos desse elemento. Portanto, são necessárias seis moléculas de água para que se tenha doze átomos de hidrogênio nos reagentes:

$$6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6(aq) + O_2(g)$$

- Agora, resta apenas balancear o elemento oxigênio. Nas outras fórmulas, que já foram balanceadas, os coeficientes não devem mais ser modificados. Contando os átomos de oxigênio nos reagentes, temos doze átomos em seis moléculas de CO_2 e seis átomos em seis moléculas de H_2O. No total, são dezoito átomos de oxigênio.
- A glicose já foi balanceada quando acertamos os coeficientes para o carbono e o hidrogênio. Portanto, dos dezoito átomos de oxigênio que precisamos nos produtos, seis átomos estão na molécula de glicose. Faltam doze átomos, que devem vir do gás oxigênio. Como cada molécula de gás oxigênio tem dois átomos, são necessárias seis moléculas para obter os doze átomos:

$$6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6(aq) + 6\,O_2(g)$$

Essa então é a reação global da fotossíntese balanceada.

Página 77

6. Inicialmente, devemos calcular a massa molar do carbonato de cálcio $(CaCO_3)$. De acordo com a tabela periódica, as massas atômicas aproximadas são: Ca = 40 u, C = 12 u e O = 16 u.

$$M_{CaCO_3} = (40) \cdot 1 + (12) \cdot 1 + (16) \cdot 3 = 100 \therefore$$

$$\therefore M_{CaCO_3} = 100\text{g/mol}$$

Agora é possível calcular a quantidade de mols existente em 450 g de carbonato de cálcio.

1 mol $CaCO_3$ ——— 100 g $CaCO_3$
x ——— 450 g $CaCO_3$

$x = 4{,}5$ mol de $CaCO_3$

A proporção entre o carbonato de cálcio e o dióxido de carbono é 1 : 1, logo, 4,5 mol de $CaCO_3$ produz 4,5 mol de CO_2. A 0 °C e 1 atm, o volume de 1 mol de qualquer gás é 22,4 L. Assim:

1 mol CO_2 ——— 22,4 L CO_2
4,5 mol CO_2 ——— x

$x = 100{,}8$ L de CO_2

Dessa forma, segundo a equação da reação química de pirólise do carbonato de cálcio, 450 g de carbonato de cálcio integralmente decompostos produzem, a 0 °C e 1 atm, 100,8 L de dióxido de carbono. Nessas condições, o seu volume é 100,8 dm^3.

Página 78

3. É formado no máximo 372,5 g de KCl. A reação balanceada é $2\,KClO_3(s) \longrightarrow 2\,KCl(s) + 3\,O_2(g)$. Assim é possível identificar a relação estequiométrica referente ao cálculo no qual 2 mol de $KClO_3$ produzem 2 mol de KCl. Podemos considerar que a relação entre as duas substâncias é de 1:1, ou seja, para cada 1 mol de clorato de potássio $(KClO_3)$, obtém-se 1 mol de cloreto de potássio (KCl). Consultando a tabela, sabe-se que $M_{KCl} = 74{,}5$ g/mol. Logo:

1 mol KCl ——— 74,5 g KCl
5 mol KCl ——— x
$x = 372{,}5$ g de KCl

MODERNA

4. **a)** $SO_2 = (32) \cdot 1 + (16) \cdot 2 = 64$ u

b) Se a massa molecular do SO_2 é 64 u, sua massa molar é 64 g/mol.

c) A quantidade de matéria da amostra é 4 mol de SO_2.

$$1 \text{ mol } SO_2 \text{ ———— } 64 \text{ g } SO_2$$

$$x \text{ ———— } 256 \text{ g } SO_2$$

$$x = 4 \text{ mol de } SO_2$$

d) O volume dessa amostra será 89,6 L de SO_2.

$$1 \text{ mol } SO_2 \text{ ———— } 22{,}4 \text{ L } SO_2$$

$$4 \text{ mol } SO_2 \text{ ———— } x$$

$$x = 89{,}6 \text{ L de } SO_2$$

5. Alternativa **a**. Como o *diesel* pode ser caracterizado pela fórmula mínima C_nH_{2n}, a reação genérica de combustão do diesel seria:

$$C_nH_{2n} + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$$

Considerando $n = 2$ e balanceando os componentes da reação temos:

$$C_2H_4(g) + 3\,O_2(g) \longrightarrow 2\,CO_2(g) + 2\,H_2O(l)$$

A relação estequiométrica entre C_2H_4 e CO_2 é 1:2 e suas massas molares são, respectivamente, $M_{C_2H_4} = 28$ g/mol e $M_{CO_2} = 44$ g/mol. Logo:

$$28 \text{ g } C_2H_4 \text{ ———— } 88 \text{ g } CO_2$$

$$x \text{ ———— } 11 \cdot 10^6 \text{ t } CO_2$$

$$x = 3{,}5 \cdot 10^6 \text{ t de } C_2H_4$$

O biodiesel substituiu aproximadamente 3,5 milhões de toneladas de *diesel*.

6. Alternativa **II**. É possível observar que 87,5 g de nitrogênio possui 6,25 mol e 12,5 g de hidrogênio possui 12,5 mol de hidrogênio. Sendo assim, a proporção de matéria entre os dois é 6,25 : 12,5 ou 1 : 2.

Página 84

1. Primeiramente, espera-se que o estudante identifique o gás nitrogênio como reagente limitante e o gás hidrogênio como o reagente em excesso. Em seguida, ele deve perceber na reação química que a proporção de 1 volume de gás nitrogênio é igual a 2 volumes de amônia, concluindo assim que podem ser produzidos 22,4 m^3 de gás nitrogênio.

2. **a)**

$$24 \text{ quilates } \text{———— } 100\% \text{ Au}$$

$$18 \text{ quilates } \text{———— } x$$

$$x = 75\,\% \text{ de Au}$$

Assim, 18 quilates apresentam 75% de ouro (Au).

b) $x = 1{,}5 \cdot \frac{75}{100} = 1{,}125 \therefore x = 1{,}125$ g de Au

O anel possui 1,125 g de ouro. Consultando a tabela periódica, a massa atômica do ouro é de aproximadamente 197 g/mol.

$$1 \text{ mol Au } \text{———— } 197 \text{ g Au}$$

$$x \text{ ———— } 1{,}125 \text{ g Au}$$

$$x \simeq 5{,}711 \cdot 10^{-3} \text{ mol de Au}$$

O anel possui aproximadamente $5{,}711 \cdot 10^{-3}$ mol de ouro.

3. Considerando as proporções mostradas na reação, obtém-se:

$$72 \text{ g FeO } \text{———— } 56 \text{ g Fe}$$

$$576 \text{ t FeO } \text{———— } x$$

$$x = 448 \text{ t de Fe}$$

Como o rendimento da reação é de 75%, tem-se:

$$x = 448 \cdot \frac{75}{100} = 336 \therefore x = 336 \text{ t de Fe}$$

A massa de ferro obtida é 336 t.

4. 1 mol de Fe_2O_3 produz 2 mol de Fe, logo:

$$160 \text{ g } Fe_2O_3 \text{ ———— } 112 \text{ g Fe}$$

$$x \text{ ———— } 280 \text{ t Fe}$$

$$x = 400 \text{ t de } Fe_2O_3$$

Como a hematita apresenta 80% de Fe_2O_3, temos:

$$100\% \text{ hematita } \text{———— } 80\% \text{ } Fe_2O_3$$

$$x \text{ ———— } 400 \text{ t } Fe_2O_3$$

$$x = 500 \text{ t de hematita}$$

A massa mínima de hematita é de 500 toneladas.

6. Alternativa **d**. A reação mostra que para neutralizar 10 000 toneladas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) são necessárias 10 000 toneladas de carbonato de cálcio $(CaCO_3)$ puro. O calcário contém 80% de carbonato de cálcio.

$$10\,000 \text{ t calcário } \text{———— } 80\% \text{ } CaCO_3$$

$$x \text{ ———— } 100\% \text{ } CaCO_3$$

$$x = 12\,500 \text{ t de calcário}$$

$$1 \text{ caminhão } \text{———— } 30 \text{ t}$$

$$y \text{ ———— } 12\,500 \text{ t}$$

$$y \simeq 417 \text{ caminhões}$$

O número de caminhões seria próximo de 400.

MODERNA

CAPÍTULO 3
Introdução à calorimetria

Objetivos

- Conceituar calor e temperatura.
- Analisar o processo de transferência de calor entre corpos de diferentes temperaturas.
- Caracterizar as diferentes escalas de temperatura e os métodos para conversão entre elas.
- Identificar os efeitos da troca de calor, ou seja, grandezas que variam proporcionalmente com a temperatura.
- Diferenciar o processo de dilatação em sólidos, líquidos e gases.
- Identificar variáveis que influenciam na quantidade de calor absorvida pelos objetos.

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

Páginas 85 a 87

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e da habilidade **EM13CNT309**, possibilitando que o estudante perceba a relação entre a utilização dos combustíveis fósseis e o aumento do efeito estufa, bem como reconheça como isso impacta diretamente nas mudanças climáticas globais. Essa abordagem também permite trabalhar o tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**.

- Inicie o trabalho com a página **85** solicitando aos estudantes que se revezem ao ler, em voz alta, o trecho do texto das Nações Unidas, explorando o texto e as questões, de modo que os estudantes percebam a relação entre a queima dos combustíveis fósseis e o consequente aumento do efeito estufa causado pela emissão de gases que contribuem para esse fenômeno, como o dióxido de carbono (CO_2). Explique que ações individuais e coletivas possibilitam a redução da dependência dos combustíveis fósseis, como a utilização de meios de locomoção alternativos.
- Em seguida, incentive-os a discutir sobre a importância da participação dos jovens em eventos que visam discutir questões socioambientais, como o aquecimento global. Verifique se eles percebem que a proatividade dos cidadãos contribui para levar os governantes a discutirem e tomarem decisões que visam à conservação ambiental.
- Incentive os estudantes a pensar em alternativas aos combustíveis fósseis, levando-os a refletir se as opções citadas por eles também não implicam em danos ao meio ambiente.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar interessante, trabalhe as questões **1** e **2** da página **85** sobre o uso dos combustíveis fósseis por meio da estratégia de metodologia ativa *think-pair-share*. Veja orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento. Leia as questões com os estudantes e, em seguida, instrua-os a refletir sobre as possíveis respostas. Depois, oriente-os a formar duplas e incentive o debate a respeito das respostas de cada um. Oriente-os a compartilhar suas conclusões com os demais colegas da turma, complementando as respostas uns dos outros.

- Ao refletirem sobre a questão **2**, solicite que leiam novamente o texto e pesquisem sobre o assunto a fim de identificar situações relacionadas à emissão de gases do efeito estufa na atmosfera. Com base nessas informações, oriente-os a discutir as ações que podem ser realizadas para reduzir as emissões em cada situação. Oriente-os a identificar também as situações que estão diretamente ligadas ao dia a dia deles e de que maneira podem contribuir.
- Explique aos estudantes que os átomos e moléculas que constituem a matéria possuem movimento (energia cinética) vibracional, rotacional e translacional, dependendo da fase da matéria. Comente que essa propriedade microscópica pode ser mensurada macroscopicamente, como a temperatura dos corpos.
- Explique a relação existente entre calor e temperatura, comentando os efeitos sobre a temperatura de um corpo por meio das trocas de calor.

Página 86

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Analisar informações expressas em representações imagéticas.
- Perceber o aumento da temperatura média da Terra ao longo do tempo.
- Manipular e analisar imagens obtidas em um simulador.

Orientações

- Se for possível, peça às duplas que acessem o simulador sugerido no boxe **Dica** e analisem as imagens formadas. Tanto nas imagens da página como no simulador, oriente os estudantes para que observem a quantidade e localização de áreas indicadas em vermelho, que se referem às que apresentam maiores temperaturas. Verifique se identificam as variações de cores e se as relacionam conforme orientado na legenda.
- Durante a pesquisa sobre os efeitos das alterações climáticas, sugeridas na questão do boxe, peça que procurem, além de informações relacionadas aos prejuízos ao meio ambiente, informações relacionadas aos problemas sociais causados pelas alterações climáticas.

MOBILIA

Resposta

- Os estudantes podem citar que, ao longo dos anos, mais regiões do planeta tiveram temperaturas acima da média, indicando que, possivelmente, a temperatura média da Terra está aumentando. Dessa forma, eles podem propor ações relacionadas à diminuição do uso de combustíveis fósseis, da emissão de gases de efeito estufa e ao aumento do uso de fontes de energia renováveis, por exemplo.

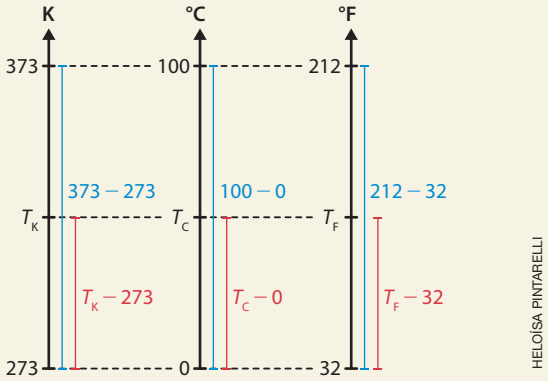
ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Aproveite a questão **3** da página **86** para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conceito de temperatura. Anote na lousa as principais ideias dadas pela turma. Nesse caso, é muito comum confundirem os conceitos de temperatura e de calor. Se ocorrer respostas que demonstrem essa confusão, incentive-os a argumentar defendendo cada uma das explicações. Essas argumentações contribuem para fornecer informações que ajudam no planejamento da condução do capítulo.
- Ao abordar o conceito de calor, na página **87**, retome as respostas dos estudantes à questão **3** da página **86** e peça que expliquem a diferença entre calor e temperatura.

Página 88

BOXE COMPLEMENTAR

- Solicite aos estudantes uma pesquisa sobre quais países utilizam as escalas de temperatura Celsius e Fahrenheit, respectivamente. Comente que a escala Kelvin é uma escala científica, em que a medida da temperatura é definida em função da energia cinética média das moléculas e o zero absoluto é definido como a temperatura que a energia cinética média é nula. O valor mais preciso para o zero absoluto é $-273{,}15\ °C$, porém, nessa coleção, optamos por utilizar o valor aproximado de $-273\ °C$.
- Caso ache interessante, assista com os estudantes aos vídeos sobre o desenvolvimento das escalas termométricas por Celsius e Fahrenheit, ambos com legendas em português. Disponíveis em: <https://www.youtube.com/watch?v=rjht4oAByCI&t=5s> e <https://www.youtube.com/watch?v=LgrXd0NM2y8&t=263s>. Acessos em: 16 jun. 2020.
- Comente também que existem equações matemáticas para a conversão de uma escala de temperatura para outra. Se considerar conveniente, realize os cálculos na lousa com os estudantes. Para a conversão entre escalas termométricas, devemos considerar dois pontos fixos, cujas medidas nas duas escalas sejam conhecidas. Geralmente, esses pontos são a temperatura de fusão e de ebulição da água (H_2O). Na escala Celsius, esses pontos são 0 °C e 100 °C, sendo o intervalo entre eles 100 unidades. Na escala Fahrenheit, esses pontos são 32 °F e 212 °F, sendo o intervalo entre eles de 180 unidades.



Representação da relação entre as escalas Kelvin, Celsius e Fahrenheit.

Definindo T_C a temperatura na escala Celsius e T_F a temperatura correspondente na escala Fahrenheit, de acordo com o esquema acima, temos a seguinte razão:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} \Rightarrow \frac{T_C}{100} = \frac{T_F - 32}{180} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

Essa relação também pode ser escrita como:

$$T_F = 1{,}8 \cdot T_C + 32$$

O mesmo raciocínio é seguido para a relação entre as escalas Celsius e Kelvin. Tanto na escala Celsius como na Kelvin, o intervalo entre os pontos fixos é de 100 unidades. Definindo T_C a temperatura na escala Celsius e T_K a temperatura correspondente na escala Kelvin, de acordo com o esquema acima, temos a seguinte razão:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_K - 273}{373 - 273} \Rightarrow \frac{T_C}{100} = \frac{T_K - 273}{100} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_C = T_K - 273$$

- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 88.**

a) Correto. Para utilizar um termômetro, é necessário que ele esteja em contato térmico com o corpo cuja temperatura desejamos medir. Dessa maneira, a energia (calor) irá fluir entre os dois corpos até que suas temperaturas sejam iguais (equilíbrio térmico). Caso meçamos a temperatura antes de se atingir o equilíbrio térmico, estaremos medindo a temperatura do termômetro naquele instante, não a do corpo que estamos interessados em saber.

b) O aumento de temperatura de 1 °C equivale a um aumento maior no grau de agitação das partículas do corpo. Comparando as escalas entre os pontos de fusão e ebulição da água, na escala Celsius há 100 divisões, enquanto na Fahrenheit são 180 divisões. Isso mostra que, para que haja um aumento no grau de agitação das moléculas equivalente a 1 °C, a temperatura de um corpo deve aumentar 1,8 °F na escala Fahrenheit.

MODERNA

Páginas 90 a 94

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da **competência específica 1 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT102**, pois, a partir de situações do cotidiano, permite aos estudantes analisar as transformações da energia térmica ocorridas segundo as leis da termodinâmica, especificamente no que se refere aos efeitos das trocas de calor, como a mudança de temperatura, dilatação térmica e mudança de fase.
- A abordagem da construção do trocador de calor na página **95** possibilita desenvolver a **competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, bem como a habilidade **EM13CNT301**, incentivando os estudantes a realizar previsões e discussões, formulando hipóteses ao observar experimentalmente os efeitos das trocas de calor. Além disso, essa atividade também leva os estudantes a recorrer à abordagem da Ciência para analisar, levantar hipóteses e testar resultados, contribuindo para desenvolver a **competência geral 2**.

- Inicie a abordagem da página **90** perguntando aos estudantes o que ocorre quando fornecemos calor para um corpo. Possivelmente, a primeira resposta dos estudantes será o aumento da temperatura. Incentive-os a citar outros efeitos por meio de outras questões, levando-os a perceber a dilatação térmica e a mudança de fase.
- Explique que a dilatação térmica é caracterizada por variações nas dimensões do corpo em função das variações de temperatura dos materiais nas fases sólida, líquida ou gasosa.
- Explique que, de acordo com o formato do corpo, a dilatação deve ser considerada em: uma dimensão (dilatação linear) para corpos que uma de suas dimensões é muito maior que as demais, como fios de eletricidade ou trilhos de trem; duas dimensões (dilatação superficial) para corpos em que duas de suas dimensões são muito maiores que a terceira, como chapas metálicas, placas de concreto etc.; três dimensões (dilatação volumétrica), para corpos em que nenhuma das suas dimensões é muito maior que as demais, como peças de um automóvel.
- Se possível, mostre aos estudantes as juntas de dilatação na construção da escola. Incentive-os a perceber a importância dessas juntas. No caso do concreto, elas evitam rachaduras.
- Ao trabalhar o comportamento anômalo da água, na página **91**, comente que esse fato faz com que a água nos oceanos e lagos não congele a partir do fundo para a superfície, o que permite a manutenção da vida marinha, pois, dessa forma, os seres vivos conseguem se manter na água líquida mesmo nas regiões mais frias do planeta.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Ao trabalhar a variação de temperatura, na página **92**, inicie questionando os estudantes se dois objetos diferentes, ao absorverem a mesma quantidade de energia na forma de calor, sofrerão a mesma variação de temperatura.
- Atente-se às possíveis respostas e dê liberdade para discutirem a questão.
- Se achar conveniente, esquematize na lousa as diferentes ideias apontadas pelos estudantes, a fim de observar o conhecimento prévio acerca do tema.
- Em seguida, explique que substâncias diferentes possuem propriedades térmicas diferentes. Isso ocorre devido à maneira como a energia é armazenada pelo corpo. Portanto, quando a mesma quantidade de calor é fornecida a diferentes substâncias, necessariamente não produzirá variações de temperaturas iguais.

- Mostre valores típicos de calor específico para diferentes substâncias em formato de tabela. Você pode tomar duas ou mais substâncias presentes na tabela e aproveitar para questionar os estudantes sobre quais delas sofrerão maior ou menor variação de temperatura com base em seu calor específico. Para tanto, utilize as equações dessas grandezas para explicar como ocorre a variação de temperatura para diferentes substâncias que absorvem uma dada quantidade de calor.
- Para iniciar o tema de mudança de fase na página **93**, comente que além da mudança de temperatura ou da dilatação térmica, um corpo pode mudar de fase ao receber ou ceder calor. Você pode esquematizar as mudanças de fase (fusão, solidificação, vaporização e condensação) e explicá-las aos estudantes.
- Explique que a temperatura das substâncias puras durante uma mudança de fase é constante. Aproveite para definir a quantidade de calor latente.
- Se julgar necessário, mostre aos estudantes valores típicos de calor latente para diferentes substâncias, como mostrado no livro a seguir.

  > TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros*: mecânica, oscilações e ondas. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1. p. 432.

  Se preferir, solicite aos estudantes que pesquisem valores na internet.

Página 95

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade sugerida na seção **Investigue**, além de exercitar a curiosidade, a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, contribuindo para o desenvolvimento da **competência geral 2**, possibilita aos estudantes exercitar a empatia, a troca de ideias e o respeito às opiniões dos colegas, permitindo desenvolver a **competência geral 9**.
- Ainda permite aos estudantes analisar a situação-problema e avaliar a aplicabilidade do conhecimento científico e tecnológico, empregando instrumentos de medição e modelos explicativos para construir, avaliar e justificar conclusões sob uma perspectiva científica, contribuindo

EM ABERTA

para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**.

- A divulgação dos métodos utilizados pelos estudantes e de seus resultados por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação também possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**.

Página **95**

INVESTIGUE

Objetivos

- Associar a temperatura com a energia interna de um corpo.
- Descrever o calor como a energia em transferência entre corpos com temperaturas diferentes.
- Observar que a troca espontânea de calor entre os objetos ocorre sempre do mais quente para o mais frio.
- Identificar um dos efeitos das trocas de calor: a variação de temperatura dos corpos.
- Perceber que objetos com temperaturas diferentes, quando colocados em contato, tendem ao equilíbrio térmico.

Orientações

- Essa atividade contribui para desenvolver o **pensamento computacional**. Oriente-os para que analisem o problema buscando decompô-lo em etapas, a fim de facilitar a busca de soluções. As questões de orientação presentes na página do **Livro do estudante** nessa divisão. Retome com os estudantes as etapas do método científico (formulação de hipóteses, testes, observação e conclusão), para auxiliá-los na análise da investigação.
- Questione os estudantes sobre situações do cotidiano nas quais eles já presenciaram as trocas de calor entre os objetos, e chame a atenção deles para o fato de que a variação de temperatura de um corpo corresponde a apenas um de seus efeitos. Pergunte sobre os outros efeitos que podem ser observados, como a mudança de estado físico dos materiais e a alteração na estrutura molecular dos corpos, provocando o efeito de dilatação térmica.
- Incentive-os a ler e discutir o texto da **Contextualização**.

Respostas das questões de contextualização

a) Resposta pessoal. Quando fornecemos energia térmica a um objeto ou retiramos energia térmica dele, o efeito mais comum que pode ser observado é a variação em sua temperatura.

b) Resposta pessoal. Os objetos podem trocar calor até chegarem à mesma temperatura, ou seja, até atingirem o equilíbrio térmico.

- Proporcione um momento para que possam trocar ideias sobre o desenvolvimento de uma atividade experimental a fim de buscar respostas às hipóteses iniciais.
- Oriente-os durante o desenvolvimento da atividade, incentivando a troca de ideias e identificando os pontos fundamentais para a formulação do roteiro de investigação.
- Para facilitar a elaboração dos roteiros, incentive os estudantes a refletirem sobre cada questão sugerida. O objetivo delas é levá-los a considerar os aspectos mais importantes para que a execução tenha sucesso.
- Na primeira questão, verifique se os estudantes conseguem identificar os conteúdos trabalhados durante o capítulo e que são importantes para a investigação e a conclusão das etapas da atividade. A partir dessa discussão, perceba se eles conseguem levantar os materiais que precisam ser utilizados para as etapas do experimento.
- Aproveite a terceira questão para avaliar as sugestões de roteiros propostos pelas duplas para a investigação, e questione os estudantes sobre os possíveis riscos e problemas, como a necessidade do aquecimento da água e a influência dos materiais sugeridos para a verificação das trocas de calor, como citado na quinta questão.
- Se julgar conveniente, sistematize com eles um roteiro único para toda a turma. Nesse roteiro devem estar claras todas as etapas do procedimento.
- Incentive os estudantes a observar a situação-problema e conversar sobre ela, anotando as possíveis maneiras de realizar a investigação. Os estudantes devem registrar no caderno 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. Veja a seguir uma das formas de realizar essa atividade.

Materiais

- 2 termômetros de laboratório
- 1 recipiente de plástico (como o de sorvete de 2 litros)
- 1 recipiente resistente ao calor, como uma lata de refrigerante, de alumínio
- recipiente para aquecer a água
- fonte de calor (fogão, lamparina, bico de Bunsen)
- copo medidor de volume
- luvas de proteção térmica
- água
- tesoura com pontas arredondadas

Procedimentos

a) Se forem utilizadas latas de alumínio para o recipiente metálico resistente ao calor, um adulto deverá fazer um corte na lata bem próximo à borda superior, tirando a parte de cima. Em seguida, no lugar onde foi cortado, ele deverá fazer cortes de aproximadamente cinco milímetros na vertical ao redor da abertura e depois dobrar as beiradas para dentro da lata. Essa etapa evita que ocorram acidentes com a borda cortante.

b) Utilizando o copo medidor de volume, coloque água na latinha até acima da metade de seu volume total. Esse volume de água deve ser aquecido até a temperatura de aproximadamente 60 °C. Verifique com o termômetro quando essa temperatura é atingida.

c) Utilize o copo medidor de volume para acrescentar água à temperatura ambiente no recipiente de plástico em que a lata será inserida. A água deve ser colocada no recipiente

MODERNA

até acima do meio; é importante que o total de água colocado no recipiente de plástico seja menor do que o dobro do volume que foi colocado na lata de alumínio, para que as trocas de calor possam ser observadas.

d) Coloque a água aquecida na lata e, segurando-a com a luva, insira-a no recipiente de plástico. Peça ao professor auxílio nessa etapa.

e) Agora, com os dois termômetros, e ao mesmo tempo, meça as temperaturas da água aquecida e da água em temperatura ambiente e anote seus valores.

f) Toque na água que estava na temperatura ambiente e sinta o seu aquecimento.

g) Ao final de aproximadamente 10 minutos, meça novamente as temperaturas dos dois volumes de água, e novamente, anote seus valores. Repita o procedimento até que as temperaturas se igualem ou fiquem bem próximas.

- Durante a execução da proposta de investigação elaborada pelos estudantes, sugerimos que o professor continue atuando como orientador, incentivando-os a encontrar soluções para os problemas que surgirem. No entanto, execute as etapas que podem causar danos aos estudantes, como manipular objetos cortantes, aquecidos e fogo.
- Sugira que um dos integrantes do grupo fique responsável por registrar todas as etapas e os resultados por meio de vídeo, que pode ser feito com uma filmadora ou um *smartphone*.
- Quanto maior a diferença entre as temperaturas dos dois volumes de água, melhor poderá ser sentida a transferência de calor entre eles.
- Se achar adequado, proponha aos estudantes que realizem a mesma atividade colocando água fria na latinha e água quente ao seu redor, no recipiente de plástico.
- Oriente-os a divulgar os resultados, as discussões das questões e as conclusões de forma expositiva para o restante da turma.
- Veja a seguir sugestões de respostas para as questões.

Respostas para as questões

1. Espera-se que os estudantes respondam que o calor da água aquecida e do recipiente de alumínio (metal) que a contém se propagou para a água que estava ao seu redor, elevando a temperatura dela até que os dois volumes atingissem temperaturas iguais.

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que não, pois é necessário estarem a diferentes temperaturas para que ocorra a troca de calor.

3. Espera-se que os estudantes respondam que as trocas de calor ocorreram no sentido da água e do recipiente aquecidos para aqueles que estavam à temperatura ambiente, ou seja, dos corpos de maior temperatura para os de menor temperatura.

4. Espera-se que os estudantes respondam a composição dos materiais de que são feitos os recipientes utilizados; se os volumes de água eram iguais ou próximos e possíveis perdas de energia para o ambiente.

5. Espera-se que os estudantes respondam que apenas mudaria o sentido das trocas de calor, e a água com menor temperatura seria aquecida até que os volumes atingissem o equilíbrio térmico, pois a transferência espontânea de calor ocorre sempre do material com maior temperatura para o de menor temperatura.

Destino dos resíduos

- Verifique a possibilidade de reaproveitar o material utilizado, ou descarte os recipientes de plástico e metal em lixeiras de coleta seletiva.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 89

1. I) Incorreta. Se há diferença de temperatura, há troca de calor.

II) Incorreta. Haverá transmissão de calor do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

III) Correta.

IV) Correta.

3. Alternativa **d**. O calor é a energia térmica em trânsito do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Com isso, já torna inadequada as alternativas **b**, **c** e **e**. Além disso, a roupa não é uma fonte de calor, e sim, um isolante térmico, tornando inadequada a alternativa **a**.

4. I) Verdadeira.

II) Falsa. Os combustíveis fósseis são fontes não renováveis de energia, cujo tempo de disponibilidade ainda é incerto.

III) Falsa. Os combustíveis fósseis contribuem para o aumento da poluição do meio ambiente devido à liberação de subprodutos durante sua combustão.

IV) Verdadeira.

5. Convertendo essa temperatura de Fahrenheit para Celsius, teremos:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{35{,}6 - 32}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{3{,}6}{9} \Rightarrow T_C = 5 \cdot 0{,}4 \therefore T_C = 2\,^\circ\text{C}$$

Assim, temos que a pessoa deve levar casacos grossos, pois a temperatura média corresponde a 2 °C.

6. Convertendo a temperatura de Kelvin para Celsius, teremos:

$$\frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_C}{5} \Rightarrow T_C = T_K - 273 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_C = 313 - 273 \therefore T_C = 40\,^\circ\text{C}$$

Assim, a temperatura será de 40 °C.

7. A relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit é dada por:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{59 - 32}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{27}{9} \Rightarrow T_C = 5 \cdot 3 \therefore T_C = 15\,^\circ\text{C}$$

MODERNA

Páginas 96 e 97

3. Utilizando a equação para a dilatação linear, teremos para cada trilho:

$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_{Fe} \cdot \Delta T \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta L = 24 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot (42 - 2) \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta L \simeq 0{,}01 \therefore \Delta L \simeq 1 \text{ cm}$

Assim, como os trilhos são colocados um ao lado do outro e ambos dilatam, eles devem ser afastados em no mínimo 2 cm para permitir a dilatação sem deformação da estrutura.

4. Para a chapa, teremos uma dilatação superficial $(\beta = 2 \cdot \alpha)$:

$\Delta A = A_0 \cdot \beta_{aço} \cdot \Delta T \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta A = (20 \cdot 20) \cdot 2 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \therefore \Delta A = 1{,}76 \text{ cm}^2$

Assim, a nova área será:

$A = A_0 + \Delta A \Rightarrow$

$\Rightarrow A = 400 + 1{,}76 \therefore A = 401{,}76 \text{ cm}^2$

6. A capacidade térmica é dada por:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow C = \frac{5\,000}{(80\,^\circ\text{C} - 10\,^\circ\text{C})} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C = \frac{5\,000}{70} \therefore C \simeq 71{,}43 \text{ cal/°C}$$

Já o calor específico será:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \Rightarrow c = \frac{5\,000}{500 \text{ g} \cdot 70\,^\circ\text{C}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c = \frac{5\,000}{35\,000} \therefore c \simeq 0{,}14 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

7. **I)** Falsa. A areia esfria mais rapidamente por ter menor calor específico.

II) Falsa. A areia esquenta mais rapidamente por ter menor calor específico.

III) Falsa. O mar não esfria mais rapidamente.

IV) Verdadeira.

8. Alternativa **b**. Quanto mais baixo for o calor específico de um corpo, mais rapidamente ele irá absorver ou ceder a energia térmica para o meio. Dessa forma, como a areia possui um calor específico baixo, sua temperatura aumentará facilmente durante o dia, ao passo que irá diminuir rapidamente durante a noite. A umidade do ar é capaz de evitar a grande amplitude térmica diária em grande parte do planeta pelo fato de possuir alto calor específico. Contudo, como no deserto a umidade do ar é baixa, ela não é capaz de absorver o calor liberado pela areia, o que explica a grande variação diária de temperatura no deserto.

9. Esses fenômenos ocorrem pelo fato de as moléculas de vapor de água presentes no ar, ao entrarem em contato com o vidro mais frio (seja no copo ou no carro), diminuem sua temperatura. Assim, elas se tornam mais lentas e se unem, ocorrendo o processo de condensação e formando gotículas de água no estado líquido.

10. Alternativa **d**. Uma vez que a esfera é composta por um metal puro, sabemos que ela é feita por apenas uma substância. Assim, ela mostrará pontos de fusão e vaporização bem definidos, já que irá apresentar temperaturas constantes durante os processos de mudança de fase. Além disso, o enunciado diz que a esfera encontrava-se inicialmente em estado sólido. Dessa maneira, na etapa **A** ela recebe calor e sua temperatura se eleva até atingir a fusão em **B**. Na etapa **C** temos o aquecimento do material no estado líquido até atingir o ponto de vaporização. Portanto, em **D** o material atingiu a temperatura de vaporização e realiza essa mudança de fase à temperatura constante.

11. Vamos considerar a equação do calor latente:

$$Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 800 \cdot 80 \therefore Q = 64\,000 \text{ cal}$$

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

1. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é que, com base nos conhecimentos a respeito dos ciclos biogeoquímicos, os estudantes reflitam sobre as atividades humanas que podem interferir nesses ciclos, ao mesmo tempo em que propõem maneiras de reduzir essa interferência. Aproveite o momento para avaliar a aprendizagem dos estudantes sobre o conteúdo, retomando parte dele, se necessário.

2. Espera-se que os estudantes respondam que, na prática, os reagentes de uma reação química não são convertidos totalmente em produtos e que a porcentagem de reagentes convertida em produto é o rendimento da reação.

3. Espera-se que os estudantes respondam que massa molar refere-se à massa equivalente a 1 mol de unidades elementares de uma substância. Ela geralmente é usada nos cálculos estequiométricos para obter a massa de um composto em uma unidade que possa ser medida por uma balança, como gramas.

4. Essa questão possibilita verificar a compreensão dos estudantes em relação aos efeitos da absorção ou perda de calor por uma substância. Espera-se que eles respondam que uma substância que absorve ou perde calor pode ter sua temperatura variada, pode ter suas dimensões alteradas e pode mudar de fase. Eles podem citar ainda que estruturas como viadutos precisam de juntas de dilatação para que não ocorra rachaduras ou rompimento da estrutura quando sua temperatura variar e ocorrer a dilatação térmica.

5. Essa questão possibilita verificar se os estudantes conseguem diferenciar o calor utilizado na mudança de temperatura e o utilizado na mudança de fase. Eles devem citar que o calor sensível é a quantidade de calor que foi recebida ou perdida na mudança de temperatura de uma substância ou corpo. Já o calor latente é a quantidade de calor relacionada à mudança de fase, que altera o estado de agregação das partículas que compõem a substância.

MODERNA

SER CONSCIENTE

Objetivos

- Reconhecer a importância de desenvolver combustíveis alternativos aos fósseis.
- Conhecer as vantagens e desvantagens do uso do biodiesel.
- Descrever o processo de produção do biodiesel.
- Valorizar a pesquisa científica.

Orientações

- Inicie a abordagem dessa seção promovendo uma conversa sobre em que tipos de veículos geralmente o *diesel* é utilizado, no Brasil. Verifique se os estudantes percebem que, no Brasil, o *diesel* geralmente é usado em veículos utilitários, caminhões, locomotivas, tratores, colheitadeiras, ônibus, entre outros.
- Em seguida, questione-os se já observaram a fumaça escura que muitas vezes sai de veículos a *diesel*. Comente com eles que essa fumaça é resultado da queima incompleta do combustível no motor, e que geralmente ocorre em veículos com motor desregulado.
- Durante a conversa sobre o *diesel*, verifique se eles percebem que esse combustível é mais poluente do que a gasolina e o etanol.
- Ao final da discussão, comente que muitas atividades humanas utilizam combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e carvão mineral, para obter energia. Esses combustíveis são formados principalmente por hidrocarbonetos que, durante a reação de combustão com o gás oxigênio (O_2), produzem dióxido de carbono, água e liberam energia na forma de calor.
- Apresente a eles a reação balanceada de combustão do dodecano ($C_{12}H_{26}$), principal componente do óleo *diesel*:

$$2\,C_{12}H_{26}(l) + 37\,O_2(g) \longrightarrow 24\,CO_2(g) + 26\,H_2O(l)$$

- Comente também que, apesar de amplamente utilizados pela sociedade, os combustíveis fósseis não são renováveis e geram grande emissão de CO_2. Isso resulta em alta concentração desse gás na atmosfera, o que provoca a intensificação do efeito estufa, gerando danos ao ambiente. Diante desse cenário, o desenvolvimento de fontes alternativas de combustíveis, como o biocombustível, é extremamente importante para o controle de emissões de gases poluentes na atmosfera. Os biocombustíveis são produzidos a partir de biomassa, como material vegetal não fossilizado. No Brasil, os principais biocombustíveis utilizados são o etanol, obtido da cana-de-açúcar, e o biodiesel, produzido a partir de óleos vegetais, como o de girassol, o de mamona, o de canola e o de soja.
- Informe os estudantes que no ano de 2005, com a Lei n.º 11.097/2005, foi estabelecida a obrigatoriedade do biodiesel na matriz energética brasileira. Atualmente, cerca de 12% de biodiesel é adicionado ao *diesel* fóssil. Essa mistura é classificada de acordo com a porcentagem de biodiesel adicionado. Por exemplo, uma mistura com 12% de biodiesel e 88% de *diesel* de petróleo é chamada B12, já o biodiesel puro é denominado B100. Essa adição contribui para reduzir a emissão excessiva de dióxido de carbono, bem como de enxofre (S), liberado pela queima do *diesel* fóssil.
- Se julgar conveniente, sugira aos estudantes que representem e analisem dados referentes à produção anual de biodiesel entre os anos de 2005 e 2019. Os estudantes podem encontrar esses dados no *site* da *Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais* (ABIOVE), disponível em: <https://abiove.org.br/estatisticas/>. Acesso em: 23 jun. 2020.

Respostas

1. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito do biodiesel. Espera-se que eles comentem que o biodiesel é um combustível renovável, feito a partir de plantas, que pode ser uma alternativa ao uso do *diesel*, que é um combustível fóssil.

2. Espera-se que os estudantes respondam que o biodiesel é produzido a partir da biomassa, no caso, a partir do óleo vegetal extraído da soja. Dessa maneira, o aumento do uso de biodiesel pode resultar no aumento da demanda pela produção da soja.

A. Espera-se que os estudantes respondam que, apesar de amplamente utilizado pela sociedade, o *diesel* é um combustível de fonte não renovável e sua queima gera grande emissão de CO_2. Isso resulta em alta concentração desse gás na atmosfera, o que provoca a intensificação do efeito estufa, gerando danos ao ambiente.

B. Espera-se que os estudantes respondam que o biodiesel é um combustível de fonte renovável, diferente do *diesel* fóssil, cuja fonte é finita, ou seja, esgotável. O uso do biodiesel reduz a emissão do dióxido de carbono na atmosfera, diminuindo os impactos do excesso desse gás no ambiente e nos seres vivos, além de contribuir com o aumento da produtividade de grãos do país, principalmente o cultivo da soja.

C. O objetivo dessa questão é incentivar os estudantes a conhecer outras fontes de energia renovável utilizadas no país, para que possam refletir sobre a importância do desenvolvimento tecnológico para a redução de danos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis. Nesse trabalho, eles podem, por exemplo, relatar o uso de energia eólica, obtida por meio do uso do vento, e a energia solar; também devem refletir sobre as desvantagens de cada tipo de energia.

MODERNA

UNIDADE 3

Trocas de energia

Nessa unidade serão trabalhadas as transferências de energia nos ecossistemas com destaque aos processos energéticos nos seres vivos. Para compreender como ocorrem essas transferências de energia nos ecossistemas, os estudantes irão analisar as características dos diferentes sistemas termodinâmicos e compreender o conceito de entalpia e variação de entalpia.

Objetivos da unidade

- Reconhecer a participação dos seres vivos nas transformações de energia que ocorrem em um ecossistema.
- Analisar como ocorrem os processos energéticos nos seres vivos.
- Analisar como ocorre a transferência de energia em um ecossistema.
- Interpretar uma pirâmide de energia e de biomassa.
- Conceituar e analisar as principais características dos sistemas termodinâmicos.
- Conceituar entalpia e analisar sua variação em uma reação química.
- Compreender e aplicar a lei de Hess.

Justificativas

Nessa unidade são abordados temas relacionados às transferências e transformações da energia nos ecossistemas, incentivando os estudantes a analisar como a energia proveniente do Sol é absorvida e transformada pelas plantas e transferida para outros seres vivos, criando teias essenciais para a diversidade de vida na Terra. Essa análise fornece subsídios para os estudantes avaliarem e preverem efeitos que as intervenções humanas podem causar nos ecossistemas, contribuindo para desenvolver a habilidade **EM13CNT203**.

Para que os estudantes compreendam as transferências de energia nas cadeias alimentares, a unidade também trabalha os processos energéticos que ocorrem nos seres vivos, como respiração celular e fotossíntese. Além disso, também são abordadas as principais características de sistemas dissipativos e conservativos, destacando o que ocorre com a energia em cada um deles e os conceitos de entalpia e variação de entalpia, contribuindo para desenvolver também a habilidade **EM13CNT102**.

Abertura da unidade *Páginas 100 e 101*

- Inicie a abordagem das páginas de abertura da unidade solicitando aos estudantes que observem a fotografia e expressem do que acham que se trata o efeito apresentado. Verifique se relacionam o fenômeno a uma reação química que ocorre com liberação de energia.
- Veja mais informações sobre a bioluminescência em seres vivos marinhos no *site* do *Instituto Oceanográfico*. Disponível em: <http://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/equipamentos-e-tecnologia.html?id=964:embarcacoes-oceanograficas&catid=71:equipamentos-e-tecnologias>. Acesso em: 29 jun. 2020.

Respostas

A Essa energia é obtida por meio da alimentação, nesse caso, principalmente de microalgas. A energia do alimento, por sua vez, é transformada em moléculas de energia utilizáveis pela célula, o ATP (adenosina trifosfato).

B Espera-se que os estudantes respondam que sim. Essa interação pode ocorrer de diferentes maneiras, como ao dissipar energia para o ambiente por meio da emissão de luz e de calor.

C Espera-se que os estudantes respondam que não, pois, para que essa reação ocorra, utiliza-se energia do organismo e parte dela é dissipada para o ambiente como luz ou calor.

CAPÍTULO 1
A energia e os sistemas ecológicos

Objetivos

- Identificar tipos de energia no cotidiano.
- Reconhecer transformações de energia nos processos envolvendo seres vivos.
- Constatar que existem moléculas que atuam nos processos energéticos celulares.
- Associar as reações químicas de oxirredução aos processos energéticos celulares.
- Relacionar as estruturas celulares às etapas da fotossíntese.
- Identificar as moléculas e as reações químicas envolvidas na fotossíntese.
- Relacionar a fotossíntese à respiração celular nos sistemas ecológicos.
- Conhecer as etapas da respiração celular.
- Descrever os processos da respiração celular, bem como as estruturas envolvidas.
- Explicar o saldo energético da respiração celular.
- Diferenciar fermentação lática de fermentação alcoólica.

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

MODERNA

Página 102

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem desse capítulo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**, pois aborda as transformações e transferências de energia entre os seres vivos e os ecossistemas.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para iniciar esse conteúdo, leve para a sala de aula imagens de fornos solares. Questione os estudantes sobre qual tipo de energia é necessário para que esse forno funcione. Pergunte também se há alguma transformação de energia durante o funcionamento desse forno e, em caso afirmativo, qual. Espera-se que os estudantes respondam que os fornos solares funcionam utilizando a energia solar, que é convertida em energia térmica nas partes do forno.
- Questione os estudantes sobre a finalidade de nos alimentarmos e sobre como a energia química presente nos alimentos é aproveitada em nosso corpo.
- Tome nota das respostas dos estudantes, destacando os conceitos que apresentaram maior dificuldade para desenvolver a fim de enfatizá-los durante o trabalho com os conteúdos do capítulo. Ao final do estudo desse capítulo, retome essas questões com os estudantes e oriente-os a corrigir ou complementar suas respostas. Utilize essa estratégia para verificar a aprendizagem.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Para trabalhar a questão **2** da página **102**, se julgar interessante, utilize a estratégia *think-pair-share*. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento. Leia o enunciado da questão com os estudantes e, em seguida, oriente-os a refletir sobre as possíveis respostas.
- Peça que formem duplas e que conversem a respeito das respostas para a questão. Em seguida, solicite que compartilhem suas ideias com as dos demais estudantes. Trata-se de uma maneira de os estudantes partilharem seus pontos de vista e ouvirem a opinião dos outros. O trabalho com essa questão permite perceber que a energia na natureza não é criada, nem perdida, mas transformada.

- Esse capítulo aborda como a energia presente no ambiente é assimilada pelos seres autótrofos e como ela é liberada nos organismos produtores e consumidores. Sobre esse assunto, veja o texto a seguir.

> […]
>
> A fotossíntese e a respiração são processos. Isso significa que as interações entre as plantas e os animais não ocorrem em uma única direção. As plantas, os animais e os microrganismos convivem neste planeta há tanto tempo que uns tomaram-se parte essencial do ambiente dos outros. O oxigênio liberado pela fotossíntese é consumido na combustão de moléculas orgânicas por praticamente todos os organismos. Mais ainda, uma parte das moléculas de CO_2, que hoje estejam sendo fixadas nas moléculas orgânicas de uma folha verde pela fotossíntese, foi liberada ontem, na atmosfera, pela respiração de um animal (ou por um fungo ou uma bactéria que esteja decompondo matéria orgânica morta). Dessa forma, vê-se que a utilização do carbono forma um ciclo enorme que envolve toda a biosfera (todos os seres vivos da Terra), com ligações cruzadas entre organismos individuais. De maneira similar, os átomos de nitrogênio, de fósforo e de enxofre transitam entre os mundos dos seres vivos e dos não vivos em ciclos que envolvem as plantas, os animais, os fungos e as bactérias.
>
> […]
>
> ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 70.

- Explique aos estudantes que, ao ser absorvida na fotossíntese, parte da energia da luz solar é transformada em energia química armazenada nas ligações químicas de moléculas orgânicas (alimento) que serão utilizadas por toda a extensão da cadeia alimentar. Durante o processo de respiração celular, as células vegetais e animais transferem a energia das moléculas orgânicas a uma forma conveniente para o metabolismo, no caso, a versátil molécula de ATP (adenosina trifosfato). Já alguns fungos e bactérias utilizam a fermentação para transferir a energia de moléculas orgânicas para o ATP. Dessa maneira, a energia é transformada e passa para cada elo da cadeia alimentar.

Páginas 103 a 108

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem desse capítulo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**, pois leva os estudantes a analisarem os processos energéticos dos seres vivos e sua relação com a geração de energia.

SALA DOS PROFESSORES

- A abordagem sobre o transporte de elétrons nas células possibilita o trabalho conjunto com os professores da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Química**, pois são apresentadas reações de oxirredução.
- É importante mostrar outras reações de oxirredução, como corrosão, combustão e o metabolismo dos alimentos.
- Os estudantes devem constatar que a oxidação envolve a perda de elétrons, enquanto na redução há o ganho de elétrons. Como os elétrons não podem desaparecer, quando ocorre uma reação de oxidação, deve acontecer outra de redução.

- Ao abordar a página **103**, considere que muitos estudantes pensam em processos energéticos separadamente entre plantas e animais. Entretanto, os processos energéticos estão intimamente interligados nos ecossistemas.
- Se julgar conveniente, apresente aos estudantes um vídeo sobre a respiração celular, disponível em: <https://www.protagonismodigital.sed.ms.gov.br/odas/respiracao-celular>. Acesso em: 10 abr. 2021. O trabalho com esse vídeo permite o desenvolvimento da **competência geral 5**, pelo uso da tecnologia da informação. Após o vídeo, questione os estudantes sobre o ATP e sua importância para os seres vivos. Anote as respostas na lousa e discuta com eles se é necessário muito ou pouco ATP nas atividades diárias.
- Para iniciar o trabalho com o conteúdo fotossíntese, na página **104**, explore com os estudantes o texto a seguir, que relata as primeiras descobertas a respeito da assimilação de gás carbônico (CO_2) e liberação de gás oxigênio (O_2) na fotossíntese. Essa atividade possibilita enfatizar o caráter provisório da Ciência e mostrar sua construção histórica e coletiva.

Fotossíntese: Uma Perspectiva Histórica

A importância da fotossíntese na economia da natureza não havia sido reconhecida até um período relativamente recente. Aristóteles e outros gregos, observando que o processo de vida dos animais era dependente dos alimentos que eram consumidos, acreditavam que as plantas obtinham seu alimento diretamente do solo.

Há mais de 350 anos, em um dos primeiros experimentos biológicos cuidadosamente planejados, o médico belga Jan Baptist van Helmont (1577-1644) ofereceu a primeira evidência experimental de que o solo sozinho não alimentava as plantas. Van Helmont cultivou uma pequena árvore de salgueiro em um vaso de cerâmica, onde adicionava apenas água. No final de cinco anos, o salgueiro apresentava um ganho de peso de 74,4 quilogramas, enquanto o peso do solo havia diminuído apenas 57 gramas. Com base nesses resultados, Van Helmont concluiu que todas as substâncias da planta eram produzidas a partir da água e não do solo! Entretanto, as conclusões de Van Helmont foram amplas demais.

No final do século XVIII, o cientista/pastor inglês Joseph Priestley (1733-1804) relatou que "acidentalmente havia encontrado um método de restaurar o ar que tinha sido prejudicado pela queima de velas". No dia 17 de agosto de 1771, Priestley "colocou um ramo de hortelã (vivo) no ar em que uma vela de cera havia sido queimada e descobriu que, no dia 27 do mesmo mês, outra vela poderia ser acesa no mesmo ar". O "agente empregado pela natureza com o propósito restaurador", afirmou ele, era a "vegetação". Priestley ampliou suas observações e logo demonstrou que o ar "restaurado" pela vegetação não era "totalmente inconveniente para um camundongo". Os experimentos de Priestley ofereceram as primeiras explicações lógicas de como o ar se mantinha "puro" e capaz de suportar a vida apesar da queima de chamas incontáveis e da respiração de muitos animais. Quando ele foi agraciado com uma medalha por sua descoberta, em um trecho de seu discurso afirmava que: "por estas descobertas podemos assegurar que nenhuma planta cresce em vão... mas limpa e purifica a nossa atmosfera". Hoje poderíamos simplesmente explicar os experimentos de Priestley dizendo que as plantas absorvem o CO_2 produzido pela combustão, ou liberado pelos animais, e que os animais absorvem o O_2 liberado pelas plantas.

Pouco tempo depois, o médico holandês Jan lngenhousz (1730-1799) confirmou os trabalhos de Priestley e demonstrou que o ar era "restaurado" somente na presença da luz do Sol e apenas pelas partes verdes da planta. [...]

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 125.

- O trabalho com esse texto pode contribuir para o desenvolvimento da **competência geral 1**, já que estimula a valorização dos conhecimentos historicamente construídos para entender e explicar a realidade. O trabalho com a História da Ciência permite que os estudantes percebam que a Ciência se desenvolve gradualmente e as descobertas dependem do levantamento de observações e de conhecimentos preexistentes.

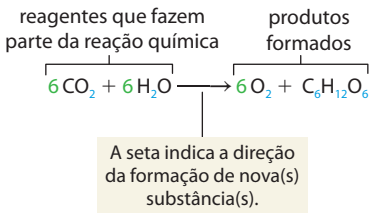
SALA DOS PROFESSORES

- A abordagem das reações químicas desse capítulo possibilita o trabalho conjunto com os professores da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Química**. Escreva a reação química da fotossíntese na lousa a fim de que os estudantes a interpretem, antes de estudar os processos celulares.

reagentes que fazem parte da reação química — produtos formados

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \longrightarrow 6\,O_2 + C_6H_{12}O_6$$

A seta indica a direção da formação de nova(s) substância(s).



Quantidade de átomos do elemento químico da molécula que participa da reação.

Coeficiente indicando a quantidade de moléculas envolvidas na reação. Nesse caso, seis moléculas de gás carbônico reagem com seis moléculas de água (H_2O) para formar seis moléculas de gás oxigênio e uma molécula de glicose ($C_6H_{12}O_6$).

- Peça aos estudantes que identifiquem os reagentes e os produtos desta reação química. Questione que átomos estão presentes e se há a mesma quantidade de átomos nos reagentes e nos produtos. Relembre as leis ponderais com os estudantes.

MODERNA

- Levante o seguinte questionamento com os estudantes: por que as plantas são verdes? Eles precisarão mobilizar seus conhecimentos e associar essa característica ao pigmento clorofila. Diga a eles que os comprimentos de onda que se referem principalmente à cor verde não são absorvidos pela clorofila, e sim refletidos por ela. Geralmente, a clorofila concentra-se nas folhas ou em partes mais jovens da planta e, por isso, observamos a cor verde, característica dessas partes vegetais.
- Outro questionamento interessante é: como as plantas são capazes de utilizar a energia luminosa na produção de nutrientes? Explique aos estudantes que as membranas dos tilacoides apresentam substâncias (clorofila e carotenoides) capazes de absorver fótons na região visível do espectro eletromagnético. A energia solar coletada por esses pigmentos é transmitida aos centros de reação fotossintética, onde se inicia a transferência primária de elétrons. O arranjo geométrico formado entre os pigmentos favorece a transferência de energia e de elétrons nos centros de reação.
- Sobre a clorofila, explique aos estudantes que esse pigmento, encontrado em todas as plantas, possui picos de absorção nas regiões de 430 nm e 670 nm, captando luz solar dos componentes ou dos centros de reação fotossintética. Na transferência de elétrons, ela pode atuar como aceitadora na região do magnésio central, ou doadora na região dos grupos carbonil. No caso das clorofilas *b*, encontradas em plantas e algas, os picos de absorção ocorrem em 480 nm e 640 nm. Os carotenoides atuam como captadores de energia na região espectral em que as clorofilas absorvem pouco. Os picos de absorção ocorrem entre 400 nm e 500 nm, podendo transferir a energia absorvida para as clorofilas, e destas para os centros de reação fotossintética. O sistema coletor de luz maximiza a eficiência da captação evitando danos ao organismo vegetal.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Após trabalhar as etapas da fotossíntese, peça aos estudantes que se reúnam em duplas e respondam à atividade **1** da página **109**. Essa atividade permite que eles associem as fases da fotossíntese estudadas (página **104** e **105**) a uma aplicação na agricultura e a consequência do bloqueio da fosforilação oxidativa para a alimentação humana. Essa abordagem permite o desenvolvimento da **competência geral 8**, já que leva os estudantes a refletirem sobre a aplicação de agroquímicos na agricultura e seus impactos no ambiente e nos seres vivos de uma cadeia alimentar.

- Se julgar conveniente, explique aos estudantes que alguns seres vivos realizam quimiossíntese, processo que consiste na utilização de moléculas inorgânicas como fonte de energia. Os organismos que realizam esse processo são chamados quimioautotróficos, sendo a grande maioria bactérias. Entre as moléculas inorgânicas que esses organismos utilizam como fonte de energia, podemos citar: sulfeto de hidrogênio (H_2S), enxofre elementar (S), amônia (NH_3), íons nitrito (NO^{2-}), gás hidrogênio (H_2), íons de ferro(II) (Fe^{2+}) e monóxido de carbono (CO). As bactérias que oxidam o sulfeto de hidrogênio são chamadas sulfobactérias, tais como a *Beggiatoa* sp. Essas bactérias reduzem moléculas de sulfeto de hidrogênio na presença de gás oxigênio, formando água, enxofre e liberando energia química na forma de ATP, a qual será utilizada para a produção de carboidratos. As bactérias que oxidam compostos de ferro (Fe) são conhecidas como ferrobactérias, como é o caso da *Thiobacillus ferrooxidans*. Apesar das diferenças nas fontes inorgânicas, assim como os fotoautotróficos, os quimioautotróficos utilizam o gás carbônico como fonte de carbono (C) para a produção de moléculas orgânicas energéticas, tais como os carboidratos.
- O balanço de ATP gerado na cadeia respiratória e apresentado na página **108** segue fins didáticos. Alguns autores divergem em relação ao número total de moléculas de ATP geradas durante o processo de respiração celular. Tal divergência acontece porque não é possível estimar com exatidão esse número.

  De acordo com Reece et al. (2015), essa inexatidão deve-se, por exemplo, ao fato de a fosforilação oxidativa e as reações redox não estarem diretamente associadas entre si, assim os números de moléculas de NADH e ATP não são inteiros.

  Com base em dados experimentais recentes, alguns bioquímicos concordam que uma única molécula de NADH gera força motriz de prótons suficiente para a síntese de 2,5 ATP. Isso é diferente quando o FADH2 entra na cadeia, pois cada molécula desse carreador de elétrons é responsável pela síntese de 1,5 ATP.

  O rendimento de ATP também varia em razão do tipo de lançador, em uma célula específica, utilizado no transporte de elétrons do citosol para dentro da mitocôndria. Por exemplo, nas células do cérebro os elétrons são passados ao FAD, resultando em cerca de 1,5 ATP para cada NADH gerado no citosol. Já nas células hepáticas os elétrons são passados ao NAD^+ mitocondrial, resultando em cerca de 2,5 ATP para cada NADH.

Glicólise	2 ATP 2 NAD	2 ATP
Ciclo de Krebs	2 ATP 6 NADH 2 $FADH_2$	2 ATP
Cadeia respiratória	2 NADH = 1,5 ATP 2 NADH = 2,5 ATP 6 NADH = 2,5 ATP 2 FADH = 1,5 ATP	26 ATP
Total		30 ATP

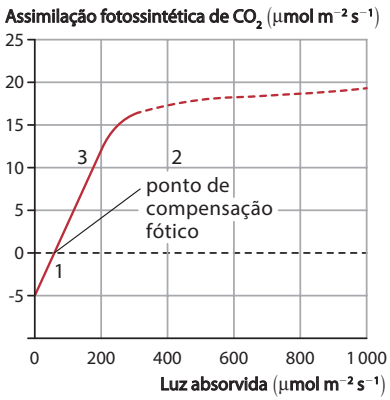
SALA DOS PROFESSORES

- A abordagem sobre a relação entre a respiração e a fotossíntese nas plantas possibilita o trabalho conjunto com a área de **Matemática e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Matemática**, já que aborda o tratamento da informação no trabalho com gráficos.

MODERNA

- Reproduza o gráfico a seguir na lousa e auxilie os estudantes em sua interpretação.

Resposta fotossintética à luz em um vegetal



HELOÍSA PINTARELLI

Fonte: TAIZ, L.; ZEIGER E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 206.

1 A quantidade de luz absorvida não é suficiente para a realização da fotossíntese, pois o vegetal está no escuro. Dessa maneira, a assimilação de gás carbônico é menor do que a sua produção pela respiração celular, por isso o valor é negativo.

2 Conforme ocorre o aumento da luz absorvida, ou seja, conforme o vegetal recebe mais luz, a assimilação do CO_2 pelo processo de fotossíntese também aumenta. Em determinado momento, a assimilação de CO_2 pela fotossíntese e sua produção por meio da respiração se igualam. Este é o **ponto de compensação fótico**.

3 A intensidade de luz continua a aumentar, assim como a assimilação de CO_2 pela fotossíntese. Em determinado ponto, a intensidade luminosa não interfere mais na taxa de fotossíntese, fato observado pela drástica redução da assimilação de CO_2. Isso ocorre porque as moléculas que fazem parte da fotossíntese estão no máximo de sua ação.

- Por meio da interpretação desse gráfico, é possível concluir que a luz afeta diretamente a capacidade da realização da fotossíntese pelo vegetal. Durante o dia, ele produz mais gás oxigênio do que consome, e consome mais gás carbônico do que produz. Em períodos noturnos, ou seja, na ausência de luz, o vegetal consome mais gás oxigênio do que produz, e, consequentemente, libera mais gás carbônico do que consome.
- Averigue se os estudantes constatam que a medição da fixação de gás carbônico nas folhas dos vegetais mantidos em um fluxo crescente de fótons favorece a construção de curvas de respostas à luz, a fim de avaliar as propriedades fotossintéticas das folhas. E que, no escuro, o gás carbônico é liberado pela planta em razão da respiração e, por convenção, a assimilação deste gás é negativa na curva.
- O fluxo de fótons pode aumentar a fixação de gás carbônico pela fotossíntese, inicialmente, até o ponto em que ocorre o equilíbrio com base na liberação de gás carbônico mitocondrial. A intensidade de luz na qual a fixação de CO_2 é exatamente igual à liberação pela respiração é conhecida como ponto de compensação de luz, o qual depende da espécie e das condições de crescimento.

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem a seguir, sobre o uso da mandioca pelos indígenas, contribui para desenvolver a **competência geral 9** e o tema contemporâneo transversal **Diversidade cultural**.

- Se achar conveniente, aproveite a abordagem da fotossíntese e comente com os estudantes sobre um alimento bastante comum na culinária brasileira, a mandioca, também conhecida como macaxera. Como vimos na equação química da fotossíntese, além do gás oxigênio, a glicose também é um dos produtos desse processo. No entanto, ela não permanece livre por muito tempo no meio celular, sendo rapidamente convertida em sacarose (a principal forma de transporte de açúcares) ou em amido (a principal forma de estocagem de carboidratos em vegetais). As raízes tuberosas, como a mandioca, possuem grandes estoques de amido e são importantes fontes de energia na alimentação.

CHOTE BKK/SHUTTERSTOCK

A mandioca (*Manihot esculenta*) pode atingir aproximadamente 3 m de altura. Na foto, em primeiro plano, raízes comestíveis da mandioca e, em segundo plano, folhas da planta.

A mandioca, ou *maniwa*, como é chamada por alguns povos indígenas, é um dos mais importantes alimentos desses povos, os quais cultivam as diferentes variedades da espécie.

MODERNA

Em virtude disso, muitas lendas foram criadas acerca de sua origem. Na cultura tupi-guarani, a mandioca nasceu da sepultura da menina Mani, a qual é fruto da gravidez de uma virgem. A criança morreu misteriosamente com pouco tempo de vida e, no local onde ela foi enterrada, nasceu uma planta exuberante, com raízes grossas e saborosas.

Assim, a planta foi batizada de "manioca", que significa "casa de Mani".

Um dos pratos típicos de festas nas tribos indígenas é a maniçoba. Produzido à base de folhas de mandioca e animais caçados, esse prato é mantido em cozimento por vários dias. O beiju de tapioca é outro exemplo de prato indígena feito a partir da farinha de mandioca e consumido em várias regiões do Brasil.

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade complementar sugerida a seguir contribui para desenvolver as **competências gerais 2** e **9**, incentivando os estudantes a trabalhar em grupo a fim de recorrer às etapas do método científico para investigar, na prática, a fotossíntese.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Se julgar conveniente, proponha aos estudantes a atividade prática a seguir.

  Um dos produtos da fotossíntese pode permanecer no interior da folha vegetal. Para verificar o que ocorre nessa situação, realize a atividade a seguir.

Materiais

- 250 mL de água
- 6 folhas de espinafre (ou rúcula)
- hidrogenocarbonato de sódio
- um pedaço de mangueira de cerca de 1 cm de diâmetro
- detergente líquido incolor
- luminária
- cronômetro
- 1 seringa com capacidade de 30 mL a 65 mL
- 2 copos plásticos transparentes de 50 mL de capacidade
- 1 recipiente plástico com 300 mL de capacidade

Procedimentos

A) Com os canudos plásticos, corte 20 discos nas folhas de espinafre.

B) Coloque 250 mL de água no recipiente plástico. Adicione aproximadamente 1,5 g de hidrogenocarbonato de sódio e mexa até dissolver. Pingue duas gotas de detergente na solução e mexa devagar.

C) Retire o êmbolo da seringa e coloque os discos de folhas de espinafre dentro dela. Em seguida, recoloque o êmbolo.

D) Coloque 20 mL da solução de hidrogenocarbonato de sódio e detergente na seringa. Os discos devem flutuar na solução. O detergente permite que a solução de hidrogenocarbonato de sódio entre nas folhas.

E) Com a ponta da seringa voltada para cima, empurre o êmbolo lentamente para retirar as bolhas de ar. Tape a ponta da seringa com o dedo indicador e puxe o êmbolo para criar uma pressão negativa (vácuo). Ao puxá-lo, as bolhas de ar irão se formar próximos aos discos de folhas. Mantenha-o nessa posição por 10 segundos. Nesse procedimento, o ar que existe no interior dos tecidos do vegetal é retirado.

F) Simultaneamente, solte o êmbolo e retire o dedo da ponta da seringa. Os discos começarão a afundar. Caso alguns discos de folhas permaneçam flutuando, repita a etapa **E** mais uma ou duas vezes.

G) Remova o êmbolo da seringa e despeje metade da solução em cada copo plástico e 10 discos de folha em cada um. Todos os discos devem afundar.

H) Coloque um dos copos dentro de um armário, para que não receba iluminação, e o outro, a cerca de 20 cm de distância da luminária.

I) Marque 15 minutos no cronômetro e observe, a cada três minutos, o que ocorre com os discos de folhas em cada copo. Anote os resultados no caderno. Após esse tempo, compare os discos de folhas dos dois copos.

Questões

1. O que aconteceu com os discos vegetais após a realização do procedimento **I**? Por quê?
2. Qual é a importância de realizar o procedimento **E**?
3. Nessa atividade a fonte de carbono para a realização da fotossíntese são os íons formados pela adição de hidrogenocarbonato de sódio. Em um ambiente terrestre, qual seria a fonte de carbono para esse processo?

Respostas

1. Espera-se que os estudantes respondam que no copo que permaneceu no escuro não houve fotossíntese, pois a luz estava ausente. Assim as células do vegetal não formaram gás oxigênio, que ficaria aprisionado na folha, fazendo com que ela flutuasse. Já os discos de folhas que ficaram sob a luminária receberam luz (realizaram fotossíntese) e as células produziram o gás oxigênio, que fez com que as folhas flutuassem.

MODERNA

2. A retirada do ar do interior das folhas permite que elas afundem. Assim, é possível deduzir que o retorno de sua flutuabilidade se deva à produção de gás oxigênio durante a fotossíntese, o que não ocorre quando os discos permanecem no escuro.
3. Seria o gás carbônico presente na atmosfera.

- No trabalho com a respiração celular, nas páginas **106** a **108**, acesse com os estudantes o vídeo disponível em: <http://iptv.usp.br/portal/video.action?idItem=8171>. Acesso em: 29 jun. 2020. Peça aos estudantes que listem as etapas da respiração e as moléculas envolvidas e escrevam um resumo sobre o que compreenderam a partir do vídeo. Após o trabalho com a teoria, divida a turma em grupos de quatro ou cinco integrantes. Peça aos grupos que elaborem um vídeo, utilizando aparelhos celulares ou *softwares* de apresentação de *slides*, explicando em uma linguagem mais moderna e próxima de sua realidade a importância da respiração celular para a manutenção da vida na Terra. Agende a apresentação dos trabalhos da turma com os demais professores. Assim, é possível estimular a prática de atividades envolvendo recursos digitais e a expressão corporal, o que permite o desenvolvimento das **competências gerais 3**, **5** e **9**, além de aproximar o conteúdo ao universo da **cultura juvenil**.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Sobre a respiração celular e fermentação e sua relação com a alimentação, acesse com os estudantes o texto do *site* do *Museu Escola do Instituto de Biologia* da Unesp, disponível em: <https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/4_diversidade/alimentacao/Documentos/3.respiracao_alimentacao.htm>. Acesso em: 29 jun. 2020.
- Divida a turma em quatro grupos. Peça que cada grupo elabore um resumo a partir da leitura desse texto, focando na importância do ATP. Peça aos estudantes que leiam seus textos e conversem sobre suas ideias. Esse trabalho permite a troca de ideias e o desenvolvimento da argumentação.

Página 108

BOXE COMPLEMENTAR

- Ao abordar esse **boxe complementar** sobre fermentação, enfatize a importância dos processos de fermentação para a indústria alimentícia. Explique aos estudantes que a fermentação pode ocorrer nos músculos do corpo humano. Sobre isso, leia o trecho do texto a seguir.

> […]
>
> Os vertebrados são em sua maior parte organismos essencialmente aeróbios: eles convertem glicose em piruvato pela glicólise, depois utilizam o oxigênio molecular para oxidar o piruvato a CO_2 e H_2O. O catabolismo anaeróbio da glicose a lactato ocorre durante curtos pulsos de atividade muscular extrema, por exemplo, em uma corrida de 100 m, durante a qual o oxigênio não pode ser transportado para os músculos com a rapidez suficiente para oxidar o piruvato. Assim, os músculos utilizam seus estoques de glicose (glicogênio) como combustível para gerar ATP por fermentação, com lactato como produto final. Na arrancada de uma corrida, a concentração de lactato no sangue aumenta muito. No fígado, ele é lentamente convertido em glicose pela gliconeogênese no período de descanso ou recuperação, quando, então, o oxigênio é consumido em taxas gradualmente menores até a velocidade da respiração retornar ao normal. O excesso de oxigênio consumido no período de recuperação representa a reposição do débito de oxigênio. Essa é a quantidade de oxigênio necessária para suprir ATP para a gliconeogênese durante a recuperação da respiração, para regenerar o glicogênio "tomado emprestado" do fígado e do músculo para realizar atividade muscular intensa na corrida de velocidade. […]
>
> NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Porto Alegre: Artmed, 2014. p. 564.

- Os animais menores conseguem transportar gás oxigênio suficiente para os músculos no tempo necessário para evitar o uso anaeróbico. Um exemplo disso são as aves migratórias, capazes de voar grandes distâncias, a grandes velocidades, sem recorrer ao uso anaeróbico. Explique aos estudantes que os seres humanos são animais de movimentação lenta, e a atividade muscular intensa só é utilizada em casos necessários. Animais maiores precisam de um período de recuperação para repor o débito de gás oxigênio. Se julgar conveniente, comente com os estudantes que acreditava-se que o lactato, ao atingir níveis muito altos nas células musculares e no fluido intracelular, causava dor muscular após atividades físicas intensas. No entanto, estudos recentes têm sugerido que essa sensação e a fadiga muscular ocorrem em razão do aumento nos níveis de íons potássio (K^+) e que o lactato parece contribuir com o aumento do desempenho muscular.
- Enfatize aos estudantes a importância da prática regular de atividades físicas sob orientação de profissionais especializados.
- Para mais informações sobre o lactato e as atividades físicas, leia o artigo disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4923663.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- O piruvato $(C_3H_4O_3)$ pode seguir três caminhos: ele pode participar da fermentação alcoólica, sendo reduzido a etanol (C_2H_6O) e gás carbônico; da fermentação lática, ao ser reduzido a lactato; do ciclo do ácido cítrico, no qual é reduzido a gás carbônico e água. Enfatize que os dois primeiros são anaeróbicos e o último, aeróbico.

MOPERNA

- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 108.**

a) Espera-se que os estudantes comentem que a fermentação é um processo utilizado em diversos tipos de indústria, como a alimentícia e a de combustíveis. No caso da alimentícia, a fermentação alcoólica possibilita a fabricação de diversos produtos, como pães e bebidas alcoólicas, dentre elas cerveja e vinho. Já a fermentação lática é utilizada na produção de alimentos derivados do leite, por exemplo, como iogurtes e queijos. No que diz respeito à indústria de combustíveis, a fermentação é utilizada para a fabricação de biocombustíveis, como o etanol, que emite menos poluentes que os combustíveis fósseis e cuja produção tem custo menos elevado.

b) Espera-se que os estudantes respondam que, embora na produção dos pães também haja a formação de álcool, este evapora ao assar a massa, ou seja, ao o submetê-lo a temperaturas elevadas.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 102

1. Os estudantes podem citar energia elétrica, energia química, energia mecânica, energia térmica, entre outras.

2. O objetivo dessa questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito das transformações de energia que ocorrem naturalmente no ambiente. Eles podem comentar que transformar energia envolve transformá-la em outro tipo de energia. Por exemplo: transformar a energia luminosa da luz solar em energia elétrica nas usinas solares; transformar a energia luminosa da luz solar em energia química das ligações químicas de substâncias orgânicas; transformar energia elétrica em térmica durante o uso de um equipamento eletrônico, entre outros.

3. Espera-se que os estudantes respondam que, ao praticar atividades físicas, o que ocorre é a transformação da energia química presente nas substâncias orgânicas em outro tipo de energia química, utilizável pela célula, e posteriormente em energia mecânica, por exemplo, ao realizar movimento.

Páginas 109 e 110

1. a) Espera-se que os estudantes respondam que esse processo, também chamado de cadeia transportadora de elétrons, ocorre na etapa fotoquímica da fotossíntese, e é responsável pela produção de ATP e NADPH. As moléculas de ATP e NADPH, por sua vez, são utilizadas na redução do gás carbônico e na formação do carboidrato, processo que ocorre no ciclo de Calvin-Benson. Ao ser bloqueada pela ação dos herbicidas, a fosforilação oxidativa cessa a produção de ATP e NADPH e, consequentemente, o Ciclo de Calvin-Benson não acontece. Assim, não há produção de glicose e de cofatores da cadeia respiratória, essenciais para a manutenção da atividade celular e, com isso, a erva daninha morre.

b) Espera-se que os estudantes respondam que sim, porque, assim como nas células vegetais, a fosforilação oxidativa é importante para a produção de ATP para as células animais. É por meio dessa etapa da respiração celular que a célula animal produz grande parte das moléculas de ATP e os cofatores necessários à cadeia respiratória.

2. Alternativa **d**. A informação refere-se à fotossíntese, entretanto a explicação sobre esse processo está incorreta. Na fotossíntese, o CO_2 é fixado na síntese de matéria orgânica, para usá-la como matéria-prima para o seu tronco. O gás oxigênio liberado para a atmosfera provém da fotólise (decomposição) da água, e não do CO_2 que a planta absorve da atmosfera.

3. a) Contração involuntária súbita (espasmo) dolorosa.

b) Espera-se que os estudantes respondam que isso ocorre porque a respiração, mais especificamente a inspiração, é o movimento respiratório responsável por possibilitar a entrada de gás oxigênio no corpo. Durante a atividade física, a respiração celular se torna mais intensa e, consequentemente, mais gás oxigênio precisa ser obtido e disponibilizado para as células. Além disso, esse aumento da frequência respiratória também tem relação com o aumento da produção de gás carbônico, o qual precisa ser eliminado das células e do organismo, via expiração. Como esses gases são transportados até as células ou retirados delas por meio da circulação sanguínea, o fluxo de sangue também aumenta.

c) Quando o organismo é submetido a uma atividade física intensa e o suprimento de gás oxigênio é insuficiente, a célula realiza a fermentação lática para produzir ATP, a qual não requer a participação de gás oxigênio.

d) A fermentação lática resulta na produção de ácido lático, água e ATP. O ácido lático produzido é transportado do músculo esquelético para o fígado onde é convertido, novamente, em glicose ou glicogênio. No entanto, uma parte do ácido lático pode acumular-se na musculatura e gerar sintomas, como a câimbra.

e) Por ser um depósito de glicose, o glicogênio possibilita que as células tenham acesso à energia de que necessitam durante a realização da contração muscular após o uso da glicose disponível na célula.

f) O controle dos níveis de glicose no sangue é regulado pela insulina e pelo glucagon, ambos produzidos pelo pâncreas. Quando os níveis de glicose no sangue estão elevados, a insulina sinaliza a produção de glicogênio,

MODERNA

o qual é armazenado no fígado e, principalmente, em tecidos musculares. Quando os níveis de glicose no sangue estão baixos, o glucagon recruta o glicogênio, que será quebrado em moléculas de glicose, disponíveis à respiração celular.

g) Ao ingerir maior quantidade de carboidratos, maior a quantidade de açúcares, como glicose, disponível no organismo. Essas moléculas podem ser armazenadas como glicogênio nos músculos e no fígado, sendo recrutadas quando necessário. Dessa maneira, o aumento do estoque de glicogênio reduz as chances de esse estoque acabar durante a realização da atividade física.

4. Alternativa **b**. As nanopartículas devem ser endereçadas para o interior das mitocôndrias, local onde ocorre o ciclo de Krebs; mais exatamente na matriz mitocondrial.

5. Alternativa **e**. Em anaerobiose o consumo de glicose é alto, porque o rendimento energético é de 2 ATP. Em aerobiose, com o aumento da concentração do oxigênio disponível para a respiração aeróbica, o consumo de glicose é menor, porque o rendimento energético aumenta (38 ATP).

6. a) Os organismos capazes de obter energia por meio da oxidação de compostos inorgânicos encontrados no ambiente são chamados quimioautotróficos.

b) O ciclo de Calvin-Benson ocorre no estroma do cloroplasto e é responsável pela fixação do gás carbônico.

c) Na fermentação lática, o piruvato é convertido em lactato.

d) Os organismos capazes de obter energia por meio da luz solar são chamados fotoautotróficos.

e) O ciclo de Krebs ocorre na matriz mitocondrial e é responsável pela oxidação de acetil-CoA a gás carbônico.

f) O conjunto de reações químicas que ocorre no citosol da célula e consiste na conversão da glicose em piruvato recebe o nome de glicólise.

7. a) Espera-se que os estudantes comentem que tais estruturas possibilitam as trocas gasosas, como de gás carbônico e de gás oxigênio, entre os tecidos internos da planta e o ambiente. Como o gás oxigênio e o gás carbônico são essenciais para a respiração das plantas e para a fotossíntese, respectivamente, os estômatos possibilitam a disponibilização desses gases às células vegetais.

b) Espera-se que os estudantes comentem que essa interferência vai ocorrer basicamente por tal situação interferir na absorção de gases oxigênio e carbônico, necessários à respiração celular e à fotossíntese, respectivamente. Quando fechados, a obtenção de gás oxigênio e de gás carbônico para a realização da respiração celular e da fotossíntese, respectivamente, fica prejudicada. De modo semelhante, quando tais estruturas estão abertas, as trocas gasosas são mais intensas, disponibilizando às células os gases necessários à respiração celular e à fotossíntese.

c) Espera-se que os estudantes respondam que a situação **B**, pois os estômatos também são local de liberação de vapor de água da planta para o ambiente. Sendo assim, quando fechados, essa perda é reduzida, se comparado com a situação em que os estômatos estão abertos e a perda de vapor de água é superior.

CAPÍTULO 2
Cadeias alimentares

Objetivos

- Relacionar as cadeias alimentares a processos de obtenção de energia.
- Identificar os níveis tróficos de uma cadeia alimentar.
- Reconhecer a importância dos produtores, consumidores e decompositores nos ecossistemas.
- Representar uma cadeia alimentar.
- Identificar as cadeias alimentares nas teias alimentares.
- Identificar o fluxo de energia nos sistemas ecológicos.
- Conhecer o conceito de eficiência ecológica.
- Analisar pirâmides ecológicas e seus elementos.
- Interpretar pirâmides ecológicas de número, de biomassa e de energia.
- Associar pirâmides de fluxo de energia à respiração e à fotossíntese.

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

Páginas 111 a 114

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem desse capítulo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**, pois aborda as transformações e transferências de energia entre os seres vivos e os ecossistemas, possibilitando avaliar e prever os efeitos das intervenções humanas sobre eles. Além disso, o trabalho com esse capítulo também contribui para o desenvolvimento da **competência específica 2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois fornece informações para que os estudantes façam interpretações sobre a dinâmica da vida na Terra, contribuindo para que tomem decisões éticas e responsáveis em seu dia a dia.

MODERNA

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Para iniciar o trabalho com esse capítulo, pergunte aos estudantes como os seres vivos obtêm a energia de que necessitam para viver e para realizar diversas atividades. Após conversarem, questione o que sabem sobre o termo "cadeia alimentar". Essa é uma maneira de resgatar os conhecimentos aprendidos nos Anos Finais do Ensino Fundamental e sistematizá-los com os conceitos trabalhados no Ensino Médio. Tome nota das respostas dos estudantes, destacando os conceitos que apresentaram maior dificuldade para desenvolver a fim de enfatizá-los durante o desenvolvimento do capítulo.

METODOLOGIAS ATIVAS

- O trabalho com o cartum da página **111** permite uma conexão com a área de **Linguagens e suas Tecnologias**, preferencialmente com os componentes curriculares **Língua Portuguesa** e **Arte**. O cartum é um gênero textual em que a crítica é retratada com humor. Questione os estudantes sobre qual foi a intenção do cartunista ao retratar a sequência de peixes.
- Peça aos estudantes que elaborem um cartum sobre cadeia alimentar envolvendo o ser humano. Peça que façam um esboço e utilizem lápis de cor e canetas hidrográficas.
- Realize uma apresentação dos trabalhos nas paredes da sala de aula. Oriente os estudantes a observarem todos os trabalhos e colocarem seus comentários em uma folha de papel.
- Peça aos demais professores que visitem a sala para observar os cartuns, socializando as produções. Essa atividade também permite o desenvolvimento da **competência geral 4**, pois utiliza a linguagem artística para expressar críticas sociais.
- Após as visitações, questione os estudantes sobre suas observações e conclusões e como se sentiram com relação às suas produções e às dos colegas.

Página 113

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Reconhecer a grande geração de resíduos na sociedade atual.
- Analisar criticamente a geração e o descarte de resíduos orgânicos.

Orientações

- Oriente os estudantes a se reunirem em grupos de três integrantes. Leve-os ao laboratório de informática e peça que pesquisem a quantidade de resíduos orgânicos gerados no Brasil. Peça que encontrem medidas que possam ajudar a minimizar o descarte desses resíduos.
- Oriente os estudantes a elaborarem um folheto digital e/ou impresso com algumas dicas sobre como reduzir o descarte de matéria orgânica no ambiente. Incentive-os a inserir dicas de reaproveitamento de partes de alimentos que seriam descartadas e a inserirem orientações sobre a elaboração de uma composteira caseira.
- Peça que pesquisem e salvem imagens que representem cada etapa da elaboração da composteira. Essas imagens devem ser colocadas no folheto, de modo a facilitar a compreensão do leitor.
- Se houver espaço adequado, sugira aos estudantes a montagem de uma composteira na escola. Para isso, deve ser escolhido um local livre da circulação de pessoas e animais. E o produto da compostagem pode ser distribuído às famílias para que o utilizem como adubo ou até mesmo para adubar a horta da escola, caso haja uma.

Resposta

- O objetivo dessa questão é que os estudantes proponham medidas aplicáveis no dia a dia que envolvam o aproveitamento de matéria orgânica. Eles podem citar medidas como reaproveitar partes de vegetais que geralmente seriam descartadas, utilizando-as na produção de outros alimentos e evitando seu descarte. Além disso, eles podem citar o uso desses resíduos orgânicos na compostagem, conjunto de técnicas que visa à produção de adubos orgânicos a partir de matéria orgânica.

Página 114

BOXE COMPLEMENTAR

- Ao abordar o tema desse boxe, enfatize aos estudantes o papel dos decompositores na ciclagem dos nutrientes. Ressalte que esses seres vivos são importantes nos ciclos biogeoquímicos devolvendo ao ambiente os elementos químicos que foram assimilados pelos seres vivos. Comente com os estudantes que é mais comum encontrarmos ossos de seres vivos que morreram a um certo tempo do que suas partes moles, como pele, tecido muscular, entre outros tecidos de decomposição mais fácil. A carcaça de insetos, por exemplo, que é composta de quitina, é uma das últimas a serem decompostas.
- Caso os estudantes questionem sobre as minhocas, explique que são organismos classificados como detritívoros. Ao ingerir a matéria orgânica presente no solo, os animais detritívoros ajudam a acelerar o processo de decomposição, uma vez que podem: quebrar os compostos orgânicos (detritos) em partes menores, aumentando a superfície disponível para a ação microbiana; adicionar proteínas ou outras substâncias que estimulam o crescimento microbiano;

MODERNA

estimular o crescimento e a atividade metabólica das populações microbianas.

- **Veja a seguir as respostas das questões do boxe complementar da página 114.**

a) Resposta pessoal. A resposta dependerá do elemento químico escolhido pelo estudante. O objetivo dessa questão é que os estudantes reflitam sobre esse processo em situações cotidianas, relacionando-o com o caminho percorrido pela matéria no ambiente após seu descarte pelo ser humano.

b) Espera-se que os estudantes comentem que a decomposição da matéria orgânica libera diferentes gases, como o gás carbônico (CO_2) e o gás metano (CH_4) que pode ser usado como fonte de energia, o chamado biogás. Nesse caso, além de servir como uma fonte alternativa de energia, obtida a partir de resíduos sólidos, a coleta e tratamento dos gases resultantes da decomposição evitam que os mesmos sejam liberados na atmosfera. Como alguns deles são potenciais gases de efeito estufa, sua retirada do ambiente evita a intensificação desse processo.

Páginas 115 a 117

- Comente com os estudantes que, anteriormente, eles puderam perceber que a matéria passa de um nível trófico a outro, mas quando se pensa em energia, não é tão simples. Relembre-os de que a energia é transformada, o que vale para os seres vivos. Entretanto, nem toda a energia presente em um nível trófico passa para o nível subsequente. Explique aos estudantes que a energia não é perdida, mas pode ser dissipada, por exemplo, na forma de calor.

SALA DOS PROFESSORES

- O assunto dessas páginas permite relacionar as leis da termodinâmica à energia no ambiente. Aproveite a oportunidade para realizar um trabalho conjunto com os professores da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, preferencialmente do componente curricular **Física**, a fim de explorar a aplicação das leis da termodinâmica ao fluxo de energia no ambiente. Sobre esse assunto, leia o trecho do texto a seguir.

A Primeira Lei da Termodinâmica

Em uma alteração física ou química, podemos transformar uma forma de energia em outra, mas nunca podemos criar ou destruir qualquer energia envolvida.

Os cientistas observaram a transformação de uma forma de energia em outra em milhares de alterações físicas e químicas. No entanto, nunca puderam detectar a criação ou destruição de qualquer energia (exceto em alterações nucleares). Os resultados de seus experimentos foram resumidos na lei de conservação de energia, também conhecida como a primeira lei da termodinâmica: *em todas as alterações físicas e químicas, a energia não é criada nem destruída, embora possa ser convertida de uma forma em outra.*

[...]

A Segunda Lei da Termodinâmica

Sempre que a energia muda de uma forma para outra, terminamos com menos energia utilizável do que tínhamos no início.

[...]

Incontáveis experimentos mostraram que, quando a energia muda de uma forma para outra, ocorre uma diminuição na qualidade ou capacidade da energia de realizar trabalho útil. Os resultados desses experimentos foram resumidos na segunda lei da termodinâmica: *quando uma energia muda de uma forma para outra, alguma quantidade da energia útil sempre se degrada em energia de baixa qualidade, mais dispersa e menos útil*. Essa energia degradada geralmente torna a forma de calor emitido aos arredores (ambiente) a uma baixa temperatura. Lá, é dispersa pela movimentação aleatória das moléculas de ar e água e torna-se ainda menos útil como um recurso.

[...]

MILLER, G. T. *Ciência ambiental*. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 31-32.

- Nas páginas **115** e **116**, ao abordar a redução de energia de um nível trófico a outro, leia o trecho do texto a seguir para os estudantes.

[...]

A grande perda energética entre os níveis tróficos sucessivos também explica por que é raro as cadeias e teias alimentares terem mais de quatro ou três níveis. Na maioria dos casos, resta pouquíssima energia, ao final de quatro ou cinco transferências, para suprir os organismos que se alimentam em níveis tróficos maiores. Como consequência, existem relativamente poucos carnívoros de topo, como a águia, o falcão, o tigre e o tubarão branco.

Tal fenômeno também explica o porquê de essas espécies serem geralmente as primeiras a sofrer quando seus ecossistemas são destruídos e tão vulneráveis à extinção. [...]

MILLER, G. T. *Ciência ambiental*. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 51.

- Questione, por exemplo, na teia alimentar da página **117**, a aplicação das leis da Termodinâmica. Averigue se os estudantes percebem que, quanto mais níveis tróficos houver em uma cadeia alimentar, menos energia chegará ao último consumidor.

MODELO

Página 118

INVESTIGUE

BNCC EM DESTAQUE

- Essa atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois aborda o experimento em uma perspectiva científica. Além disso, o trabalho com a investigação científica estimula o desenvolvimento da **competência geral 2**.

Objetivos

- Observar a transpiração vegetal.
- Relacionar a transpiração vegetal ao fluxo de energia nos ecossistemas.

Orientações

- Peça aos estudantes que se reúnam em grupos e tentem responder às questões sugeridas na **Contextualização** sobre a transpiração vegetal. Essas questões contribuem para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a transpiração, além de instigá-los a refletir sobre o tema proposto para a atividade investigativa.

Respostas das questões de contextualização

a) Não. A água (H_2O) é absorvida pelas raízes no estado líquido e é perdida para o ambiente na forma de transpiração, no estado gasoso, dissipando-se pela atmosfera.

b) Sim, pois a transpiração permite que a planta libere energia na forma de calor. Assim, há menos energia para o nível trófico seguinte.

c) Sim, ao descobrir a taxa de transpiração é possível identificar a quantidade de água perdida.

- Após a discussão inicial, é o momento de os estudantes trocarem ideias para desenvolver uma atividade prática experimental, a fim de buscar respostas às questões iniciais. Certifique-se de que os grupos formados estejam homogêneos e bem distribuídos na sala.
- Essa atividade proporciona uma oportunidade para desenvolver o **pensamento computacional** dos estudantes. Oriente-os para que analisem o problema buscando decompô-lo em etapas, a fim de facilitar a busca de soluções. Incentive os estudantes a refletir sobre cada questão sugerida. O objetivo dessas questões é levá-los a considerar importantes aspectos que devem ser considerados na realização da atividade prática. Acesse com os estudantes o *site* do *Projeto Rios Voadores*. Disponível em: <https://riosvoadores.com.br/>. Acesso em: 14 abr. 2021. Esse projeto visa mostrar como a água formada na região amazônica influencia o ciclo da água, a quantidade de água disponível, a umidade do ar e a temperatura em diversas regiões.
- Peça aos estudantes que pensem em um experimento capaz de medir a quantidade de água dispensada pelas plantas na evapotranspiração. Questione como seria possível medir essa água.
- Veja a seguir uma sugestão de procedimento para a investigação da transpiração vegetal.

Materiais

- garrafa PET de 3 ou 5 litros com tampa
- filme de PVC
- cascalho
- solo
- plantas
- recipiente pequeno, menor que a garrafa, como um pote pequeno de iogurte

Procedimentos

a) Monte um ecossistema fechado no interior de uma garrafa PET, cortando-a no sentido longitudinal.

b) Em uma metade deposite cascalho e solo.

c) Distribua as plantas no solo. Enterre o recipiente pequeno no centro da garrafa, deixando a abertura descoberta.

d) Despeje água suficiente para deixar o solo úmido, sem encharcá-lo.

e) Feche a garrafa com a outra metade, vedando com filme de PVC. Tampe a garrafa.

f) Coloque o terrário em um local que receba luz solar por seis horas.

- As plantas realizam fotossíntese, liberando gás oxigênio (O_2). Então, as plantas sobreviverão mesmo com a garrafa vedada.
- Peça aos estudantes que abram o terrário com cuidado, para não virar o recipiente. A água depositada no recipiente deve ser colocada em uma proveta pequena para medir a quantidade de água condensada.

Respostas para as questões

1. Parte da água ficou no recipiente central após sofrer condensação.
2. As hipóteses foram confirmadas, pois a planta perde água por transpiração.
3. O calor acentua a transpiração.
4. Como as plantas liberam água para o ambiente na forma de vapor, ele vai para a atmosfera, mantendo sua umidade e permitindo a continuidade do ciclo da água.

Destino dos resíduos

- As plantas utilizadas na investigação podem ser replantadas no solo de uma área da escola ou da residência dos estudantes. A garrafa PET deve ser encaminhada para reciclagem.

Páginas 121 a 123

- Na página **121**, retome com os estudantes o conceito de pirâmides ecológicas. Explique a eles que as pirâmides ecológicas são representações gráficas formadas por barras sobrepostas, que representam o número de indivíduos, ou

MODERNA

de biomassa, ou de energia nos diferentes níveis tróficos de uma cadeia alimentar. A base das pirâmides ecológicas corresponde ao primeiro nível trófico da cadeia alimentar, o dos produtores, enquanto as camadas superiores sucessivas correspondem aos níveis tróficos dos consumidores.

- Diga aos estudantes que as plantas são consideradas estoques de carbono (C), pois a maior parte do CO_2 fixado durante a fotossíntese é armazenada nos tecidos vegetais. Isso está diretamente associado à elevada produção desse nível trófico. Por isso, as florestas ajudam a aprisionar o carbono. Aproveite para retomar os conteúdos estudados no capítulo anterior.
- Nas páginas **121** e **122**, caso os estudantes questionem como seriam as pirâmides de massa e energia nos ecossistemas aquáticos, explique que, nesses ambientes, a maioria dos organismos fotossintetizantes são bactérias e protistas. Como as taxas de divisão celular são altas, baixa biomassa dos seres fotossintetizantes é capaz de alimentar maior biomassa de animais herbívoros, que apresentam reprodução mais lenta. Nesse caso, a pirâmide é invertida para biomassa e típica para energia. Grande parte da energia é convertida em biomassa e consumida por detritívoros, que transformam os detritos em gás carbônico, água e nutrientes, que podem ser absorvidos pelas plantas.
- Na página **122**, é apresentada a fotografia de uma baleia-jubarte. Para explicar como esses animais sobrevivem em temperaturas negativas, acesse com os estudantes o *site* da *Scientific American Brasil*. Disponível em: <https://sciam.com.br/termorregulacao-de-mamiferos-marinhos-impede-que-morram-congelados/>. Acesso em: 18 ago. 2020. É importante entender que os seres vivos têm mecanismos próprios de manutenção do calor.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Após o estudo do capítulo, faça o seguinte questionamento aos estudantes: a partir do que foi abordado nesse capítulo, você considera que a denominação "ciclos alimentares" proposta pelo biólogo inglês Charles Elton (1900-1991), em 1927, estava correta? Justifique.
- Averigue se os estudantes concluem que não, pois nas relações alimentares a transferência de matéria e energia não é cíclica. O que se observa nessas relações é que apenas a matéria pode ser reciclada, mas a energia só pode ser transformada. A energia move-se de forma unidirecional e precisa ser constantemente inserida na cadeia alimentar por meio dos organismos autótrofos.
- Peça aos estudantes que respondam citando os argumentos que embasam sua resposta. Anote as respostas na lousa e caso algum estudante discorde, peça que refute a ideia com argumentos. Oriente-os, corrigindo as informações, se necessário. É importante que troquem ideias sobre o assunto, mobilizando seus conhecimentos.
- Essa atividade permite a revisão dos conteúdos acerca do fluxo de matéria e energia nos ecossistemas.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 111

1. Os estudantes podem responder que um peixe tenta comer o outro, e o menor deles tenta enganá-los oferecendo sardinha em lata.

2. Os seres vivos do cartum estão se relacionando por meio da alimentação, mais especificamente da predação.

3. Espera-se que os estudantes respondam que a alimentação é o modo como seres vivos heterotróficos obtêm sua energia, uma vez que os alimentos contêm energia. Para que ela seja utilizada pelos seres vivos, é necessário que os alimentos sejam inicialmente transformados em partes menores, que então serão transformadas em moléculas de adenosina trifosfato (ATP), energia utilizável pelas células.

Página 117

9.

- planta → inseto → tatu-bola → onça-parda
- planta → inseto → rã → teiú → onça-parda
- planta → inseto → rã → cobra-cipó → acauã → → onça-parda
- planta → inseto → calango → acauã → onça-parda
- planta → inseto → calango → cobra-cipó → → acauã → onça-parda
- planta → inseto → gambá-de-orelha-branca → → cobra-cipó → acauã → onça-parda
- planta → mocó → onça-parda

Páginas 119 e 120

2. Alternativa **e**. Todos os itens estão corretos e correlacionados com o enunciado.

3. Alternativa **d**. Na biosfera, a quantidade total de energia captada pelos produtores (A) é igual à soma de energia liberada pelos seres vivos (B) mais a energia incorporada na forma de matéria orgânica (C).

4. Os estudantes podem montar as seguintes cadeias:

I) algas (produtor) → peixes (consumidor primário)

II) algas (produtor) → peixes (consumidor primário) → → tubarão (consumidor secundário)

III) algas (produtor) → zooplâncton (consumidor primário)

IV) algas (produtor) → zooplâncton (consumidor primário) → → peixes (consumidor secundário)

V) algas (produtor) → zooplâncton (consumidor primário) → → peixes (consumidor secundário) → tubarão (consumidor terciário)

VI) algas (produtor) → zooplâncton (consumidor primário) → → peixes (consumidor secundário) → ser humano (consumidor terciário)

VII) algas (produtor) → zooplâncton (consumidor primário) → → peixes (consumidor secundário) → ave marinha (consumidor terciário)

MODERNA

VIII) algas (produtor) → zooplâncton (consumidor primário) → → peixes (consumidor secundário) → ser humano (consumidor terciário) → fungos e bactérias decompositores

IX) algas (produtor) → zooplâncton (consumidor primário) → → peixes (consumidor secundário) → tubarão (consumidor terciário) → ser humano (consumidor quaternário) → → fungos e bactérias decompositores

5. Alternativa **a**. As microalgas componentes do fitoplâncton realizam a transição do elemento químico carbono de sua forma inorgânica (CO_2) para a forma orgânica $(C_6H_{12}O_6)$, por meio da fotossíntese.

6. **c)** Espera-se que os estudantes respondam que sim, pois, de acordo com o texto, a população de escorpiões tem aumentado, entre outros motivos, devido à falta de predadores naturais.

d) Os estudantes podem responder que isso ocorre, por exemplo, devido à ampliação das áreas urbanas que resulta na redução de áreas de ocupação natural dos escorpiões. Além disso, esses animais se favorecem do acúmulo de resíduos, resultantes das atividades humanas. Sua disseminação é favorecida pela ausência de predadores naturais, muitas vezes eliminados do ambiente também devido à ação humana.

e) madeira → baratas → lagarto
madeira → baratas → sapo
madeira → baratas → coruja
flores → baratas → lagarto
flores → baratas → sapo
flores → baratas → coruja
plantas → aves (fezes) → baratas → lagarto
plantas → aves (fezes) → baratas → sapo
plantas → aves (fezes) → baratas → coruja

7. Alternativa **b**. Se a quitridiomicose fizer com que parte dos anfíbios morra, espera-se, a curto prazo, que: a população de insetos aumente, pois haverá diminuição de seu predador; ocorra a diminuição da população de algas, em razão do aumento da população de insetos; a população de peixes diminua, pois sua fonte de alimentos (os anfíbios) diminuiu; e, por fim, sem peixes para se alimentar, a população de aves também sofrerá diminuição.

Página 124

1. Soma: 02 + 04 + 08 + 32 = 46

01 - Incorreto. Os organismos que se alimentam do fitoplâncton são os consumidores primários.

16 - Incorreto. O crustáceo *krill* é consumidor primário. As lulas podem ser consumidores secundários quando comem copépodes ou consumidores terciários quando se alimentam de peixes que ingeriram copépodes.

64 - Incorreto. As baleias com dentes e os cachalotes são predadores de topo na teia alimentar apresentada.

2. Alternativa **c**. A produtividade primária líquida corresponde à biomassa vegetal acumulada em determinada área, em certo intervalo de tempo, e é representada na base da pirâmide de energia.

3. **a)** Espera-se que os estudantes respondam que a floresta úmida tropical é a que apresenta a maior Produtividade Primária Líquida (PPL) por unidade de área, ou seja, por km². Isso significa que, em determinado intervalo de tempo, esse ecossistema é responsável por produzir e disponibilizar ao nível trófico superior uma maior quantidade de matéria orgânica, quando comparado com o ecossistema oceano.

b) Os estudantes podem responder que para a floresta úmida tropical, a quantidade de matéria orgânica produzida em um ano é de $37\,400 \cdot 10^{12}$ g. Para o oceano, essa quantidade é de $41\,500 \cdot 10^{12}$ g.

Floresta úmida tropical
Área: $17 \cdot 10^{12}$ m²
Média de produtividade: 2 200 g/m²/ano
Resolução: $\left(17 \cdot 10^{12}\right)$m² · 2 200 g/m²/ano = $= 37\,400 \cdot 10^{12}$ g/ano

Oceano
Área: $332 \cdot 10^{12}$ m²
Média de produtividade: 125 g/m²/ano
Resolução: $\left(332 \cdot 10^{12}\right)$ m² · 125 g/m²/ano = $= 41\,500 \cdot 10^{12}$ g/ano

c) Pode-se concluir que, apesar de a velocidade de produção de matéria orgânica (PPL) ser maior no ecossistema de floresta úmida tropical, o oceano é o ecossistema que injeta maior quantidade de matéria orgânica na Terra.

4. Os estudantes podem responder que a produtividade bruta se refere à taxa com que um produtor converte energia solar em energia química na forma de biomassa, isto é, a quantidade de matéria orgânica total produzida pelo organismo, desconsiderando a quantidade de energia utilizada pelo próprio organismo ou dissipada para o ambiente. Já a produtividade líquida se refere à quantidade de energia, sob a forma de matéria orgânica, que se encontra disponível para o próximo nível trófico.

5. Espera-se que os estudantes respondam que os seres vivos se assemelham a sistemas térmicos do tipo abertos, uma vez que ocorre troca de energia com o meio, ou seja, eles não são isolados. Isso é verificado, por exemplo, na dissipação de parte da energia obtida por meio do calor, fazendo com que a energia diminua ao longo da cadeia alimentar, do produtor em direção aos consumidores.

CAPÍTULO 3
A energia nos sistemas termodinâmicos

Objetivos

- Conceituar sistemas termodinâmicos.
- Classificar os sistemas termodinâmicos de acordo com as suas características.
- Classificar os sistemas em: abertos, fechados ou isolados e dissipativos ou conservativos.

MODERNA

- Conhecer as variáveis que descrevem o estado termodinâmico de um sistema, como: temperatura, pressão, volume, massa, entre outros.
- Conhecer alguns exemplos de sistemas termodinâmicos.
- Compreender o princípio de conservação de energia em processos de troca de calor em sistemas termodinâmicos.
- Entender que sempre haverá dissipação de energia nos processos termodinâmicos não ideais.
- Aplicar os conhecimentos sobre sistemas termodinâmicos em situações do cotidiano.

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

Páginas 125 a 132

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento das **competências específicas 1** e **2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, pois possibilita aos estudantes compreender a aplicação do princípio da conservação da energia em sistemas termodinâmicos e analisar o planeta Terra como um desses sistemas, utilizando interpretações sobre sua dinâmica de aproveitamento da energia solar para aquecer o planeta, fundamental tanto para a manutenção da vida como para a biodiversidade da Terra.
- Também possibilita desenvolver as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT102** ao abordar o conhecimento sobre as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria e de energia, além de permitir previsões, avaliar possíveis intervenções e construção de protótipos de sistemas térmicos considerando a sua composição e os efeitos de suas variáveis termodinâmicas.

METODOLOGIAS ATIVAS

- Se julgar interessante, inicie o trabalho desse capítulo utilizando a estratégia *one minute paper*; veja mais orientações na página **XX** deste suplemento. Promova um momento para que eles discutam sobre a questão **1** da página **125**.

  Questione os estudantes sobre o que eles entendem por "sistema", e o que seria para eles um "sistema termodinâmico"; peça que escrevam as respostas em um pedaço de papel. Disponibilize o tempo de um minuto para cada um dos questionamentos propostos.
- Ao final de dois minutos, recolha os papéis com as respostas e leia algumas delas com a turma sem identificar o nome do estudante, e proponha discussões sobre o tema.
- A estratégia contribui para o desenvolvimento da agilidade e da habilidade de síntese e permite explorar os conhecimentos prévios dos estudantes.

- Enfatize aos estudantes que um sistema corresponde a um grupo bem definido de átomos, moléculas, partículas ou corpos. Cite exemplos como o planeta Terra, o corpo de um ser vivo, o vapor quente no interior de uma máquina térmica, um líquido aquecido armazenado no interior de uma garrafa térmica, entre outros.

  Diga a eles que o mais importante é ser capaz de definir claramente o que está contido no sistema e o que está fora dele, e compreender que, quando se adiciona energia a ele, o sistema pode usá-la para aumentar sua energia própria interna se esta permanecer nele, ou para realizar um trabalho sobre os elementos que são externos a ele, caso a energia deixe o sistema.
- Enfatize aos estudantes que um sistema termodinâmico é caracterizado por suas variáveis de estado termodinâmico, e quando conhecidos a massa, a pressão, o volume e a temperatura, as condições em que o sistema se encontra ficam caracterizadas, permitindo seu estudo.
- Os sistemas podem interagir com a sua vizinhança de várias formas, daí a importância de caracterizá-los.

  A vizinhança de um sistema é tudo aquilo que está ao seu redor e que também pode ser chamado, além de ambiente, de meio externo ou exterior.
- Antes de trabalhar os tipos de sistemas termodinâmicos com os estudantes, é importante que eles compreendam que esses sistemas são capazes tanto de armazenar em seu interior qualquer energia recebida quanto, posteriormente, devolvê-la ao ambiente. Assim, qualquer corpo pode então constituir uma reserva de energia, chamada energia interna.

  Comente que nos organismos vivos a energia é armazenada, principalmente, na forma de substâncias químicas que, quando transformadas por processos bioquímicos, liberam parte dessa energia se necessário.

Página 125

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Conceituar sistemas termodinâmicos.
- Identificar sistemas termodinâmicos em situações do cotidiano.

Orientação

- Oriente os estudantes a iniciarem essa atividade conversando sobre o conceito que eles têm de sistemas termodinâmicos. Em seguida, eles devem fazer a pesquisa com base no que conversaram anteriormente.

Resposta

- Espera-se que os estudantes citem dispositivos simples, como uma panela com água aquecida pela chama do fogão. Observa-se a troca de energia entre chama e panela e entre panela e ambiente. A troca de massa só ocorre quando a panela está aberta, caracterizando-a como um sistema

MODERNA

aberto (trocas de massa e energia), entretanto, caso esteja tampada, essa troca não ocorre, caracterizando-a como um sistema fechado (trocas de energia, mas não de massa).

SALA DOS PROFESSORES

- Se julgar interessante, proponha aos estudantes uma atividade em grupo para discutir a importância da energia contida nas ligações químicas para os sistemas e para os organismos vivos.
- Para isso, divida a sala em grupos de quatro integrantes e peça a eles que respondam às seguintes questões:
  > Por que a ingestão de alimentos é importante para a nossa sobrevivência?
  > Por que, diferentemente dos seres humanos e outros animais, as plantas não precisam de grande complementação de outras substâncias para o seu desenvolvimento?
- Proponha um momento para que os estudantes se reúnam durante a aula e respondam às questões. Peça que anotem suas conclusões em um material que possam entregar ao final da aula.
- Além de contribuir para o desenvolvimento das **competências gerais 2** e **9**, exercitando a curiosidade intelectual e utilizando o conhecimento das diferentes áreas das Ciências com empatia, diálogo, cooperação e respeito entre os estudantes, a atividade também possibilita o trabalho com os professores da área de **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, dos componentes curriculares **Biologia** e **Química**.
- Para finalizar, convide antecipadamente os professores dos componentes curriculares **Biologia** e **Química** para uma aula em conjunto com a turma. O objetivo é dar um retorno para os estudantes quanto às suas respostas e proporcionar um momento para novas discussões sobre o tema.

  É importante que eles compreendam que a energia contida nas ligações químicas representa um importante componente da energia interna dos sistemas, e que os seres humanos, por exemplo, necessitam repor a energia gasta diariamente para manter todas as atividades do corpo, que vão desde o funcionamento dos órgãos até o movimento mecânico de nossos músculos.

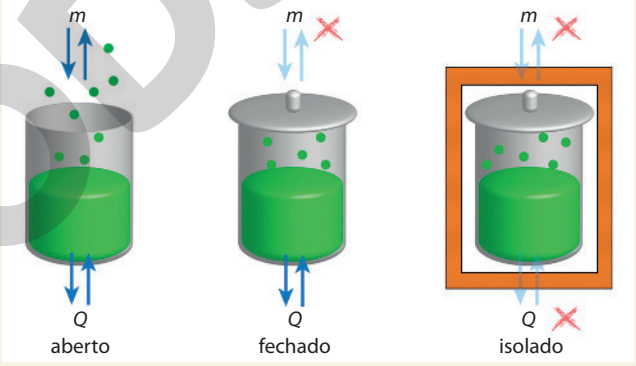
  Para isso é necessário a ingestão de alimentos que aumentem, desta forma, a energia interna do sistema.

  Por meio do metabolismo interno do corpo, os alimentos energéticos são transformados em outras substâncias liberando a energia necessária para o funcionamento do organismo dos seres humanos.
- Já as plantas conseguem quase toda a energia para o seu desenvolvimento do Sol; elas usam a radiação solar para realizar a fotossíntese. Mas ainda precisam de alguns elementos químicos que são retirados da atmosfera terrestre e do solo.
- Se julgar interessante, comente com os estudantes que todos os seres vivos estão em permanente troca de matéria e energia com o meio ambiente, por meio dos processos termodinâmicos.

- Ao trabalhar os tipos de sistemas termodinâmicos, é necessário que os estudantes compreendam seus limites físicos e as possíveis trocas, tanto de matéria como de energia, com o meio externo.

  Verifique se eles compreendem que os sistemas abertos podem trocar energia e matéria com o meio externo como ocorre com os seres vivos e o ambiente. Já os fechados trocam apenas energia com o ambiente, por meio de transferência de calor ou por trabalho.

  Ressalte que em sistemas isolados, como os mostrados na página **127**, não ocorre nem troca de energia nem troca de matéria com o meio externo. Entretanto, destaque que todos os sistemas reais possuem alguma interação com o meio exterior.
- Se julgar interessante, reproduza na lousa uma imagem simples, mas que represente de maneira adequada os três tipos de sistemas termodinâmicos citados, como a apresentada abaixo, em que as setas representam as trocas de matéria e calor com o ambiente.



MAGNETIX/SHUTTERSTOCK

Representação de sistemas termodinâmicos. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

- Explore a imagem da garrafa térmica na mesma página e diga aos estudantes que ela se aproxima de um sistema isolado; esses tipos de garrafa são um exemplo de calorímetro real, pois são construídas com o objetivo de evitar trocas de calor com o ambiente, mantendo assim a temperatura dos líquidos em seu interior constante. Porém, após certo intervalo de tempo, verificamos que a temperatura do líquido muda.
- O calorímetro é um equipamento usado para medir o calor transferido de um corpo para outro, e reproduz um sistema termicamente isolado, evitando as trocas de calor com o ambiente.

  Se julgar conveniente, construa um calorímetro com os estudantes utilizando materiais de baixo custo. Se for possível,

EM MODERNA

distribua a turma em grupos para a confecção, ou construa um equipamento com a ajuda deles e permita que todos possam explorá-lo. Veja a seguir como organizar e executar a atividade.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Para medir o calor transferido de um corpo para outro podemos usar o calorímetro, que é um aparelho capaz de produzir um sistema termicamente isolado, evitando trocas de calor com o ambiente. Dessa forma, se duas substâncias forem misturadas em um calorímetro ideal, as trocas de calor ocorrerão apenas entre elas, até atingirem o equilíbrio térmico.
- A proposta é que os estudantes construam um calorímetro e percebam como ele pode evitar parte das trocas de calor dos materiais colocados em seu interior com o ambiente.
- O calorímetro pode ser feito com um recipiente de poliestireno expandido (EPS) moldado para latas de alumínio (de refrigerante, por exemplo), colocando em seu interior uma dessas latas com a extremidade superior aberta.

  Na tampa do recipiente faça um furo central com o mesmo diâmetro do termômetro que será usado para medir a temperatura dos materiais em seu interior.
- Para a investigação das temperaturas dos materiais, separe antecipadamente para a aula: termômetros de álcool com graduação de $-10\ °C$ a $60\ °C$, água, copo medidor de volume, luvas de borracha (luvas de proteção), gelo, tesoura e estilete.

  Se possível, realize a atividade no laboratório de ciências da escola, já que será necessário o uso de uma fonte de calor (fogão ou lamparina a álcool) para aquecer a água. Você também pode levar a água já aquecida em uma garrafa térmica e outra garrafa térmica com os cubos de gelo, facilitando a execução da atividade, mesmo em sala de aula.
- Separe a turma em grupos de cinco estudantes e escreva na lousa as orientações para a atividade, pedindo que façam a medição da temperatura da água antes e depois de ser inserida no calorímetro, primeiro separadamente, em seguida misturando água aquecida com água à temperatura ambiente e, por fim, adicionando-se os cubos de gelo à água em temperatura ambiente.

  Peça que só façam a medição do líquido no interior do calorímetro após cerca de 30 segundos a 1 minuto, e avaliem se a temperatura foi mantida pelo equipamento.

  Oriente-os a verificar se o valor obtido para a temperatura após a água ser colocada no calorímetro, respeitando o intervalo de tempo, foi igual ou diferente à temperatura medida inicialmente, e quais fatores podem ter interferido nos resultados obtidos por eles.
- Peça que anotem os valores encontrados para as medidas de temperatura e suas conclusões no caderno, e depois disponibilize um tempo para que os grupos possam trocar informações e discutir sobre os resultados encontrados.
- Não permita que os estudantes manipulem as fontes de calor e objetos cortantes. Execute esta etapa para eles.

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade sugerida anteriormente 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.

- Por fim, explique aos estudantes que quando um sistema é considerado fechado ou isolado, sua energia apenas se transforma de uma forma em outra ou é transmitida de um objeto a outro, o que corresponde ao princípio da conservação da energia, estendido a todos os fenômenos naturais.
- Ao trabalhar o conceito de sistema termodinâmico dissipativo na página **128**, explore a imagem que evidencia o aquecimento do motor. Um motor de automóvel é uma máquina que transforma energia química armazenada no combustível em energia mecânica.

  Explique aos estudantes que essa energia armazenada se degrada também em formas não úteis, mas que não deixa de ser importante no sistema como um todo; correspondendo à ordem natural do processo. Ela não pode mais ser utilizada para mover, por exemplo, outro carro.

  Grande parte dessa energia é transformada em energia térmica, usada para aquecer os passageiros no inverno, mas a maioria é perdida. Uma parte sai com os gases da exaustão, outra é dissipada no ar pelo sistema de resfriamento, ou diretamente nas partes aquecidas do automóvel.

  Enfatize que em qualquer transformação de energia ocorre uma perda da energia útil disponível.
- Se julgar adequado, ao abordar a Terra e os organismos vivos como sistemas dissipativos, comente que estudos indicam que a luta pela vida consiste em dissipar o grande gradiente de temperatura recebido pelo planeta pela radiação solar. A Terra dissipa parte da energia recebida do Sol, por meio de fenômenos climáticos como tornados, correntes marinhas, furacões, nuvens, entre outros, além da energia dissipada por sistemas mais complexos, como plantas e animais, iniciando na fotossíntese e na transpiração, e depois incorporada na cadeia alimentar, o que faz com que menos radiação infravermelha seja devolvida para a atmosfera terrestre, mantendo o equilíbrio térmico e permitindo que a Terra se mantenha como um grande organismo vivo.

MODERNA

- O sistema conservativo abordado na página **130** pode ser trabalhado discutindo as propriedades do calorímetro, e enfatizando o princípio da conservação da energia. Entretanto, chame a atenção dos estudantes para o fato de que em qualquer situação real o material trocará parte da energia com a substância que compõe o equipamento, sendo necessário conhecer a sua capacidade térmica.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Se julgar conveniente, utilize a estratégia *think-pair-share* para a questão **2** da página **131**. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXII** deste suplemento.

  Caso julgue adequado, peça aos estudantes que, antes de elaborarem suas respostas, discutam sobre o tema e compartilhem suas ideias com um colega. Em seguida, permita que eles as socializem com um grupo maior, por exemplo, de quatro a cinco estudantes.

  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 e desenvolve habilidades de oralidade e argumentação, além de incentivar os estudantes a ouvir e respeitar diferentes opiniões.
- Para finalizar, analise as respostas das atividades e perceba se há necessidade de retomar os conceitos de conservação e de dissipação de energia abordados durante o capítulo.

Páginas 133 e 134

BNCC EM DESTAQUE

- A atividade da seção **Investigue** favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois incentiva os estudantes a elaborar hipóteses e explicar dados experimentais sob uma perspectiva científica. Além disso, possibilita o desenvolvimento da **competência geral 2**, promovendo a investigação e a interpretação dos resultados experimentais para construir, avaliar e justificar suas conclusões.
- Ainda permite o desenvolvimento da **competência geral 9** ao exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, promovendo o respeito entre os estudantes.

Página 133

INVESTIGUE

Objetivos

- Compreender as características dos sistemas termodinâmicos.
- Observar a interação do sistema com o meio externo.
- Verificar fatores que influenciam no comportamento do sistema em relação ao seu tipo de classificação.

Orientações

- Essa atividade possibilita o desenvolvimento do **pensamento computacional**. Para isso, solicite que decomponham o problema em partes menores, facilitando a resolução, com atenção aos detalhes importantes que devem ser considerados na execução da atividade. Em seguida, elabore com eles um esquema que organize as etapas da investigação, destacando o levantamento de hipóteses, a elaboração do procedimento, a observação dos resultados, a troca de ideias sobre os resultados, a elaboração de uma conclusão e a divulgação dos resultados.

  As questões de **Orientação** presentes na página do **Livro do estudante** os auxiliam a organizar as etapas da resolução da atividade.
- Pergunte aos estudantes quais são as características de um sistema termodinâmico aberto e de um sistema termodinâmico isolado. Se achar necessário, liste as características mencionadas pelos estudantes na lousa.
- A partir das características listadas, pergunte quais possíveis materiais utilizados na construção do dispositivo suprem as necessidades apontadas. Peça que descrevam as características de cada material e justifiquem o seu uso.

Respostas das questões de contextualização

a) A troca de energia ocorre entre a chama do fogão e a panela, causando o aumento de sua temperatura interna. A troca de massa da panela de pressão com o ambiente ocorre por meio de uma das válvulas que estão em sua tampa. Essa válvula permite a saída de vapor, a fim de controlar a pressão no seu interior.

b) Espera-se que os estudantes citem água fervente em uma panela sem tampa ou o corpo humano como exemplos de sistemas abertos e a atmosfera terrestre ou uma roupa de mergulho como exemplos de sistemas isolados.

.....

- Peça que um estudante de cada grupo fique responsável por registrar todos os procedimentos por meio de vídeos.
- Oriente os estudantes a divulgar os resultados, as discussões das questões e as conclusões de forma expositiva para o restante da turma.
- Veja a seguir uma sugestão de materiais que poderão ser utilizados para as montagens dos sistemas termodinâmicos.

Materiais

- recipientes metálicos (latas vazias de refrigerante, por exemplo)
- porta-lata térmico de poliestireno expandido (EPS) com tampa
- aquecedor elétrico
- termômetro
- cronômetro
- água
- recipiente graduado

Procedimentos

a) Peça a um adulto que retire a extremidade superior de duas latas metálicas e insira uma das latas no porta-lata térmico.

MODERNA

b) Peça a um adulto que faça um furo na tampa do porta-lata, de mesmo diâmetro que o termômetro.

c) Peça a um adulto que aqueça 500 mL de água até 80 °C. Para isso, acompanhe a temperatura da água com o termômetro enquanto é aquecida por meio do aquecedor elétrico.

d) Distribua igualmente a quantidade de água aquecida nas duas latas (250 mL cada), encaixe a tampa na lata que está inserida no porta-lata e inicie a contagem de tempo por meio de um cronômetro.

e) A cada 5 minutos, meça a temperatura da água nos dois recipientes e anote. Repita o procedimento por 30 minutos.

f) No fim dos 30 minutos, meça a quantidade de água restante em cada lata utilizando o recipiente graduado.

- Oriente os estudantes a não manipularem objetos cortantes nem o aquecedor elétrico. As etapas que envolvem esses instrumentos devem ser realizadas por um adulto.
- Oriente os estudantes a registrarem no caderno todas as observações e questionamentos que surgirem durante a realização da atividade.
- Leve os estudantes a perceberem que a variação da quantidade de água e de temperatura é uma consequência da troca de energia do sistema com o meio externo.
- Explique que, diferentemente dos sistemas ideais, um sistema isolado troca o mínimo de energia possível com o ambiente, como é observado na lata que está isolada termicamente por meio do porta-lata térmico, em que ela apresenta o mínimo de variação de temperatura.

Respostas para as questões

1. Espera-se que os estudantes utilizem materiais de fácil acesso, como recipientes ou embalagens recicláveis.

2. Os materiais utilizados para o sistema termodinâmico aberto devem ser materiais condutores, e a substância no seu interior deve ter contato direto com o meio externo. Já para o sistema isolado, os materiais devem ser isolantes, que dificultem o máximo possível a troca de energia com o meio externo, e que não seja possível perder matéria para o ambiente, ou seja, que ele seja vedado.

3. Espera-se que os estudantes relatem a realização de medição que caracterize e diferencie os sistemas termodinâmicos, e que essas grandezas remetam à matéria e energia.

4. A troca de energia do sistema com o meio externo pode ser analisada por meio da temperatura. Portanto, afere-se a variação da temperatura em função do tempo. A troca de matéria pode ser analisada por meio da quantidade de massa da substância. Assim, afere-se a variação de massa do sistema.

Destino dos resíduos

- As latas metálicas devem ser encaminhadas para reciclagem. A água pode ser descartada na pia. Os outros materiais podem ser reaproveitados em outras atividades.

Páginas 134 e 135

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Se julgar conveniente, sugira que os estudantes realizem as atividades **2** e **3** da página **134** utilizando a estratégia *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. Com base nas respostas dos estudantes, verifique se compreenderam os conceitos trabalhados no capítulo e a necessidade de retomada sobre os temas.
- A atividade **4** das páginas **134** e **135** pode ser realizada por meio da estratégia *polling*. Veja mais orientações sobre essa estratégia na página **XXIII** deste suplemento. Solicite aos estudantes que votem nas alternativas que considerarem mais adequadas como respostas das atividades; esta votação pode ser feita de forma anônima. Permita que discutam suas ideias com os colegas e depois votem novamente na resposta que julgarem mais adequadas.

Respostas e orientações para as Atividades

Páginas 134 a 136

1. a) Considerando apenas o funcionamento do refrigerador, ele pode ser classificado como um sistema fechado, uma vez que não há trocas de matéria, pois os gases no interior do circuito não são liberados para o exterior. Por outro lado, considerando que é possível adicionar ou remover os alimentos (matéria) armazenados nele, esse aparelho também pode ser classificado como um sistema aberto. Além disso, ele realiza trocas de calor com o ambiente, retirando essa energia do interior e levando para o exterior.

b) Não. Apesar de possuir a característica de conservar a temperatura de alimentos, o que se assemelha a uma caixa ou garrafa térmica, o refrigerador, ao contrário delas, realiza trocas de calor com o ambiente.

c) Não. Com o passar do tempo, a temperatura no interior aumenta até entrar em equilíbrio térmico com a temperatura do ambiente, pois o sistema de vedação nas portas não é suficiente para evitar a troca de calor com o meio externo.

d) $T(150) = 5{,}00\ ^\circ\text{C}$. Considerando a taxa de aumento na temperatura constante, temos uma função de primeiro grau, a qual pode ser escrita como:

$T(t) = T_0 + 0{,}02 \cdot t$

em que: $T(t)$ é a medida da temperatura em função do tempo e T_0 é a temperatura inicial, ambos em graus Celsius, e t é o tempo em minutos. Desse modo, sabendo que 2,5 horas = 150 minutos, tem-se:

$T(t) = T_0 + 0{,}02 \cdot t \Rightarrow T(150) = 2{,}00 + 0{,}02 \cdot 150 \Rightarrow$

$\Rightarrow T(150) = 2{,}00 + 3{,}00 = 5{,}00 \therefore T(150) = 5{,}00\ ^\circ\text{C}$

MODERNA

e) $t = 100$ minutos. Neste caso, sabe-se que $T(t) = 4{,}00\ ^\circ C$. Portanto, o tempo necessário para que isso ocorra é dado por:

$T(t) = T_0 + 0{,}02 \cdot t \Rightarrow 4{,}00 = 2{,}00 + 0{,}02 \cdot t \Rightarrow$

$\Rightarrow t = \dfrac{2{,}00}{0{,}02} \therefore t = 100$ minutos

f) Sim. Abrir e fechar a porta aumenta a taxa de aumento da temperatura, pois ocorre maior troca de calor com o ambiente quando a geladeira está aberta.

Quanto à conta de luz, ela aumentaria sim, pois o compressor não funciona de maneira contínua, portanto é desligado quando a temperatura interna atinge a ajustada no termostato. Assim, abrir e fechar a geladeira a todo instante aumenta a quantidade de energia utilizada, consequentemente aumenta o valor na tarifa de energia elétrica.

2. Existe vácuo para impedir que ocorram trocas de calor, por condução e convecção, entre o interior da garrafa e o meio externo. Já a parede interior espelhada tem a função de impedir a troca de calor com o ambiente por meio da radiação.

3. A locomotiva a vapor realiza trocas de matéria ao receber a água para a caldeira e o carvão que alimenta a fornalha, enquanto libera parte do vapor e da fumaça pela chaminé. Além disso, realiza trocas de calor com o ambiente. Portanto, ela pode ser classificada como um sistema aberto e dissipativo, já que apenas parte da energia é aproveitada enquanto a outra parte é dissipada para o ambiente.

4. Alternativa **e**. O princípio da conservação da energia é observado em qualquer sistema fechado, e é aplicado de forma prática em uma grande quantidade de atividades humanas; o que ocorre é a conversão de uma forma de energia em outra.

6. Alternativa **c**. Considerando que o motor é um sistema termodinâmico aberto e dissipativo, e, de acordo com o texto fornecido no enunciado, apenas uma parte da energia armazenada no combustível é transformada em energia útil por meio da combustão do motor, sendo a outra parte convertida em outros tipos de energia, como a térmica e a sonora.

9. $T = 60\ ^\circ C$. Considerando o calorímetro como um sistema termodinâmico isolado, toda quantidade de calor perdida pela quantidade de água com maior temperatura é recebida pela outra quantidade com menor temperatura. Portanto, tem-se a igualdade:

$Q_{perdido} = -Q_{recebido}$

Como não há mudança de fase física, utiliza-se a equação fundamental da calorimetria, em que:

$m_1 \cdot c_{água} \cdot \Delta T_1 = -\left(m_2 \cdot c_{água} \cdot \Delta T_2\right)$

As substâncias misturadas são as mesmas, portanto seus calores específicos serão iguais. Sendo $\Delta T = T - T_0$, em que T é a temperatura de equilíbrio e T_0 é a temperatura inicial, tem-se:

$200 \cdot (T - 20) = -\left[400 \cdot (T - 80)\right] \Rightarrow$

$\Rightarrow 200 \cdot T - 4\,000 = -400 \cdot T + 32\,000 \Rightarrow$

$\Rightarrow 600 \cdot T = 36\,000 \Rightarrow$

$\Rightarrow T = \dfrac{36\,000}{600} \therefore T = 60\ ^\circ C$

10. 300 J. De acordo com a conservação de energia, a soma de todas as energias deve ser constante e igual à total. Ou seja:

$Q_{total} = Q_{útil} + Q_{dissipada} \Rightarrow$

$\Rightarrow 1\,000 = 700 + Q_{dissipada} \Rightarrow$

$\Rightarrow Q_{dissipada} = 1\,000 - 700 \therefore Q_{dissipada} = 300$ J

Significa que 300 J de energia é dissipada para o ambiente e não é convertida em trabalho.

CAPÍTULO 4
Termoquímica

Objetivos

- Pesquisar formas de geração de energia a partir de fontes renováveis e que produzam o menor impacto ambiental possível.
- Compreender como a energia está relacionada às reações químicas, diferenciando transformações endotérmicas e transformações exotérmicas.
- Reconhecer o processo de formação de glicose $(C_6H_{12}O_6)$ na fotossíntese como uma forma de acúmulo de energia solar por parte dos vegetais.
- Conceituar entalpia.
- Representar variações de energia nas transformações físicas e nas transformações químicas por meio de equações e diagramas.
- Calcular a variação de entalpia de uma reação por meio das entalpias de formação das substâncias nela envolvidas.
- Calcular a variação de entalpia de uma reação química por meio das energias de ligação dos seus participantes.
- Aplicar a lei de Hess para o cálculo da variação de energia em uma reação química utilizando o método de manipulação algébrica de reações.

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

Páginas 137 e 138

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem dessas páginas contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT105**, pois permite analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
- Além disso, a discussão sugerida no boxe **Trocando ideias** da página **137** permite trabalhar o tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**, abordando as vantagens e desvantagens do uso da energia solar.

MODERNA

- Inicie a aula retomando o ciclo do carbono, enfatizando que o foco será na parte do ciclo em que os vegetais absorvem o gás carbônico (CO_2) da atmosfera para realização da fotossíntese.
- Faça a leitura do texto sobre a fotossíntese artificial. Se julgar conveniente, acesse com os estudantes a reportagem completa. Ela traz informações sobre métodos alternativos para obter combustíveis a partir de fontes renováveis, como a luz solar. Aproveite esse assunto para promover uma conversa com os estudantes sobre a importância das pesquisas científicas e sua relação com a sociedade. Comente também sobre as bolsas de estudo para pesquisa. É uma oportunidade interessante para citar que há órgãos de fomento, brasileiros e internacionais, que remuneram cientistas para fazer pesquisas de ponta. No Brasil, há a CNPq, a CAPES, e órgãos de fomento estaduais (Fapesp, Faperj, etc.)

METODOLOGIAS ATIVAS

- A obtenção de energia a partir de fontes renováveis é um tema que será visto ao longo de todo o Ensino Médio. Divida a sala em grupos e peça a eles que elaborem seminários sobre a importância de se ter energia renovável, sempre buscando a redução dos impactos ambientais. Veja mais orientações sobre os seminários na página **XXI** deste suplemento.

- Ao trabalhar a definição de reação endotérmica na página **137**, explique que, nesse tipo de reação, os produtos formados apresentam conteúdo energético maior do que os reagentes. Portanto, para que essa reação ocorra, é necessário obter energia a partir de alguma fonte externa, como o Sol no caso da fotossíntese.

Página 137

TROCANDO IDEIAS

Objetivos

- Refletir sobre as vantagens e desvantagens do uso da luz solar como fonte de energia sustentável.
- Conhecer diferentes aplicações da energia solar.

Orientações

- Inicie a atividade perguntando às duplas se já viram nos telhados de algumas casas painéis solares. Incentive-os a expressar suas experiências e verifique se eles relacionam esses painéis a duas aplicações comuns nas residências: o aquecimento de água e a geração de energia elétrica.
- Em seguida, oriente-os a pesquisar outras aplicações da energia solar, assim como vantagens e desvantagens desse tipo de energia.

Resposta

- Como aplicações da energia solar, os estudantes podem citar aquecedores de água, iluminação de ambientes durante o dia, geração de energia elétrica, fogões e fornos solares para o preparo de alimentos. Como vantagens, os estudantes podem citar que se trata de uma energia limpa, que não libera gases poluentes na atmosfera, não exige extração de recursos da natureza, além de ser uma fonte inesgotável. No entanto, as placas para coletar a energia solar ainda têm custo elevado e, para geração de energia elétrica em grande escala, são necessárias grandes áreas para a instalação das usinas.

- Na página **138**, ao abordar a definição de reação exotérmica, explique que, nesse tipo de reação, os produtos formados apresentam conteúdo energético menor do que os reagentes. Portanto, como a ocorrência dessas reações libera energia, a queima de qualquer combustível é uma reação exotérmica.
- Explique aos estudantes que a reação inversa à fotossíntese é um exemplo do que ocorre com muitos combustíveis, como os derivados de petróleo e o etanol (C_2H_6O). Nesses casos, um composto que contém carbono (C) e hidrogênio (H), e, eventualmente, oxigênio (O), reage com o gás oxigênio (O_2) liberando energia, ao mesmo tempo em que forma gás carbônico e água (H_2O).

METODOLOGIAS ATIVAS

- Divida a sala em duplas e peça aos estudantes que discutam as questões da página **138** usando a metodologia ativa *think-pair-share*. Veja mais orientações na página **XXII** deste suplemento.

  Ao discutir em grupo a questão **2**, ajude os estudantes a criar a sequência de processos em que a energia solar foi usada para o processo de fotossíntese da macieira, gerando gás oxigênio e uma molécula de glicose. Em seguida, essa molécula é ingerida pelo atleta quando ele come a maçã. Essas moléculas ficam armazenadas no corpo até que o organismo necessite de energia. Nesse momento, a glicose sofre a reação com o gás oxigênio, liberando a energia contida. Você pode sugerir que eles montem um diagrama de blocos na forma de um fluxograma para facilitar a visualização e a compreensão.
- Na questão **3**, apesar de o estudante ainda não ter o conhecimento de que a energia liberada ou absorvida depende apenas das ligações formadas ou rompidas, ele pode inferir que é a mesma energia por se tratar da mesma reação em sentido inverso. Essa questão pode servir como uma introdução ao conteúdo energético das ligações químicas.

- Apresente os exemplos de transformações físicas endotérmicas e exotérmicas. Esses exemplos podem ajudar os

MODERNA

estudantes a reforçar a compreensão dos conceitos de absorção e liberação de energia durante uma transformação. Os exemplos dados, utilizando as mudanças de estado de agregação da água, estão presentes no dia a dia e é intuitivo pensar se eles absorvem ou liberam calor. Algumas dúvidas surgem por parte dos estudantes principalmente porque eles ainda não estão atentos sobre qual sistema absorve ou libera calor nessas transformações. Este é o momento para esclarecer essas dúvidas. Por exemplo, ao observar a imagem das mãos segurando os cubos de gelo, alguns estudantes podem pensar que esse processo é exotérmico porque a mão esfria, ou seja, perde calor. Explique então que neste momento o sistema em questão é constituído pelos cubos de gelo, e que eles absorvem justamente esse calor que está sendo perdido pelas mãos para derreterem.

Páginas 139 a 141

- Na página **139**, explique como é calculada a variação de entalpia em uma reação. Neste momento, será trabalhado o resultado de forma qualitativa, para que os estudantes compreendam por que as reações endotérmicas possuem ΔH positivo e as reações exotérmicas possuem ΔH negativo. Você pode demonstrar a reação da fotossíntese usando o seguinte esquema:

$$6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6\,O_2(g)$$

$H_{reagentes}$ (menor) $\qquad$ $H_{produtos}$ (maior)

Ao subtrair um número menor de um número maior, o resultado é positivo. De forma análoga, use a reação inversa para demonstrar por que o resultado para uma reação exotérmica é negativo.

- Comente com os estudantes que os valores de entalpia dependem das condições de pressão e temperatura em que a reação ocorre. Explique o conceito de entalpia-padrão e mencione que, no Ensino Médio, serão trabalhados problemas em que as reações ocorrem nas condições padrão de temperatura igual a 25 °C, pressão igual a 1 atm, e substâncias na sua forma mais estável.
- Mostre a conversão entre as unidades joule e caloria e seus múltiplos, e explique que a entalpia pode ser apresentada em outras unidades, mas essas são as unidades usadas no Ensino Médio.
- No início do conteúdo, os estudantes apresentam dificuldade para entender como a variação de entalpia está associada aos componentes da reação. Portanto, trabalhe de forma detalhada a explicação sobre a energia envolvida na reação da fotossíntese, mostrando que ela é válida para 1 mol de glicose produzido, ou 6 mol de gás carbônico consumido. Você pode reescrever a reação da fotossíntese da seguinte forma:

$$12\,CO_2(g) + 12\,H_2O(l) \longrightarrow 2\,C_6H_{12}O_6(aq) + 12\,O_2(g)$$

Comparando a reação anterior com a mostrada na página **139**, os estudantes perceberão que as quantidades foram dobradas. Explique que a quantidade de energia absorvida também será o dobro da reação original, ou seja, 5 606 kJ.

- Apresente o diagrama de variação de energia. Explique para os estudantes que a representação de transformações físicas e transformações químicas é a mesma nesse tipo de diagrama.
- Comente que, nesse diagrama, não usamos a notação ΔH°, referente à variação de entalpia-padrão, pois não é necessário. O comportamento do diagrama de uma reação endotérmica é sempre o mesmo, independentemente das condições de temperatura e pressão. O patamar referente à entalpia dos produtos está sempre acima do patamar da entalpia dos reagentes.
- Use o diagrama de variação de entalpia da fotossíntese para mostrar aos estudantes como se inserem as informações relativas aos reagentes, produtos e variação de entalpia da reação.
- Apresente para os estudantes o diagrama para as reações exotérmicas, na página **140**. Explique que o comportamento do diagrama de uma reação exotérmica é sempre o mesmo, independentemente das condições de temperatura e pressão. O patamar referente à entalpia dos produtos está sempre abaixo do patamar da entalpia dos reagentes.
- O diagrama de variação de entalpia na combustão do etanol pode ser usado como exemplo numérico. Explique para os estudantes que todas as reações de combustão são exotérmicas.
- Defina o conceito de entalpia de combustão e mostre que os combustíveis liberam quantidades diferentes de energia por mol queimado. No entanto, esse não é o único fator a ser levado em conta no uso de um combustível. Para movimentar veículos, por exemplo, a octanagem do combustível tem papel relevante. Nesse aspecto, o etanol leva vantagem com relação à gasolina. O etanol comum apresenta octanagem 110, enquanto a gasolina, 87. Com isso, ele apresenta maior resistência à autodetonação do que a gasolina.
- Explique o diagrama que apresenta as mudanças de estados de agregação da água, representando a transformação na lousa da seguinte maneira:

$$H_2O(s) \longrightarrow H_2O(l) \longrightarrow H_2O(g)$$

Explique que cada mudança de estado de agregação apresenta uma variação de entalpia diferente, mostrando os valores apresentados na página **141**. Comente também que esse diagrama tem a sequência inversa daquele apresentado para as transformações endotérmicas.

ACOMPANHAMENTO DA APRENDIZAGEM

- Forneça aos estudantes uma reação endotérmica e uma reação exotérmica, como as exemplificadas abaixo:

(I) $2\,H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(l) \qquad \Delta H = -571{,}6\,kJ$

(II) $CH_3OH(g) \longrightarrow CO(g) + 2\,H_2(g) \qquad \Delta H = +90{,}7\,kJ$

MODERNA

Peça a eles que construam o diagrama de variação de entalpia para essas duas reações.

Verifique se para a reação **I** os estudantes elaboraram um diagrama de variação de entalpia contendo o patamar dos reagentes $(2\,H_2(g) + O_2(g))$ acima do patamar dos produtos $(2\,H_2O(l))$. Já para a reação **II**, verifique se os estudantes elaboraram um diagrama de variação de entalpia contendo o patamar dos reagentes $(CH_3OH(g))$ abaixo do patamar dos produtos $(CO(g) + 2\,H_2(g))$.

Página 142

- Inicie a aula comentando com os estudantes que será estudada agora uma segunda maneira de obter a variação de energia de uma reação, utilizando as entalpias de formação.
- Apresente o conceito de entalpia-padrão de formação, retomando o que são as condições-padrão. Reforce que o valor da entalpia é determinado a partir de um padrão arbitrário, que é considerar que as substâncias puras simples, na forma alotrópica mais estável e nas condições normais de temperatura e pressão, apresentam entalpia igual a zero $(H^\circ = 0)$. O que pode ser medido e calculado com valores não arbitrários são as variações de entalpia (ΔH).
- Explique como devem ser equacionadas as reações químicas de modo que se possa obter a entalpia de formação padrão de uma substância. Trabalhe essas equações com calma, pois os estudantes tendem a apresentar dificuldade quando as reações possuem coeficientes estequiométricos fracionários.
- Use todos os exemplos apresentados no livro, ressaltando por que aquelas equações podem ser consideradas reações de formação. É comum os estudantes ficarem confusos quando percebem uma substância com entalpia de formação negativa, pois eles associam a entalpia ao conteúdo energético dela. Mostre a eles que quando uma substância apresenta entalpia de formação negativa, significa apenas que sua reação de formação nas condições-padrão é exotérmica, lembrando sempre que as entalpias de formação são obtidas a partir de uma referência arbitrária.

Páginas 143 a 145

- Para entender o conceito de energia de ligação, é importante mostrar primeiro para os estudantes o que ocorre no rompimento e na formação de ligações. Eles tendem a acreditar que o rompimento de uma ligação libera energia. Explique a eles que quando dois átomos estão ligados, existe uma atração entre eles. É como se quiséssemos separar dois objetos que estão grudados. Para separá-los e romper essa ligação, é necessário fornecer energia para esses átomos.
- Use a ilustração da página **143** para que os estudantes compreendam como a energia está envolvida no rompimento e na formação de ligações. Diga que, quando a ligação é formada, um estado de baixa energia aparece entre as duas moléculas, e o excesso de energia antes da reação ocorrer é liberado.
- Diga também que essa variação de entalpia também acontece em ligações não covalentes, como as iônicas, metálicas e interações intermoleculares, cada qual com diferentes níveis de intensidade.
- Apresente os diagramas de entalpia que mostram a energia liberada na formação do gás hidrogênio (H_2) e da energia absorvida para o rompimento da ligação do $H_2(g)$.
- Peça aos estudantes que observem a tabela das energias de ligação e tentem responder individualmente às questões **5** e **6** da página **144**. Discuta as respostas com toda a sala, para em seguida partir para o cálculo da variação de energia de uma reação usando as energias de ligação.
- Deixe claro aos estudantes que o valor de energia de ligação depende não apenas dos átomos ligantes, mas de toda a substância. No entanto, esses valores são geralmente muito próximos, e tratamos quase sempre da energia média da ligação, de modo que podemos considerar os valores iguais independentemente da substância.
- Comente com os estudantes que, usando os valores das energias das ligações de uma substância é possível calcular a variação de energia em uma reação em que aquela substância está envolvida. Apresente o exemplo da página **145** sobre como fazer esse cálculo.
- Faça na lousa passo a passo a atividade resolvida. Mostre de forma detalhada como os estudantes devem transformar uma equação química com as fórmulas moleculares em uma equação com as fórmulas estruturais, de modo que possam saber quantas e quais ligações devem ser consideradas no cálculo da variação de entalpia da reação.
- Explique a contabilidade da energia das ligações rompidas e das ligações formadas, para então calcular a variação de entalpia da reação.

Páginas 145 e 146

- Antes de iniciar a explicação sobre a lei de Hess, retome com os estudantes as outras formas para calcular a variação de entalpia de uma reação que foram estudadas nesse capítulo. Explique então que a lei de Hess é outro método que permite calcular a variação de entalpia de uma reação a partir de reações cujo valor do ΔH já é conhecido.
- Apresente o cálculo do ΔH para a reação de combustão do monóxido de carbono (CO), lembrando os estudantes de que as entalpias de formação devem ser consultadas na tabela da página **142**.
- Na lousa, então, faça a atividade resolvida para o cálculo da entalpia de formação da glicose utilizando a reação de fotossíntese. Alerte os estudantes que as entalpias de for-

MODERNA

mação usadas têm seus valores dados em kJ/mol. Portanto, a entalpia de formação de cada componente deve ser multiplicada pelo seu coeficiente estequiométrico na reação.

- No item **b** dessa atividade resolvida é realizado um cálculo estequiométrico para uma massa de glicose dada. Explique aos estudantes que o valor do ΔH de uma reação sempre será proporcional às quantidades de reagentes e produtos envolvidos. Por essa razão é possível calcular o calor envolvido na reação para quantidades diferentes de reagentes e produtos por meio de cálculos estequiométricos.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Calcule a entalpia molar* de combustão completa do gás propano (C_3H_8) a 0 °C e 1 atm (CNTP). Para isso, utilize os dados do quadro a seguir.

Substância	Entalpia molar (a 0 °C e 1 atm) (kJ/mol)
$CO_2(g)$	−394
$H_2O(l)$	−286
$C_3H_8(g)$	−100

* A entalpia molar de uma substância é numericamente igual à sua entalpia de formação.

Resposta

A equação de combustão completa do gás propano é dada por:

$$C_3H_8(g) + 5\,O_2(g) \longrightarrow 3\,CO_2(g) + 4\,H_2O(l)$$

Como o quadro apresenta dados da entalpia de formação dos participantes, pode-se usar a relação:

$\Delta H_{reação} = \sum \Delta H(produtos) - \sum \Delta H(reagentes)$

Assim, considerando-se a equação da reação, tem-se:

$\sum \Delta H_f^\circ(reagentes) = 1 \cdot (-100) + 5 \cdot (0) = -100$

$\therefore \sum \Delta H_f^\circ(reagentes) = -100\ kJ/mol$

$\sum \Delta H_f^\circ(produtos) = 3 \cdot (-394) + 4 \cdot (-286) = -2\,326$

$\therefore \sum \Delta H_f^\circ(produtos) = -2\,326\ kJ/mol$

Aplicando-se os somatórios na equação:

$\Delta H^\circ_{reação} = -2\,326 - (-100) = -2\,226$

$\therefore \Delta H^\circ_{reação} = -2\,226\ kJ/mol$

Assim, a entalpia molar de combustão completa do gás propano é $\Delta H^\circ_{reação} = -2\,226\ kJ/mol$.

- A atividade complementar sugerida anteriormente também poderia ter sido realizada ao montar as equações de formação de cada uma das substâncias do quadro e fazer a soma algébrica das equações depois de devidamente acertadas. Assim, para obtermos a variação de entalpia da reação, inicialmente montamos as equações das entalpias-padrão de formação de cada participante da reação desejada.

$$C_3H_8(g) + 5\,O_2(g) \longrightarrow 3\,CO_2(g) + 4\,H_2O(l) \qquad \Delta H^\circ_{reação} = ?$$

- A equação apresenta as substâncias $C_3H_8(g)$, $O_2(g)$, $CO_2(g)$ e $H_2O(l)$. A substância $O_2(g)$, nas condições-padrão, por ser uma substância simples na forma alotrópica mais estável, tem variação de entalpia de formação igual a zero $(\Delta H_f^\circ = 0)$.
- As equações das entalpias de formação de cada uma das substâncias compostas são:

$3\,C_{graf} + 4\,H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g) \quad \Delta H_f^\circ = -100\ kJ/mol$ (equação 1)

$C_{graf} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_f^\circ = -394\ kJ/mol$ (equação 2)

$H_2(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \quad \Delta H_f^\circ = -286\ kJ/mol$ (equação 3)

Veja a seguir o que devemos efetuar para que a soma algébrica forneça a equação desejada.

I) A inversão da equação **1**, para que $C_3H_8(g)$ apareça à esquerda. Ao fazermos isso, devemos trocar o sinal de ΔH°:

$$C_3H_8(g) \longrightarrow 3\,C_{graf} + 4\,H_2(g) \qquad \Delta H_1^\circ = \underbrace{+100\ kJ/mol}_{\text{troca de sinal}}$$

II) A multiplicação da equação **2** por 3, para fornecer $3\,CO_2(g)$. Ao fazermos isso, devemos multiplicar por 3 também o valor de ΔH°:

$$3\,C_{graf} + 3\,O_2(g) \longrightarrow 3\,CO_2(g)$$

$\Delta H_2^\circ = 3 \cdot (-394) = -1\,182\ kJ/mol$

III) A multiplicação da equação **3** por 4 para fornecer $4\,H_2O(l)$. Aqui, devemos multiplicar o valor de ΔH° por 4:

$$4\,H_2(g) + 2\,O_2(g) \longrightarrow 4\,H_2O(l)$$

$\Delta H_3^\circ = 4 \cdot (-286) = -1\,144\ kJ/mol$

Somando-se as três equações, conseguimos simplificá-las cortando as substâncias que se repetem antes e depois da seta, e, assim, obtemos a equação da reação desejada:

$C_3H_8(g) \rightarrow \cancel{3\,C_{graf}} + \cancel{4\,H_2(g)} \quad \Delta H_1^\circ = +100\ kJ/mol$

$\cancel{3\,C_{graf}} + 3\,O_2(g) \rightarrow 3\,CO_2(g) \quad \Delta H_2^\circ = -1\,182\ kJ/mol$

$\cancel{4\,H_2(g)} + 2\,O_2(g) \rightarrow 4\,H_2O(l) \quad \Delta H_3^\circ = -1\,144\ kJ/mol$

$C_3H_8(g) + 5\,O_2(g) \rightarrow 3\,CO_2(g) + 4\,H_2O(l) \quad \Delta H^\circ_{reação} = ?$

Portanto:

$\Delta H^\circ_{reação} = \Delta H_1^\circ + \Delta H_2^\circ + \Delta H_3^\circ$

$\Delta H^\circ_{reação} = (+100\ kJ/mol) + (-1\,182\ kJ/mol) + (-1\,144\ kJ/mol) =$

$= -2\,226\ kJ/mol$

Assim, a entalpia molar de combustão completa do gás propano é:

$\Delta H_c^\circ = -2\,226\ kJ/mol$

- Nessa atividade, para trabalhar o método do cálculo do ΔH utilizando a soma algébrica de reações, foram colocadas em seguida as reações de formação dos componentes da reação de combustão. A partir dessas reações, mostre para

MODERNA

os estudantes como funciona o método algébrico para a determinação do ΔH. Explique para eles que esse método é particularmente útil utilizando reações que não são necessariamente reações de formação. Podem ser utilizadas quaisquer reações cujo valor do ΔH é conhecido e que somadas permitem obter a reação para a qual se deseja calcular o ΔH.

- Inicialmente, esse método pode parecer confuso para os estudantes. Oriente-os para que façam manipulações algébricas nas equações de ΔH conhecido de modo a igualar as quantidades de cada componente àqueles da reação de ΔH desconhecido. Sempre se deve definir que tipo de manipulação algébrica será feita comparando o componente que está presente em apenas uma reação de cada vez. Explique para os estudantes que, nesse exemplo, isso é feito comparando as quantidades de C_3H_8, CO_2 e H_2O nas reações. No caso do O_2, como ele aparece em mais de uma reação, não é conveniente tentar acertar sua quantidade. Ela será definida corretamente caso os demais componentes estejam em quantidade correta.

Respostas e orientações para as Atividades

Página 138

2. A energia solar foi usada para o processo de fotossíntese da macieira, gerando gás oxigênio e uma molécula de glicose. Essa molécula possui alta energia armazenada em suas ligações químicas. Quando o atleta ingere a maçã, ingere também as moléculas de glicose presentes no fruto. Essas moléculas ficam armazenadas no corpo do atleta até que o organismo necessite de energia. Nesse momento, a glicose sofre um processo de combustão, liberando a energia contida.

3. Resposta pessoal. Os estudantes ainda não receberam a informação de que a energia liberada ou absorvida depende apenas das ligações formadas ou rompidas, portanto provavelmente não saberão que o valor da energia será o mesmo. O objetivo dessa questão é incentivar os estudantes a refletir sobre essas semelhanças e diferenças. Por isso, leve-os a perceber que, se uma reação é exatamente o inverso da outra, os valores de energia também são iguais e a energia absorvida na fotossíntese vem de uma fonte solar, enquanto a energia liberada, não, e pode ser transportada para outros lugares.

Páginas 147 a 151

1. **a)** A entalpia dos produtos é menor que a dos reagentes, pois a variação de entalpia (ΔH) é menor do que zero. Trata-se de uma reação exotérmica.

b) Na reação são produzidos 2 mol de água líquida. Logo, para cada mol tem-se o valor de:

$$\frac{-571{,}6\ \text{kJ}}{2\ \text{mol}\ H_2O(l)} = -285{,}8\ \text{kJ/mol}$$

Transformando as unidades de medida:

$$1\ \text{kcal} \longrightarrow 4{,}186\ \text{kJ}$$
$$x \longrightarrow 285{,}8\ \text{kJ}$$
$$\therefore x \simeq -68{,}3\ \text{kcal/mol}$$

4. **a)** $3\,O_2(g) \longrightarrow 2\,O_3(g) \quad \Delta H = +285{,}4\ \text{kJ}$

b) A entalpia dos produtos é maior que a dos reagentes, pois a variação de entalpia é maior que zero. Trata-se de uma reação endotérmica.

c) A equação e o gráfico mostram que a produção de 2 mol de ozônio (O_3) absorve 285,4 kJ. Assim, a produção de 1 mol absorverá 142,7 kJ. Isso pode ser representado por $\Delta H = +142{,}7$ kJ/mol de $O_3(g)$.

5. Alternativa **c**. F: para que o processo de evaporação ocorra, é necessário que haja absorção de energia, ou seja, trata-se de um processo endotérmico, e não exotérmico, pois ocorre absorção de energia; V; F: a liquefação é a passagem do estado gasoso para o líquido e trata-se de um processo exotérmico, e não endotérmico, pois ocorre com liberação de energia; V.

6. Rompimento de ligações acompanhada de absorção de energia:

$4\,(C - H) = 4 \cdot (+412) = +1\,648\ \text{kJ}$

$3\,(Cl - Cl) = 3 \cdot (+242) = +726\ \text{kJ}$

Total de energia absorvida: $+2\,374$ kJ

Durante a formação de novas ligações, há liberação de energia. Assim:

$1\,(C - H) = 1 \cdot (-412) = -412\ \text{kJ}$

$3\,(C - Cl) = 3 \cdot (-338) = -1\,014\ \text{kJ}$

$3\,(H - Cl) = 3 \cdot (-431) = -1\,293\ \text{kJ}$

Total de energia liberada: $-2\,719$ kJ

Portanto, o cálculo da variação de entalpia da reação será dado por: $\Delta H = (-2\,719) + (+2\,374) = -345$, ou seja, a reação é exotérmica e sua variação de entalpia vale: $\Delta H = -345$ kJ.

7. Alternativa **a**. Para a reação $H_2(g) + F_2(g) \longrightarrow 2\,HF(g)$, a energia para romper 1 mol de ligações $H - H$ é 435 kJ e 1 mol de ligações $F - F$ é 160 kJ. Portanto, o ΔH para as ligações rompidas será $\Delta H = 435\ \text{kJ} + 160\ \text{kJ} = 595\ \text{kJ}$. A energia de ligação de 1 mol de ligações $H - F$ é 570 kJ, então, como são formados 2 mol e a variação de entalpia quando as ligações são formadas é negativa, teremos $\Delta H = -(2 \cdot 570\ \text{kJ}) = -1\,140\ \text{kJ}$. A variação de entalpia total para esta reação será, portanto: $\Delta H = 595\ \text{kJ} + (-1\,140\ \text{kJ}) = -545\ \text{kJ}$.

Para a reação $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2\,HCl(g)$, a energia para romper 1 mol de ligações $H - H$ é 435 kJ e 1 mol de ligações $Cl - Cl$ é 245 kJ. Portanto, o ΔH para as ligações rompidas será $\Delta H = 435\ \text{kJ} + 245\ \text{kJ} = 680\ \text{kJ}$. A energia de ligação de 1 mol de ligações $H - Cl$ é 430 kJ, então, como são formados 2 mol e a variação de entalpia quando as ligações são formadas é negativa, teremos $\Delta H = -(2 \cdot 430\ \text{kJ}) = -860\ \text{kJ}$. A variação de entalpia total para esta reação será, portanto: $\Delta H = 680\ \text{kJ} + (-860\ \text{kJ}) = -180\ \text{kJ}$.

Portanto, ambas as reações são exotérmicas e, como o ΔH da reação de formação do HF é menor, ela libera mais energia do que a reação de formação do HCl.

MODERNA

10. Alternativa **c**. Considerando que cada átomo de carbono das substâncias formará uma molécula de gás carbônico, teremos 6 mol de CO_2 para cada mol de benzeno (C_6H_6), 2 mol de CO_2 para cada mol de etanol, 6 mol de CO_2 para cada mol de glicose, 1 mol de CO_2 para cada mol de metano (CH_4) e 8 mol de CO_2 para cada mol de octano (C_8H_{18}). Para saber qual das substâncias libera mais gás carbônico pela mesma quantidade de energia, vamos tomar um valor arbitrário de $-1\,000$ kJ e calcular a quantidade de CO_2 produzida por cada substância, por meio da regra de três.

Benzeno:
$6\ mol\ CO_2 \text{ —— } -3\,268\ kJ$
$x \text{ —— } -1\,000\ kJ \quad x = 1{,}38\ mol\ CO_2$

Etanol:
$2\ mol\ CO_2 \text{ —— } -1\,368\ kJ$
$x \text{ —— } -1\,000\ kJ \quad x = 1{,}46\ mol\ CO_2$

Glicose:
$6\ mol\ CO_2 \text{ —— } -2\,808\ kJ$
$x \text{ —— } -1\,000\ kJ \quad x = 2{,}13\ mol\ CO_2$

Metano:
$1\ mol\ CO_2 \text{ —— } -890\ kJ$
$x \text{ —— } -1\,000\ kJ \quad x = 1{,}12\ mol\ CO_2$

Octano:
$8\ mol\ CO_2 \text{ —— } -5\,471\ kJ$
$x \text{ —— } -1\,000\ kJ \quad x = 1{,}46\ mol\ CO_2$

Portanto, a glicose é a substância que produz maior quantidade de CO_2 por quantidade de energia.

11. Alternativa **a**. O processo anaeróbico consiste na conversão de uma molécula de glicose em duas moléculas de ácido lático $(C_3H_6O_3)$. A reação química desse processo pode ser escrita ao inverter a reação de combustão do ácido lático, multiplicá-la por dois e somá-la à equação de combustão da glicose:

$$C_6H_{12}O_6(s) + \cancel{6\,O_2(g)} \rightarrow \cancel{6\,CO_2(g)} + \cancel{6\,H_2O(l)} \qquad \Delta H = -2\,800\ kJ$$
$$\cancel{6\,CO_2(g)} + \cancel{6\,H_2O(l)} \rightarrow CH_3CH(OH)COOH(s) + \cancel{6\,O_2(g)} \qquad \Delta H = 2\,688\ kJ$$
$$C_6H_{12}O_6(s) \rightarrow CH_3CH(OH)COOH(s) \qquad \Delta H = -112\ kJ$$

Portanto, a reação anaeróbica libera 112 kJ por mol de glicose.

12. $\Delta H = \Delta H_{produtos} - \Delta H_{reagentes}$

$$\Delta H^\circ_{reação} = \left[\left(\Delta H^\circ_f(CaO(s))\right) + \left(\Delta H^\circ_f(CO_2(g))\right)\right] - \Delta H^\circ_f(CaCO_3(s))$$
$$+177{,}5 = \left[(-635{,}5) + (-393{,}5)\right] - \Delta H^\circ_f(CaCO_3(s))$$
$$\Delta H^\circ_f(CaCO_3(s)) = -1\,206{,}5\ kJ/mol$$

13. a) O enunciado indica que o hidrogênio deve ser produzido com água. Assim:

$$H_2O \longrightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2 \qquad \Delta H^\circ_r = +286\ kJ/mol$$

O hidrogênio assim produzido será utilizado para produzir o álcool, de acordo com a equação:

$$3\,CO_2 + 4\,H_2 \longrightarrow C_3H_8O + 2{,}5\,O_2 \quad \Delta H^\circ_r = +862\ kJ/mol$$

Multiplicando a primeira equação por 4 e combinando as duas equações (lei de Hess), obtém-se:

$$4\,H_2O \longrightarrow 4\,H_2 + 2\,O_2 \quad \Delta H_1 = 4 \cdot 286 = +1\,144\ kJ/mol$$
$$3\,CO_2 + 4\,H_2 \longrightarrow C_3H_8O + 2{,}5\,O_2 \quad \Delta H_2 = +862\ kJ/mol$$
$$3\,CO_2 + 4\,H_2O \longrightarrow C_3H_8O + 4{,}5\,O_2 \quad \Delta H^\circ_r = +2\,006\ kJ/mol$$

Somando essas equações, obtém-se a equação de formação de isopropanol (C_3H_8O) com CO_2 e água, com a liberação de (1 144 + 862), ou seja, 2 006 kJ de energia por mol de isopropanol formado.

b) A massa molar do isopropanol é de (36 + 8 + 16), ou seja, 60 g mol^{-1}. 90 g de isopropanol correspondem a 1,5 mol. A equação de combustão do isopropanol é o inverso da equação de sua formação, como se obteve no item **a**.

$$C_3H_8O + 4{,}5\,O_2 \longrightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O \quad \Delta H_r = -2\,006\ kJ/mol$$

Assim, a queima de um mol de isopropanol liberará 2 006 kJ de energia. Se for queimado 1,5 mol de isopropanol, a energia liberada será de (2 006 • 1,5) kJ, ou seja, 3 009 kJ.

14. A partir da figura sabemos a variação de entalpia das seguintes reações:

$$\text{bio-óleo} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l) \quad \Delta H_1 = -18{,}8\ kJ/g$$
$$CO_2(g) + H_2O(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l) \quad \Delta H_2 = -2{,}4\ kJ/g$$

Para determinar a entalpia da combustão do bio-óleo, que forma água e gás carbônico no estado gasoso, devemos inverter a segunda reação e somá-las:

$$\text{bio-óleo} + O_2(g) \rightarrow \cancel{CO_2(g)} + \cancel{H_2O(l)} \quad \Delta H_1 = -18{,}8\ kJ/g$$
$$\cancel{CO_2(g)} + \cancel{H_2O(l)} \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g) \quad \Delta H_2 = -2{,}4\ kJ/g$$
$$\text{bio-óleo} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g) \quad \Delta H = -16{,}4\ kJ/g$$

Para 5 g de bio-óleo, devemos multiplicar o ΔH por 5: $-16{,}4\ kJ/g \cdot 5\ g = -82{,}0\ kJ$.

15. Para determinar a variação de entalpia do processo de trimerização, devemos somar as equações químicas depois de multiplicar a primeira equação por 3 e inverter a segunda equação:

$$3\,C_2H_2(g) + \frac{15}{2}\cancel{O_2(g)} \rightarrow \cancel{6\,CO_2(g)} + \cancel{3\,H_2O(l)} \quad \Delta H = -930\ kcal$$
$$\cancel{6\,CO_2(g)} + \cancel{3\,H_2O(l)} \rightarrow C_6H_6(l) + \frac{15}{2}\cancel{O_2(g)} \quad \Delta H = 780\ kcal$$
$$3\,C_2H_2(g) \rightarrow C_6H_6(l) \qquad \Delta H = -150\ kcal$$

A variação de entalpia na formação de 1 mol de benzeno será de -150 kcal.

16. A variação de entalpia da combustão do acetileno (C_2H_2), que produz gás carbônico e água líquida, pode ser determinada ao escrever as equações do diagrama de forma linear, invertendo a equação de formação do acetileno, multiplicando a equação de formação do gás carbônico por 2 e somando todas as equações:

$$C_2H_2(g) \rightarrow \cancel{2\,C(s)} + \cancel{H_2(g)} \quad \Delta H = -227\ kJ$$
$$\cancel{2\,C(s)} + 2\,O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) \qquad \Delta H = 2 \cdot (-393) = -786\ kJ$$
$$\cancel{H_2(g)} + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H = -286\ kJ$$
$$C_2H_2(g) + \frac{5}{2}O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) + H_2O(l) \quad \Delta H = -1\,299\ kJ$$

MODERNA

Portanto, a variação de entalpia da combustão de 1 mol de acetileno será de −1 299 kJ.

17. Devemos primeiro igualar as 3 reações.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_1 = -242\ kJ$$

$$C_{graf} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_2 = -394\ kJ$$

$$2\,Na(s) + C_{graf} + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow Na_2CO_3(s) \qquad \Delta H_3 = -1\,130\ kJ$$

$$2\,NaHCO_3(s) \rightarrow 2\,Na(s) + 2\,C_{graf} + H_2(g) + 3\,O_2(g) \qquad \Delta H_4 = +1\,900\ kJ$$

$$2\,NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g) \qquad \Delta H_{decomposição} = ?$$

Observe que a última reação foi invertida, então seu valor de entalpia também vai inverter o sinal.

A variação de entalpia de decomposição é calculada pela soma das entalpias das reações anteriores.

$$\Delta H_{decomposição} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

$$\Delta H_{decomposição} = -242 - 394 - 1\,130 + 1\,900$$

$$\Delta H_{decomposição} = +134$$

Portanto, a entalpia de decomposição é 134 kJ.

18. Devemos multiplicar ambas as equações por 2 e inverter a primeira. Assim, as reações termoquímicas envolvidas são:

$$2\,NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g) \qquad \Delta H_1^\circ = -180{,}5\ kJ/mol$$

$$N_2(g) + 2\,O_2(g) \rightarrow 2\,NO_2(g) \qquad \Delta H_2^\circ = +66{,}4\ kJ/mol$$

$$2\,NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,NO_2 \qquad \Delta H_{total}^\circ = ?$$

Portanto:

$$\Delta H_{total}^\circ = \Delta H_1^\circ + \Delta H_2^\circ = -180{,}5 + 66{,}4 = -114{,}1$$

A entalpia dessa reação é −114,1 kJ/mol.

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

Página 151

1. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é levar os estudantes a compilar os conhecimentos sobre energia abordados na unidade. Auxilie-os na elaboração do esquema, se necessário. Aproveite para verificar se os estudantes compreenderam corretamente os conceitos relacionados ao tema, retomando-os caso necessário.

2. Espera-se que os estudantes mencionem o fato de que um sistema termodinâmico é composto por matéria e energia, cujas quantidades são mantidas dentro de uma fronteira, limitando a região a ser estudada.

3. Espera-se que no esquema elaborado pelos estudantes sejam relacionados os sistemas aberto, fechado e isolado, caracterizando-os pela maneira em que se dá sua interação com o meio ou na ausência da interação. Os estudantes poderão mencionar a panela de pressão, a atmosfera terrestre e a caixa térmica como exemplos para cada tipo de sistema, respectivamente, ou outros dispositivos que estejam relacionados ao seu cotidiano.

4. O objetivo dessa questão é fazer os estudantes definirem conceitos estudados nessa unidade e exemplificá-los. Além disso, incentive-os a trocar informações com os colegas a respeito do conteúdo estudado.

Páginas 152 e 153

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem da seção apresentada nessas páginas possibilita o trabalho com os temas contemporâneos transversais **Saúde** e **Educação Alimentar e Nutricional**. Além disso, esse assunto favorece o desenvolvimento da **competência geral 8**, pois incentiva os estudantes a cuidar de sua saúde física e emocional.

Páginas 152 e 153

SER CONSCIENTE

Objetivos

- Avaliar a quantidade de energia dos alimentos consumidos diariamente.
- Refletir sobre a importância da ingestão de alimentos saudáveis para a saúde do corpo.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

- Se julgar conveniente, inicie a abordagem dessa seção apresentando aos estudantes rótulos de alguns produtos para que eles observem as informações nutricionais. Em seguida, sugira que respondam às questões abaixo.

a) Você já observou que as embalagens de muitos alimentos contêm uma tabela nutricional?

b) O que as informações contidas nessa tabela indicam?

c) Você sabe para que servem essas informações?

d) Você tem o hábito de ler essas informações em algum alimento para comparar com as de outros alimentos?

Respostas

a) Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é que os estudantes expressem seus hábitos quanto à observação de informações nos rótulos antes de consumir um produto, levando-os a refletir sobre a importância desse hábito.

b) O objetivo dessa questão é que estudantes reconheçam os tipos de informações que geralmente encontramos nos rótulos dos produtos alimentícios.

c) Espera-se que os estudantes respondam que essas informações indicam a energia que consumimos ao ingerir determinada porção daquele alimento.

MODERNA

d) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes digam que sim, pois esse hábito é importante na busca por alimentos mais saudáveis para suas refeições.

- Comente com os estudantes que uma dieta equilibrada com combinação de carboidratos, proteínas e gorduras saudáveis é essencial para um ganho de massa muscular capaz de repor a energia e os nutrientes de que o organismo necessita. As informações nutricionais nos rótulos dos alimentos apresentam o valor calórico de determinada massa do alimento, bem como as massas de seus principais componentes (proteínas, gorduras, fibras e outros micronutrientes) e o valor diário de referência (o percentual da porção do alimento referente ao valor diário indicado como referência no rótulo).
- Se julgar conveniente, apresente aos estudantes alguns profissionais que diariamente usam seus conhecimentos sobre valor calórico, composição e consumo adequado dos alimentos.

  O nutricionista é o profissional de saúde que desenvolve competências para promover uma vida saudável aos seus pacientes, indicando para isso uma alimentação adequada. Ele atua na assistência e na educação nutricional tanto no aspecto individual como no coletivo. Em seu cotidiano, ele usa seus conhecimentos sobre a composição dos alimentos e os valores calóricos associando às características de cada indivíduo e às suas atividades diárias. O nutricionista planeja, supervisiona, analisa e avalia dietas, atua em gerenciamento de projetos voltados ao desenvolvimento de produtos alimentícios, faz solicitações de exames laboratoriais e prescreve suplementos nutricionais para complementar a dieta de seus pacientes.

  O engenheiro da área alimentícia participa do processo de produção de alimentos industrializados e também atua no controle das matérias-primas, nos procedimentos de estocagem e na qualidade dos produtos. Além disso, ele pesquisa e analisa novas tecnologias para obter alimentos mais saudáveis, com maior vida útil e com valores nutricionais mais adequados ao consumidor. Esse tipo de profissional apresenta capacidade técnica para desenvolver métodos de reciclagem e reaproveitamento dos alimentos de origem animal e vegetal, minimizando assim os desperdícios de alimentos.

BNCC EM DESTAQUE

- A abordagem relacionada aos profissionais que trabalham com nutrição alimentar contribui para o desenvolvimento da **competência geral 6** e o tema contemporâneo transversal **Trabalho**, possibilitando aos estudantes compreender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida.

Orientações

- Enfatize aos estudantes que a energia utilizada pelos seres vivos é liberada pela respiração celular, e não produzida, pois a energia química presente nos alimentos é proveniente da energia do Sol, a qual é armazenada pelas plantas por meio da fotossíntese.
- Caso julgue interessante, apresente aos estudantes o *Guia alimentar para a população brasileira*, encontrado no *site* do Ministério da Saúde. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020. A leitura desse material fornece aos estudantes informações a respeito da alimentação saudável, possibilitando que eles montem cardápios diários que contribuam com a saúde do corpo e bem-estar.
- Aproveite o momento e aborde com os estudantes sobre a obesidade, desnutrição e transtornos alimentares, como anorexia e bulimia. Solicite que eles pesquisem sobre esses problemas alimentares, destacando as principais causas, sintomas e tratamento. Sugira que apresentem essas informações em um cartaz.
- No item **c**, se julgar conveniente, exponha os cartazes dos estudantes em um espaço da escola, para que toda a comunidade escolar tenha acesso às informações calóricas dos alimentos selecionados pelos estudantes.

Respostas

1. Espera-se que os estudantes respondam que essa energia química é proveniente dos alimentos que ingerimos diariamente.

2. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é verificar se os estudantes têm o costume de observar o rótulo das embalagens dos alimentos, a fim de saber a quantidade de quilocalorias que esses alimentos contêm. Além disso, possibilita levantar seus conhecimentos prévios a respeito do valor energético dos alimentos.

A. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é incentivar os estudantes a verificar a quantidade de energia presente nos alimentos e, a partir dessa análise, observar quantas calorias eles ingerem em suas refeições diárias.

B. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é incentivar os estudantes a relacionar a quantidade de calorias que ingerem diariamente com sua necessidade de energia, considerando massa corpórea, altura, idade e atividades realizadas. Espera-se que eles consigam observar se são poucas ou muitas calorias, bem como se ingerem os alimentos adequados.

C. Resposta pessoal. O objetivo dessa questão é fazer os estudantes verificarem os valores energéticos de vários alimentos consumidos por eles, confirmando assim quais são os alimentos mais saudáveis.

EM MODERNA

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, de maneira reflexiva e prática.

ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Um livro completo sobre biologia celular, com conhecimento científico, explicações claras e ilustrações de qualidade.

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*, Campinas, 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. de 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.

BARCA, I. Aula oficina: do projeto à avaliação. In: *Jornada de educação histórica* – Para uma educação de qualidade, v. 4., 2004, Braga. Atas... Braga: CIED: Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, 2004. p. 131-144.

Este artigo apresenta de forma objetiva e estruturada as etapas de uma aula-oficina.

BENINCASA, M.; REZENDE, M. M. Tristeza e suicídio entre adolescentes: fatores de risco e proteção. *Boletim de Psicologia*, São Paulo, v. 56, n. 124, p. 93-110, jun. 2006.

Artigo com informações sobre fatores de risco e proteção relacionados ao suicídio na adolescência.

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.

BONAN, G. *Climate change and terrestrial ecosystem modeling*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

Este livro trabalha a Física, a Química e a Biologia usando a teoria e a prática, com textos sobre os fundamentos da biofísica ambiental, os ciclos biogeoquímicos e a dinâmica da vegetação, tendo como base as mudanças climáticas e a modelagem de ecossistemas terrestres.

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.

BRADY, J. E.; RUSSELL, J. W.; HOLUM, J. R. *Química*: a matéria e suas transformações. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. v. 2.

Um dos pontos fortes deste livro é a didática de ensino, integrando textos curtos e objetivos com muitos exercícios resolvidos e práticos. Tem como princípio norteador o aprender resolvendo problemas, o que reforça os conceitos desse componente curricular.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Formação de professores do ensino médio, etapa I - caderno II*: o jovem como sujeito do ensino médio. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2013.

Nesta obra, voltada à formação de professores, são discutidos 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. Os textos buscam valorizar o papel do jovem como sujeito de sua história. Em seguida, destacam temas como juventude e tecnologia, questão do mercado de trabalho e projeto de vida e o papel da escola na formação dos jovens.

MODERNA

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. de 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 alunos 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.

CAMPOS, H. R.; JORGE, S. D. C. Violência na escola: uma reflexão sobre o *bullying* e a prática educativa. *Em Aberto*, Brasília, v. 23, n. 83, p. 107-128, mar. 2010.

Artigo com informações estatísticas sobre o *bullying* na escola e o papel do professor diante de situações como essa.

CARVALHO, A. M. P. de et al. (Org.). *Ensino de ciências*: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2004.

Livro que traz inovações para o ensino, incentivando os estudantes a construir o conhecimento científico para auxiliá-los na compreensão do mundo.

DAYRELL, J. (Org.). *Por uma pedagogia das juventudes*: experiências educativas do Observatório da Juventude da UFMG. Belo Horizonte: Mazza Edições, 2016.

Juarez Dayrell é um pesquisador que investiga a questão da juventude e da educação, analisando em seus textos a importância das culturas juvenis na construção de um cenário educativo mais democrático e significativo. Nesta obra, ele traz algumas experiências vivenciadas no projeto Observatório da Juventude, da Universidade Federal de Minas Gerais (UGMG), onde trabalha desde 2003, sobre a formação de professores, além de discussões envolvendo a juventude.

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 2º 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*. 95. ed. Oakville: CRC Press LLC, 2014.

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.

MODERNA

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 11. ed. Porto Alegre: Bookman 2011.

Este livro tem um texto atraente, bem-humorado e com muitas ilustrações, visando construir um sólido conhecimento conceitual dos princípios da Física.

HORVATH, J. E. *O ABCD da astronomia e astrofísica*. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

O livro oferece uma visão breve de praticamente todas as áreas da Astronomia, com ênfase na Astrofísica Estelar, Cosmologia e Astrobiologia. Ele contém atividades que ajudam a experimentar os fenômenos básicos e temas como a constituição da Terra.

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.

KOTZ, J. C. et al. *Química geral e reações químicas*. 5. ed. São Paulo: Editora Thomson Learning, 2006. v. 1 e 2.

O livro procura mostrar a relação entre as observações químicas e físicas em laboratório e na natureza, denotando que a Química é dinâmica.

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.

Mental health atlas 2017. Geneva: World Health Organization, 2018.

Este documento reúne dados sobre a saúde mental da população ao redor do mundo.

MILLER JUNIOR, G. T. *Ciência ambiental.* São Paulo: Cengage Learning, 2008.

Este livro apresenta um estudo interdisciplinar sobre o funcionamento da natureza, nossa interação com ela e como podemos viver de maneira sustentável, tudo por meio de estudos de caso, além de recursos visuais, resumo no início de cada capítulo, questões de raciocínio crítico e glossário.

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. 1-15.

Este livro apresenta práticas pedagógicas, baseadas em metodologias ativas, que valorizam o protagonismo dos estudantes.

MORAN, 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. 15-33. (Coleção Mídias Contemporâneas).

Texto que aborda as diferentes facetas das tecnologias educacionais, trazendo reflexões sobre a educação no mundo contemporâneo e as novas concepções de ensino relacionadas às metodologias ativas.

MYERS, R. L. *The basics of Physics*. Westport: Greenwood, 2006.

Neste livro os estudantes são apresentados à ciência da Física e suas aplicações na vida cotidiana, abordando desde seu desenvolvimento na Antiguidade até chegar aos dias atuais. A obra contém um capítulo especial, com instruções para experimentos, além de glossário, tabela de conversão e uma lista com alguns vencedores do Prêmio Nobel de Física.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. Porto Alegre: Artmed, 2014.

Livro que explica conceitos complexos e mostra uma visão clara e abrangente da Bioquímica, enfocando os avanços da saúde e do bem-estar humano ligados aos mais recentes avanços científicos.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

Um livro completo sobre Biologia vegetal, com explicações claras e repletas de imagens ilustrativas.

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 devido a sua visão científica e pedagógica, moldado nos atuais padrões de ensino.

MODERNA

REIS, A. F. M. V. dos; 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 5º 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.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

O livro ilustra a diversidade de hábitats e a biodiversidade na Terra, enfatiza a interconexão da vida e do mundo físico fornecendo uma visão geral dos problemas ambientais, e ainda propõe algumas soluções para esses problemas.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução à química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

Este livro coloca o tema abordado voltado para a realidade brasileira, para que assim o professor possa trabalhar melhor em sala de aula cada assunto.

ROCHA, R. S.; CARDOSO, I. M. D.; MOURA, M. A. E. de. O uso da *gallery walk* como metodologia ativa em sala de aula: uma análise sistemática no processo de ensino-aprendizagem. *Revista 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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Este livro trabalha toda Fisiologia vegetal abordando assuntos específicos nos capítulos.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros*: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Trad. Paulo Machado Mors. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1.

O livro aborda soluções de problemas tendo como base análises e verificação de resultados, possibilitando uma melhor compreensão conceitual, além de quadros que discutem as aplicações atuais da Física.

TREFIL, J.; HAZEN, R. M. *Física viva*: uma introdução à física conceitual. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 2.

O objetivo deste livro é mostrar que as grandes ideias da Física, em comunhão com as outras áreas da ciência, estão interligadas e proporcionam uma compreensão aprofundada a respeito do Universo. A obra descreve e discute diversas tecnologias utilizando os princípios físicos fundamentais, que estão por trás das aplicações práticas que movimentam nossa sociedade e nossa vida.

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. de; 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.

DIÁLOGO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

TERRA: UM SISTEMA DINÂMICO DE MATÉRIA E ENERGIA

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

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
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

MODERNA

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.

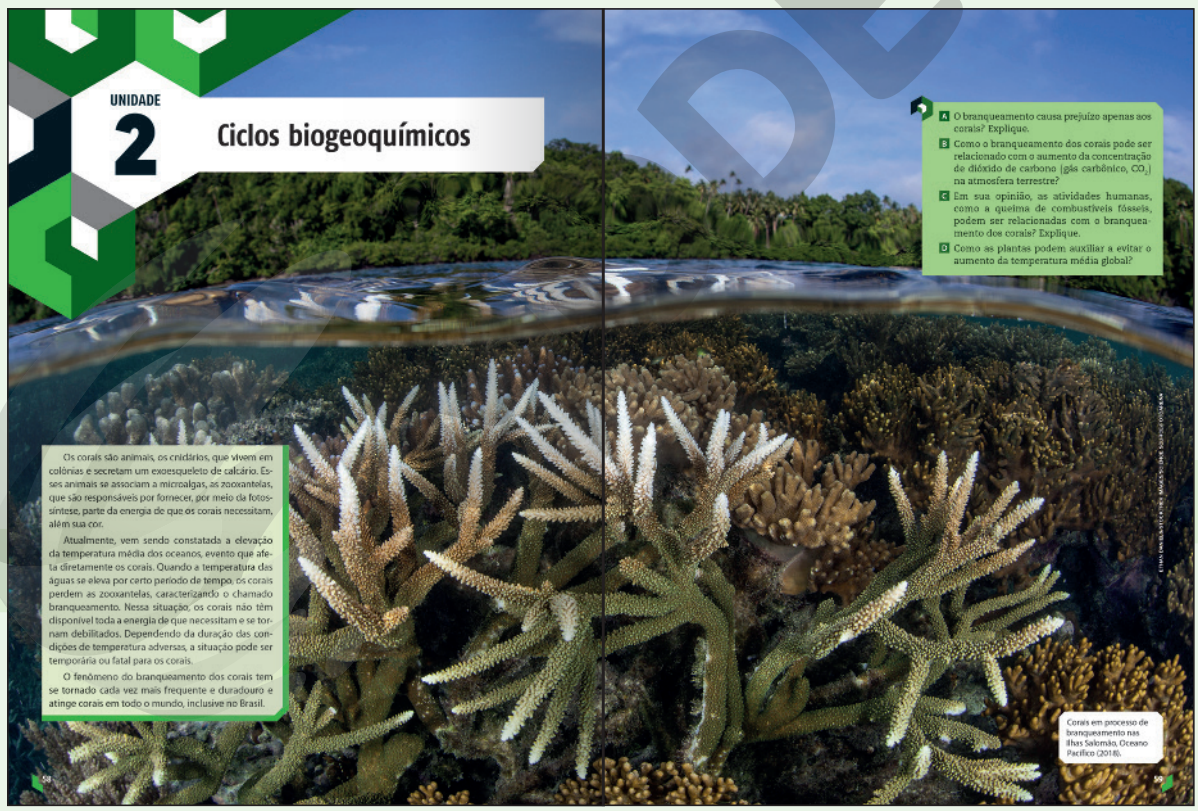
Para compreender e se posicionar diante de tudo isso, é muito importante que você compreenda os aspectos físicos, químicos e biológicos dos fenômenos que ocorrem ao seu redor.

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**.

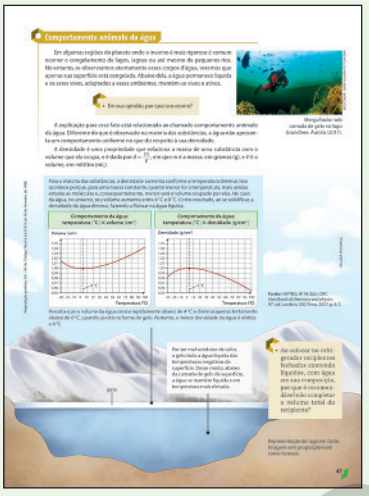


Abertura de unidade

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

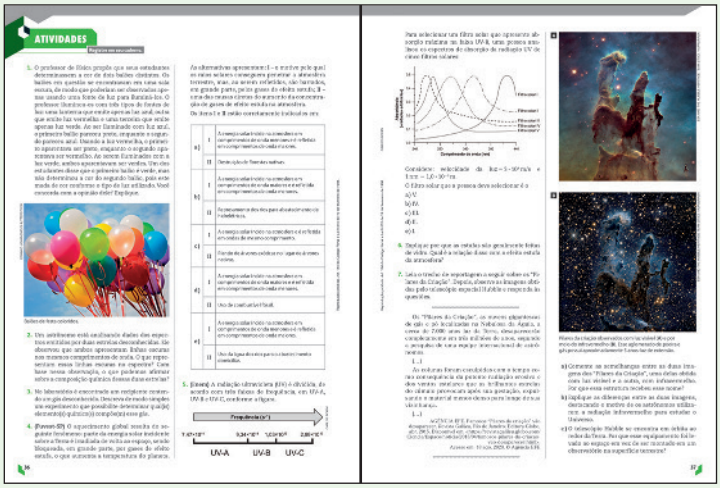
Sempre que encontrar esse boxe, você entrará em contato com mais informações sobre o conteúdo e outros assuntos que estão relacionados a ele. Também terá a oportunidade de refletir sobre essas informações e expor suas opiniões sobre elas.

Investigue

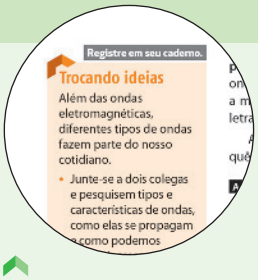
Nessa seção, você será convidado a investigar fenômenos e propriedades por meio do desenvolvimento de atividades práticas investigativas. Também vai elaborar e testar hipóteses, analisar resultados e trocar ideias com os colegas para chegar a uma conclusão.

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.

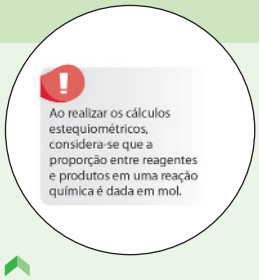


Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



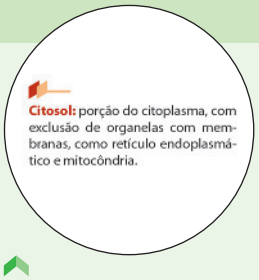
Trocando ideias

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.



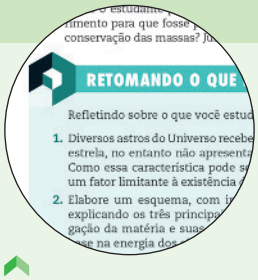
Dica

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.



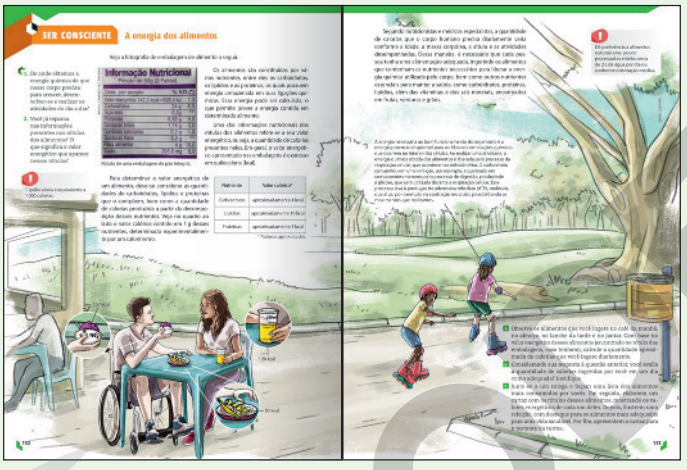
Vocabulário

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

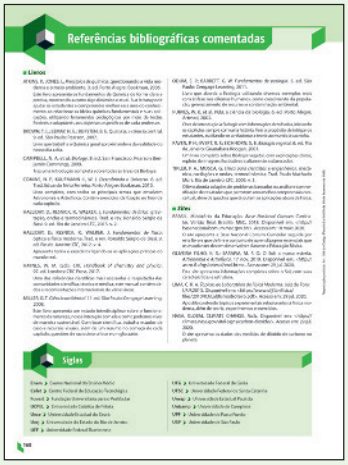
Essa seção aborda temas abrangentes e relevantes para nossa sociedade. Nela, você terá a oportunidade de refletir e discutir com os colegas sobre esses temas, além de encontrar diferentes maneiras de comunicar o que discutiram a outras pessoas.

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 analisar fenômenos naturais com base nas interações e relações entre matéria e energia, reconhecendo a importância da energia solar para a vida na Terra, tanto para manter a temperatura adequada à vida quanto para fornecer energia aos seres vivos dos ecossistemas. Para compreender melhor essas relações, você estudará as ondas eletromagnéticas, com destaque à análise de cada faixa do espectro eletromagnético.

Além disso, neste volume você reconhecerá a importância de alguns ciclos da matéria para os seres vivos e analisará como eles ocorrem, iniciando pelo ciclo da água, em seguida conhecendo os ciclos biogeoquímicos do carbono, do oxigênio, do nitrogênio, do fósforo e do enxofre. Você também analisará as relações desses ciclos com o ser humano a fim de identificar neles as principais interferências das atividades humanas.

Para ajudá-lo a compreender como ocorrem os ciclos biogeoquímicos, neste volume você também estudará as transformações físicas e químicas da matéria e realizará alguns cálculos para verificar tanto as reações químicas quanto seus rendimentos. Por fim, ainda analisará alguns sistemas térmicos, aplicando os conceitos relacionados à calorimetria.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)

Com o auxílio desta coleção, você desenvolverá as Competências Gerais da Educação Básica e as Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias por meio de leitura de textos, realização de atividades, troca de ideias com os colegas, análise de situações do cotidiano, entre outras ações. 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.

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.

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

MODERNA

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 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 1** • Capítulo 4 **Unidade 1** • Capítulo 5 **Unidade 2** • Capítulo 2 **Unidade 2** • Capítulo 3 **Unidade 3** • Capítulo 3
Habilidade EM13CNT102: Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.	**Unidade 2** • Capítulo 3 **Unidade 3** • Capítulo 3
Habilidade EM13CNT103: Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.	**Unidade 1** • Capítulo 3
Habilidade EM13CNT105: Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	**Unidade 2** • Capítulo 1 **Unidade 2** • Capítulo 2 **Unidade 3** • Capítulo 4

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

MODERNA

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.

Unidade 1 • Capítulo 1	**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 **Unidade 3** • Capítulo 1 **Unidade 3** • Capítulo 2	**Habilidade EM13CNT203:** Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
Unidade 1 • Capítulo 5	**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 1 • Capítulo 3 **Unidade 2** • Capítulo 1	**Habilidade EM13CNT206:** Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

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 1 **Unidade 1** • Capítulo 3 **Unidade 1** • Capítulo 5 **Unidade 2** • Capítulo 3 **Unidade 3** • Capítulo 2 **Unidade 3** • Capítulo 3	**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 3	**Habilidade EM13CNT302:** Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
Unidade 1 • Capítulo 1 **Unidade 1** • Capítulo 2 **Unidade 1** • Capítulo 3 **Unidade 2** • Capítulo 1	**Habilidade 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.

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

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 1** • Capítulo 3
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.	**Unidade 1** • Capítulo 4
Habilidade EM13CNT309: Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.	**Unidade 1** • Capítulo 3 **Unidade 2** • Capítulo 1

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 criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.

Habilidade EM13CHS103: Elaborar hipóteses, selecionar evidências e compor argumentos relativos a processos políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e epistemológicos, com base na sistematização de dados e informações de diversas naturezas (expressões artísticas, textos filosóficos e sociológicos, documentos históricos e geográficos, gráficos, mapas, tabelas, tradições orais, entre outros).	**Unidade 2** • Capítulo 2

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3

Analisar e avaliar criticamente as relações de diferentes grupos, povos e sociedades com a natureza (produção, distribuição e consumo) e seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional, nacional e global.

Habilidade EM13CHS303: Debater e avaliar o papel da indústria cultural e das culturas de massa no estímulo ao consumismo, seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à percepção crítica das necessidades criadas pelo consumo e à adoção de hábitos sustentáveis.	**Unidade 1** • Capítulo 4 **Unidade 1** • Capítulo 5
Habilidade EM13CHS304: Analisar os impactos socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas e de indivíduos, discutindo as origens dessas práticas, selecionando, incorporando e promovendo aquelas que favoreçam a consciência e a ética socioambiental e o consumo responsável.	**Unidade 1** • Capítulo 4 **Unidade 1** • Capítulo 5

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

MODERNA

Sumário

UNIDADE 1 Sol 12

CAPÍTULO 1 O Sol e a vida na Terra 14

Energia solar 14
Fotossíntese 15
Investigue
Amido 17
Calor 18
Atividades 20

CAPÍTULO 2 Ondas eletromagnéticas 21

Espectro eletromagnético 21
Atividades 25

CAPÍTULO 3 O espectro solar e a Terra 26

Energia emitida pelo Sol 26
Luz visível 26
Radiação infravermelha 30
Radiação ultravioleta 31
Efeito estufa 32
Investigue
Espectroscópio 35
Atividades 36

CAPÍTULO 4 Estados de agregação da matéria 38

Ciclo hidrológico 38
Estudando os estados de agregação da matéria 40
Atividades 43

CAPÍTULO 5 Transformações da matéria 44

Transformações físicas 44
Transformações químicas 48
Atividades 49
Leis ponderais 50
Conservação de matéria 50
Primeira lei ponderal: lei da conservação das massas 52
Segunda lei ponderal: lei das proporções constantes 53
Investigue
Preparo de alimentos 54
Atividades 55
Retomando o que estudei 55
Ser consciente
Intensificação do efeito estufa 56

UNIDADE 2 Ciclos biogeoquímicos 58

CAPÍTULO 1 Ciclagem de matéria no ambiente 60

Matéria, um componente em circulação no ambiente 60
Ciclo biogeoquímico do carbono 61
Ciclo biogeoquímico do oxigênio 63
Ciclo biogeoquímico do nitrogênio 64
Ciclo biogeoquímico do fósforo 66
Ciclo biogeoquímico do enxofre 67
O ser humano e os ciclos biogeoquímicos 68
Atividades 71

CAPÍTULO 2 Quantidade de matéria 73

Cálculo estequiométrico 73
Balanceamento das reações químicas 74
Relação entre massas 75
Relação entre matéria e volume 76
Fórmulas químicas 77
Atividades 78
Rendimento das reações químicas 79
Excesso de reagentes 80
Pureza dos reagentes 81
Investigue
Quantidade de matéria 83
Atividades 84

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

MODERNA

CAPÍTULO 3 Introdução à calorimetria 85
Temperatura 85
Calor 87
Atividades 89
Efeitos das trocas de calor 90
Dilatação térmica 90
Variação de temperatura 92
Mudança de fase 93
Investigue
Trocas de calor 95
Atividades 96
Retomando o que estudei 97
Ser consciente
Biocombustíveis 98

UNIDADE 3 Trocas de energia 100

CAPÍTULO 1 A energia e os sistemas ecológicos 102
Seres vivos como transformadores de energia 102
Processos energéticos nos seres vivos 103
Fotossíntese 104
Respiração celular 106
Atividades 109

CAPÍTULO 2 Cadeias alimentares 111
Obtenção de energia pelos seres vivos 111
Fluxo de energia nos sistemas ecológicos 115
Investigue
Transpiração vegetal 118
Atividades 119
Pirâmides ecológicas 121
Pirâmide de energia 121
Pirâmide de biomassa e de números 123
Atividades 124

CAPÍTULO 3 A energia nos sistemas termodinâmicos 125
Sistemas termodinâmicos 125
Sistemas dissipativos 128
Sistemas conservativos 130
Investigue
Trocas de calor em sistemas abertos e isolados 133
Atividades 134

CAPÍTULO 4 Termoquímica 137
Entalpia 137
Variação de entalpia 139
Entalpia de formação 142
Energia de ligação 143
Lei de Hess 145
Atividades 147
Retomando o que estudei 151
Ser consciente
A energia dos alimentos 152

Ampliando seus conhecimentos 154
Respostas 155
Siglas 160
Referências bibliográficas comentadas 160

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

MODERNA

UNIDADE

1 Sol

A radiação ultravioleta pode ser emitida por fontes naturais, como o Sol, e por fontes artificiais, por exemplo, ao submeter um gás ou vapor a uma corrente elétrica.

Os raios ultravioleta são usados pelo ser humano para os mais variados fins, como nas indústrias alimentícia e farmacêutica, em hospitais e laboratórios e na purificação da água para consumo. Isso é possível porque esse tipo de radiação pode causar danos nas células e no material genético de vírus e de seres vivos, como as bactérias, causando sua morte. Durante a pandemia de COVID-19, que se iniciou no fim de 2019, por exemplo, a radiação ultravioleta foi utilizada para a desinfecção de superfícies, objetos e ambientes, no intuito de reduzir o contágio pelo vírus SARS-CoV-2.

Quando em dosagem adequada, essa radiação auxilia na produção de vitamina D pelo corpo humano. No entanto, doses elevadas podem causar queimaduras e câncer de pele.

STEVE GSCHMEISSNER/SPL/FOTOARENA

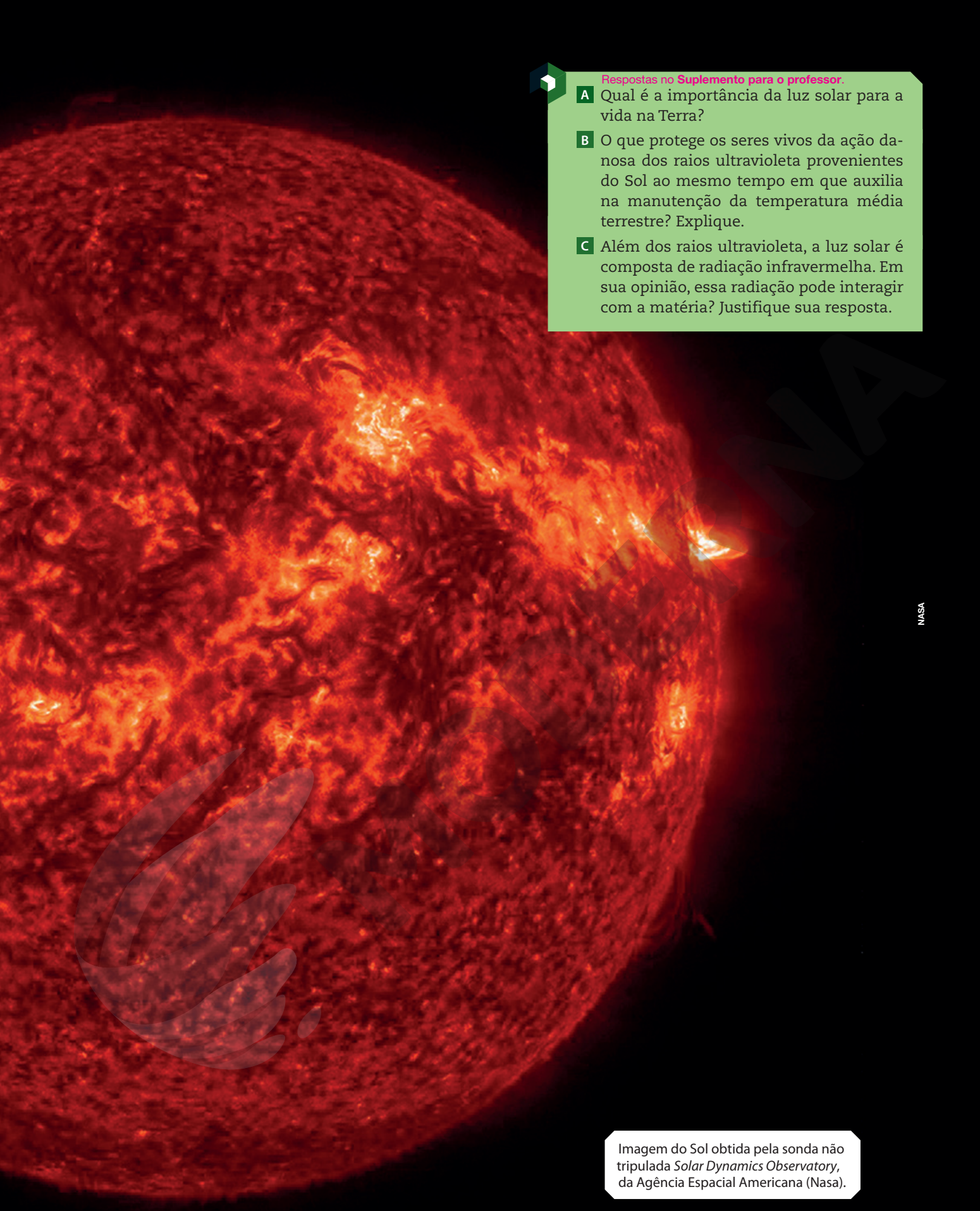
Micrografia de pele humana com queimadura solar em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 4 000 vezes. Cores artificiais. Nesta imagem, as células da epiderme foram danificadas pela radiação ultravioleta, causando descamação.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

A Qual é a importância da luz solar para a vida na Terra?

B O que protege os seres vivos da ação danosa dos raios ultravioleta provenientes do Sol ao mesmo tempo em que auxilia na manutenção da temperatura média terrestre? Explique.

C Além dos raios ultravioleta, a luz solar é composta de radiação infravermelha. Em sua opinião, essa radiação pode interagir com a matéria? Justifique sua resposta.



NASA

Imagem do Sol obtida pela sonda não tripulada *Solar Dynamics Observatory*, da Agência Espacial Americana (Nasa).

CAPÍTULO

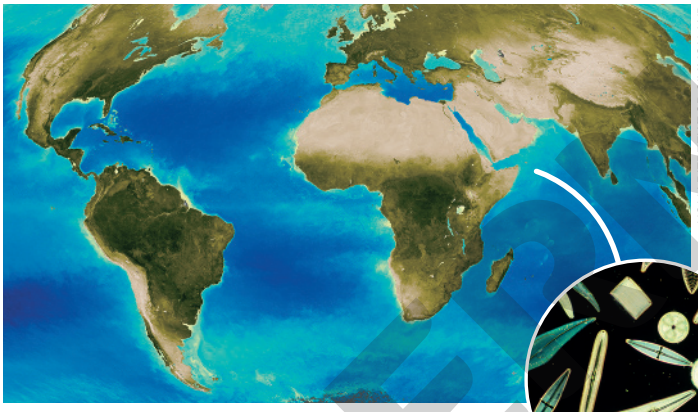
1

O Sol e a vida na Terra

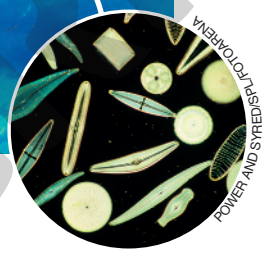
*Para a utilização da energia solar pelos organismos autotróficos e heterotróficos, além da fotossíntese que fixa essa energia, é preciso que ela fique disponível para o uso das células. Essa disponibilização de energia às células ocorre por meio da respiração celular, que será abordada no capítulo **1** da unidade **3** deste volume.

Energia solar

Observe a imagem abaixo e responda às questões propostas.



HOLLI RIEBEEK/ROB SIMMON AND JESSE ALLEN/SEAWIFS PROJECT/ GLOBAL MAPPING AND MODELLING & MAPPING STUDIES (GIMMS) PROJECT/NASA



POWER AND SYRED/SPL/FOTOARENA

Imagem de satélite produzida com base nos dados coletados em 2008, pelo satélite MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) da Nasa (Agência Espacial Norte-americana). As áreas continentais apresentam dados sobre a densidade de plantas, onde o tom verde é mais forte e representa a vegetação mais densa. Já as áreas oceânicas apresentam dados da concentração de clorofila, em mg/m^3, onde tons mais claros indicam maior concentração desse pigmento e, consequentemente, de fitoplâncton. As áreas em cinza são locais onde os dados não puderam ser coletados adequadamente por causa do período de escuridão no inverno.

Micrografia de diatomáceas, em microscópio óptico. Aumento aproximado: 200 vezes. Cores artificiais. As diatomáceas são um grupo de algas microscópicas.

Respostas das questões **1** a **3** no **Suplemento para o professor**.

1. Como a imagem analisada pode ser relacionada com o Sol?
2. Qual é a importância da clorofila para a realização da fotossíntese?
3. Como a energia proveniente do Sol pode ser utilizada por seres vivos heterotróficos, como os seres humanos, para as atividades celulares?
4. Que processo realizado por alguns seres vivos, incluindo as plantas, retira gás oxigênio (O_2) da atmosfera e libera gás carbônico (CO_2)?

Respiração.

Você já parou para refletir sobre como seria a vida na Terra se o Sol não existisse? Certamente, a vida como a conhecemos não seria possível. No entanto, apenas a existência dessa estrela não é suficiente para a manutenção de grande parte da vida terrestre, sua energia precisa estar disponível aos organismos. Sendo assim, como os seres vivos poderiam utilizar a energia solar para suas atividades celulares, crescimento e desenvolvimento, por exemplo? Isso é possível em parte graças à fotossíntese.*

A fotossíntese é o processo biológico que possibilita que a energia solar seja aproveitada, direta ou indiretamente pelos seres vivos, incluindo seres humanos. Além disso, ela interfere na composição da atmosfera terrestre, retirando gás carbônico e liberando gás oxigênio. Aliás, essa interferência na composição do ar atmosférico foi essencial para que, há bilhões de anos, surgissem os organismos aeróbicos.

Sendo assim, é indiscutível a importância da fotossíntese para a vida na Terra. Afinal, como ocorre esse processo? É sobre isso que vamos estudar a partir de agora.

Vista da Floresta Amazônica no município de Alta Floresta, Mato Grosso (2016). A Floresta Amazônica é a maior área de floresta tropical do mundo. Durante muito tempo, ela foi erroneamente chamada de "pulmão do mundo", tendo em vista a liberação de grande quantidade de gás oxigênio no ambiente. No entanto, embora seja essencial para a manutenção do clima terrestre, suas plantas consomem grande parte do gás oxigênio que produzem.

AGEFOTOSTOCK/ALAMY/FOTOARENA

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

Fotossíntese

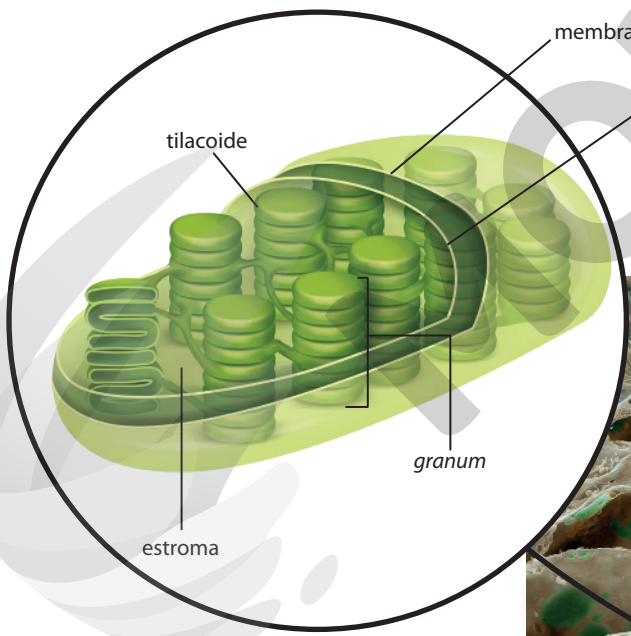
A fotossíntese é realizada por seres vivos fotoautotróficos, como algumas bactérias, algas e a maioria das plantas. Esses seres vivos utilizam a energia da luz solar para produzir moléculas orgânicas – os açúcares – com base em moléculas inorgânicas, como água (H_2O) e gás carbônico. A maioria dos açúcares formados são trioses, ou seja, carboidratos de três carbonos. Apesar disso, essas trioses podem ser utilizadas para produzir a glicose $(C_6H_{12}O_6)$, a qual, normalmente, é apresentada como um produto da reação de fotossíntese.

Veja abaixo a equação química simplificada da fotossíntese.

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{\text{energia luminosa}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Ao analisar a fórmula acima, note que, além da glicose (açúcar), a fotossíntese também resulta na liberação de gás oxigênio e na fixação do gás carbônico. Por isso, além de possibilitar a formação de moléculas orgânicas, utilizadas principalmente como fonte de energia pelos seres vivos, a fotossíntese também interfere na composição atmosférica, disponibilizando o gás necessário à respiração dos seres vivos aeróbicos e removendo parte do CO_2, cuja alta concentração pode ser tóxica para diversos seres vivos.

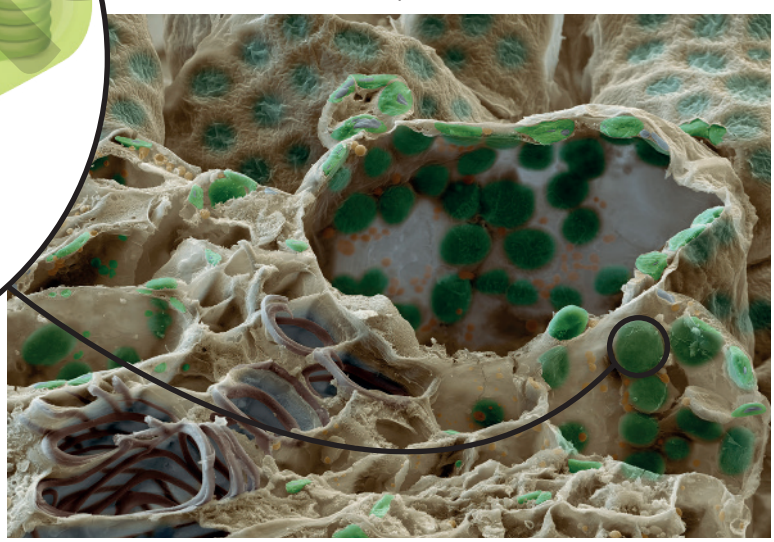
Nos organismos eucariontes, como plantas e algas, a fotossíntese ocorre no interior de organelas chamadas **cloroplastos**. Essas estruturas apresentam dupla membrana e um sistema interno de membranas, o qual apresenta estruturas com formato de discos, chamados **tilacoides**. Eles se dispõem em pilhas, cada uma delas chamada *granum*. A região que circunda os tilacoides, limitada pela membrana interna, é chamada **estroma**. É nessa região que ocorre parte do processo fotossintético e onde se encontram DNA, RNA, ribossomos e enzimas.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação de cloroplasto vegetal. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Micrografia de folha em corte de erva-moura (*Solanum nigrum*), em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 1130 vezes. Cores artificiais.



EYE OF SCIENCE/SPL/FOTOARENA

A clorofila se localiza no sistema interno de membranas dos cloroplastos com pigmentos acessórios, como carotenoides e ficobilinas, que auxiliam a clorofila na captação da energia da luz solar.

Algumas plantas, chamadas parasitas, não possuem cloroplastos e, por isso, não realizam fotossíntese. Os nutrientes de que essas plantas necessitam são absorvidos diretamente de seus hospedeiros.

Organela: estrutura delimitada por membrana plasmática, característico de células eucarióticas, e que está relacionada a papéis específicos na célula.

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

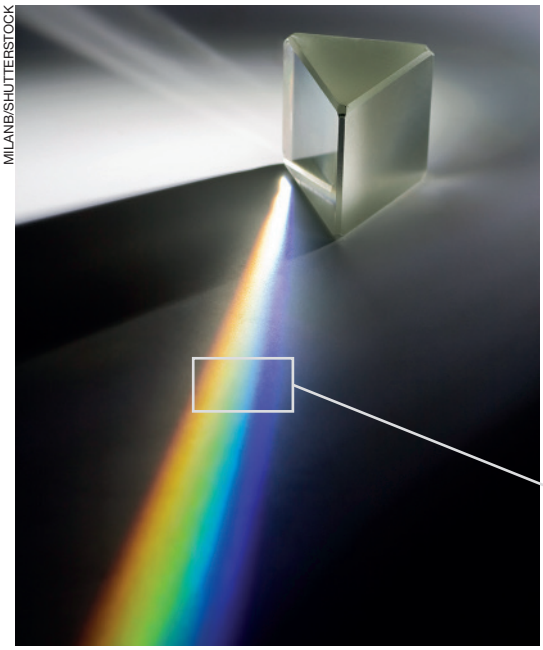
MODERNA

Luz e clorofila

5. Em sua opinião, por que enxergamos a maioria dos vegetais na cor verde? Resposta pessoal. O objetivo desta questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito de situações do dia a dia e que estejam diretamente relacionadas com a clorofila.

Para responder à questão acima, é preciso conhecer a relação da clorofila com a luz branca. Essa luz, também chamada luz visível, é um tipo de radiação eletromagnética composta de diversos comprimentos de onda que, quando decompostos, geram as cores do arco-íris.

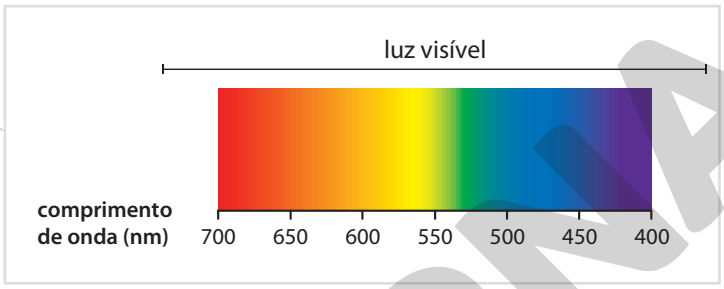
MILANB/SHUTTERSTOCK



Decomposição da luz branca nas cores do arco-íris, após atravessar um prisma. Cada cor possui um comprimento de onda específico, portanto elas se deslocam de maneira diferente dentro do prisma e a luz é decomposta.

Ilustração produzida com base em: HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J. *Fundamentos de Física*: óptica e física moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 4. p. 2.

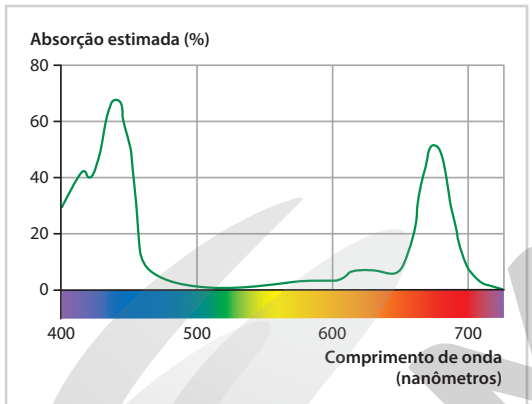
HELOÍSA PINTARELLI



Representação do espectro de luz visível. Para o ser humano, a luz visível possui comprimento de onda entre 750 e 380 nanômetros, uma pequena parcela do espectro eletromagnético. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

ESPECTRO DE ABSORÇÃO DA CLOROFILA

HELOÍSA PINTARELLI



Fonte: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 129.

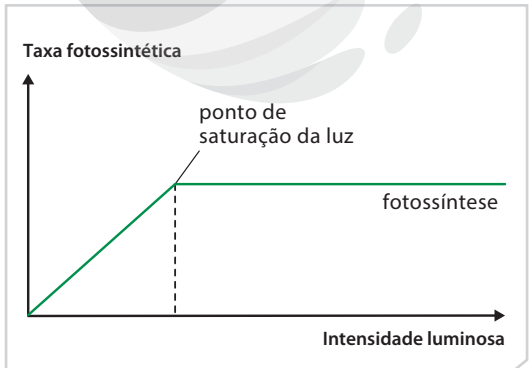
6. Observe o gráfico ao lado. O que você pode dizer quanto à absorção dos diferentes comprimentos de onda pela clorofila?

Como você pode notar ao analisar o gráfico ao lado, a clorofila é capaz de absorver comprimentos de onda principalmente na faixa do azul/violeta e do vermelho. Os comprimentos de onda que se referem principalmente à cor verde não são absorvidos pela clorofila, e sim refletidos por ela. Por isso, esse pigmento apresenta a cor verde. Geralmente, a clorofila concentra-se nas folhas ou em partes mais jovens da planta, motivo pelo qual observamos a cor verde, característica dessas partes vegetais. 7. Espera-se que os estudantes comentem que a taxa fotossintética aumenta conforme aumenta a intensidade luminosa. Isso ocorre até certo ponto, quando essa taxa se torna relativamente constante.

7. Analisando o gráfico a seguir, o que você pode dizer a respeito da influência da intensidade luminosa na fotossíntese?

VARIAÇÃO DA TAXA FOTOSSINTÉTICA EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE LUMINOSA

HELOÍSA PINTARELLI



Como você pôde perceber, a intensidade luminosa interfere na taxa fotossintética. Além desse fator, a quantidade de CO_2 e a temperatura também influenciam a fotossíntese.

Quanto maior a intensidade luminosa, maior é a taxa fotossintética. No entanto, esse aumento progressivo ocorre até um certo limite, o chamado **ponto de saturação da luz**. Esse ponto representa a intensidade luminosa em que a fotossíntese é máxima e a qual o aumento na intensidade de luz solar não implica aumento da taxa fotossintética. Comportamento semelhante também é observado para o CO_2.

O ponto de saturação de luz varia entre as diferentes espécies de plantas. Ele é mais baixo naquelas que vivem em ambientes sombreados (plantas de sombra) do que nas plantas típicas de ambientes ensolarados (plantas de sol). Já o aumento da temperatura eleva progressivamente a fotossíntese até um determinado limite. Acima disso, as taxas fotossintéticas voltam a decrescer.

6. Resposta pessoal. O objetivo desta questão é fazer os estudantes analisarem o gráfico e elaborarem conclusões a respeito da fotossíntese, obtendo também subsídios para responder à questão proposta no início desta página. Espera-se que eles reconheçam que a clorofila absorve, principalmente, os comprimentos de onda referentes ao azul/violeta e ao vermelho.

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**.

Amido

Micrografia de grânulos de amido de milho (*Zea mays*) em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 270 vezes. Cores artificiais.

Espigas de milho e amido de milho. Esse tipo de amido é comumente utilizado no preparo de alimentos, para alterar a consistência e a textura de caldos, por exemplo.

Contextualização

O amido é um tipo de carboidrato armazenado em organelas chamadas amiloplastos. Esse carboidrato é abundante na natureza e está presente em diversos vegetais comumente consumidos pelos seres humanos, como arroz, milho, batata, trigo e mandioca, e em praticamente todas as suas partes, como raízes, caules, folhas e frutos.

Nas plantas, o amido é utilizado como fonte de energia. Em nosso cotidiano, possui diversas aplicações, como no preparo de alimentos e em diversos tipos de indústrias, como alimentícia, metalúrgica, têxtil e farmacêutica.

a) Condições inadequadas de iluminação podem influenciar a produção de amido em uma planta? Justifique sua resposta.

b) Como a ausência de clorofila pode impactar na produção de amido na planta?

c) De que maneira é possível verificar a presença de amido em uma planta? Se necessário, faça uma pesquisa.

Orientações

Junte-se a cinco colegas e elaborem um roteiro para investigar as hipóteses que vocês levantaram ao responder às questões anteriores. Para auxiliá-los nesta investigação, inclua no roteiro informações referentes às questões a seguir.

- Quais espécies de plantas e quais partes delas podemos usar na investigação?
- Que condições são necessárias para que a planta produza amido?
- Qual substância podemos usar para identificar a presença de amido na planta?
- Quais cuidados devemos ter durante a investigação?
- De que maneira vamos organizar os dados observados?
- O que devemos fazer com os materiais após a investigação?

Executem essa investigação propondo soluções para os possíveis problemas que surgirem durante a execução das etapas. Registre todas as etapas dessa investigação por meio de uma câmera fotográfica ou *smartphone*.

Análise e divulgação dos dados

As fotografias serão utilizadas para divulgar a investigação por meio de um *banner*. Para confeccioná-lo, utilizem um programa de computador que edite apresentações, inserindo textos, imagens e elementos gráficos. O *banner* deve apresentar o objetivo da investigação, as hipóteses, os materiais utilizados, os resultados e as conclusões. Inclua também informações sobre as questões abaixo.

1. Quais foram os resultados e como vocês os explicam?
2. Qual parte da planta vocês utilizaram para desenvolver essa investigação? Por quê?
3. O que vocês fizeram para observar a influência da luz solar na produção de amido?
4. O que vocês concluíram quanto à ausência da clorofila e à influência da luz solar na produção de amido pela planta?
5. De que outra maneira vocês podem identificar a fotossíntese nas plantas?
6. Como os resultados dessa investigação podem auxiliar no cultivo de plantas que fornecem grande quantidade de amido?

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

MODERNA

8. Por que a temperatura do volante do carro estava mais elevada às 16 h do que às 10 h?

9. A temperatura do volante teria sido a mesma se o carro permanecesse o tempo todo sob a sombra da árvore? Justifique sua resposta.

10. Por que podemos afirmar que a luz solar não é a única responsável pela temperatura média da Terra adequada à vida?

Respostas no **Suplemento ao professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

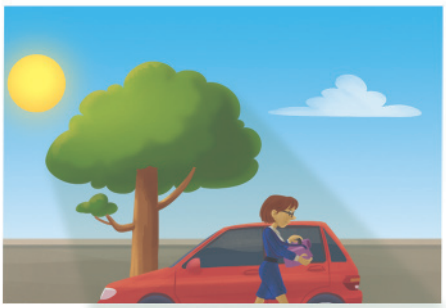
Durante o período do dia, a luz solar ilumina os ambientes e possibilita que realizemos diversas atividades diárias.

- Converse com um colega sobre a(s) vantagem(ns) de aproveitarmos a luz solar para iluminar os ambientes durante o dia.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Calor

Observe a situação abaixo e responda às questões.



Um carro foi estacionado às 10 h da manhã sob a sombra de uma árvore.

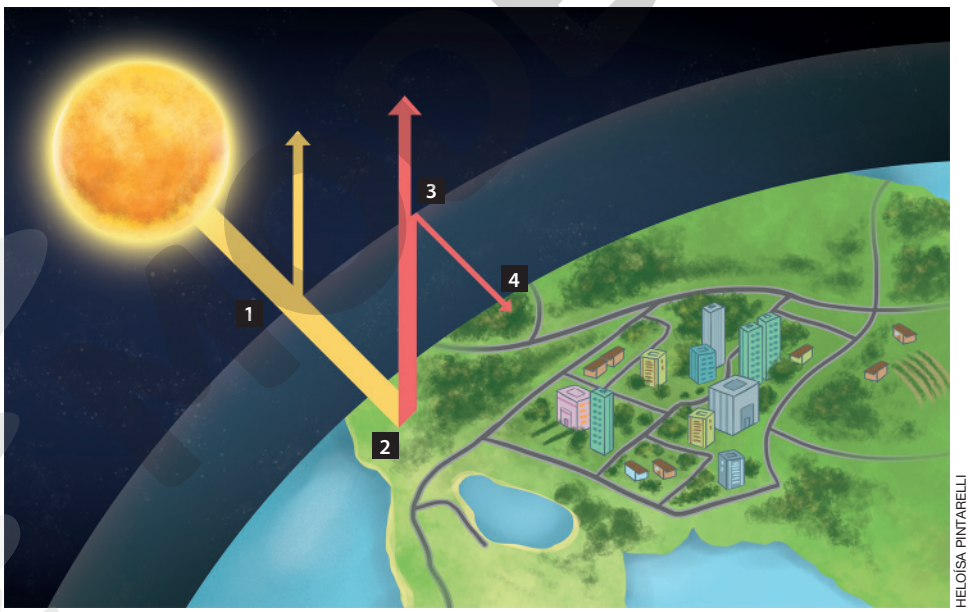
FABIO EIJI SIRASUMA

Às 16 h, a motorista retornou para o carro.

Além de ser utilizada como fonte de energia pelos seres fotossintetizantes, a radiação solar ilumina os ambientes e auxilia na manutenção da temperatura média do planeta Terra, de cerca de 15 °C, tanto essencial à vida quanto à existência da água em estado líquido.

Para a manutenção da temperatura terrestre adequada, é essencial a atuação da atmosfera terrestre. Essa camada de ar retém parte da energia térmica emitida pelo Sol que seria dissipada para o espaço, contribuindo para que a temperatura no planeta permaneça constante, dentro de uma faixa adequada à vida como conhecemos.

Essa atuação da atmosfera na manutenção da temperatura terrestre é possível graças ao efeito estufa natural da Terra. Veja a seguir.



HELOÍSA PINTARELLI

Ilustração produzida com base em: Climate Science Investigations (CSI). *Nasa*. Disponível em: <http://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/how-greenhouse-effect-works.php>. Acesso em: 25 nov. 2019.

Representação do efeito estufa natural da Terra. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

1 Parte da radiação emitida pelo Sol penetra a atmosfera terrestre, enquanto outra parte é refletida por essa camada e retorna ao espaço.

2 Parte da radiação que penetra a atmosfera atinge a superfície terrestre e os oceanos, aquecendo-os. Outra parte da radiação é refletida para a atmosfera.

3 Dessa radiação, parte se dissipa para o espaço e parte fica retida por camada de gases da atmosfera, que inclui o gás carbônico e o gás metano (CH_4), por exemplo, resultando no chamado **efeito estufa natural**.

4 A radiação retida próximo à superfície terrestre aquece o ar próximo a ela, contribuindo para manter a temperatura do planeta.

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

Efeito estufa em outros planetas

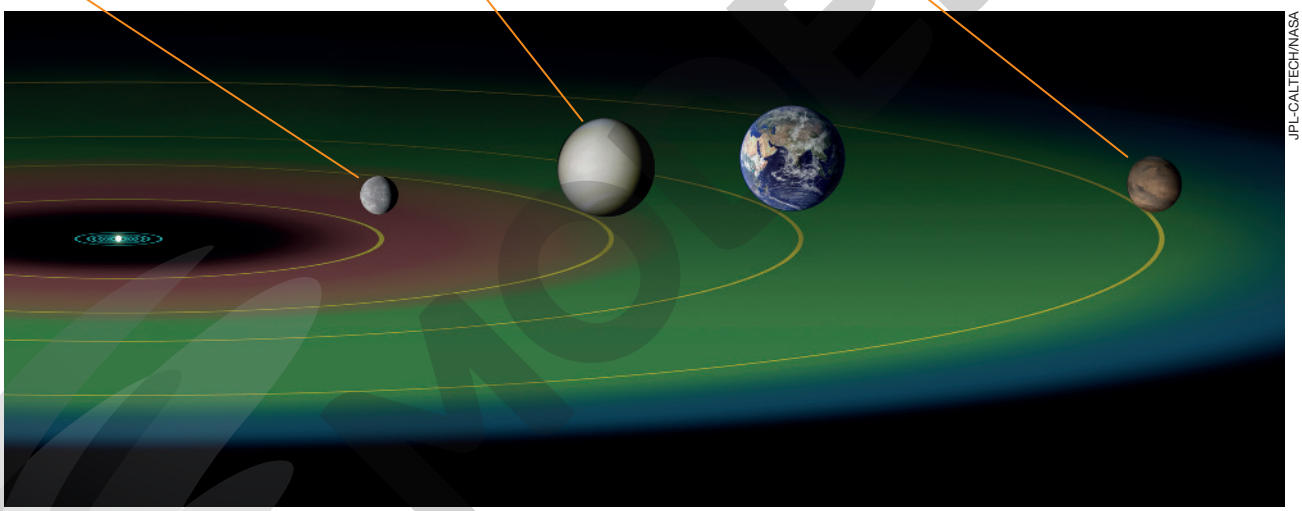
Uma fonte de calor não é o único fator necessário à manutenção da temperatura em condições adequadas e relativamente constante, essenciais à vida. A distância em relação a essa fonte e o quanto desse calor é mantido próximo à superfície do planeta, por meio do efeito estufa, também interferem na temperatura dos planetas.

Alguns planetas do Sistema Solar se encontram na chamada zona habitável, uma região em torno da estrela, nesse caso o Sol, onde as temperaturas não são muito elevadas nem muito baixas, possibilitando a existência de água no estado líquido. No entanto, o fato de se encontrarem nessa zona não garante que as temperaturas sejam adequadas.

Mercúrio é o planeta mais próximo do Sol e sua atmosfera é praticamente inexistente, resultando em uma grande amplitude térmica, com temperatura de, aproximadamente, 430 °C durante o dia e −180 °C durante a noite. Tais temperaturas impedem a existência de água líquida.

Vênus está localizado na zona habitável. No entanto, o efeito estufa nesse planeta é muito intenso, resultando em temperatura média de, aproximadamente, 480 °C. A intensidade do efeito estufa nesse planeta está relacionado com a composição de sua atmosfera, a qual apresenta alta concentração de gás carbônico, aproximadamente 96,5%.

A atmosfera de Marte, apesar de sua posição favorável em relação ao Sol (zona habitável), é bastante delgada, composta principalmente de gases carbônico, nitrogênio (N_2) e argônio (Ar). Como resultado, as temperaturas variam entre 20 °C e −153 °C, consideradas inadequadas à maior parte das formas de vida da Terra.



JPL-CALTECH/NASA

Representação da zona habitável (em verde) do Sistema Solar. A área em vermelho representa a região em torno do Sol onde a temperatura é muito elevada. Em azul, está representada a área onde a temperatura é muito baixa. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

A Terra também apresenta uma fonte interna de calor, proveniente das camadas do planeta.

ASTROS (DIMENSÕES)
Marte: aproximadamente 6 794 km de diâmetro.
Mercúrio: aproximadamente 4 879 km de diâmetro.
Terra: aproximadamente 12 756 km de diâmetro.
Vênus: aproximadamente 12 103 km de diâmetro.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Atualmente, a Terra é o único planeta capaz de abrigar vida no Sistema Solar. Argumente essa afirmativa.

b) Em sua opinião, atividades humanas poderiam interferir na temperatura média da Terra? Justifique sua resposta.

c) A Astrobiologia é uma Ciência que, entre outros objetivos, busca por vida em outros astros do Universo. De acordo com o que você estudou neste capítulo, quais condições os cientistas consideram para verificar se é possível existir vida em outros astros?

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

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Resposta das questões **1**, **3** e **4** no **Suplemento para o professor**.

1. Em determinados momentos do dia, a taxa de consumo de oxigênio pelas plantas excede a de sua produção. Apesar disso, esse consumo é extremamente pequeno, se comparado ao do ser humano.

a) Que processo realizado pelas plantas consome gás oxigênio em vez de produzi-lo?

b) Qual é a importância do processo que você citou no item **a** para a planta?

c) Algumas pessoas acreditam que não é recomendável dormir com plantas no quarto, alegando que isso causaria sufocamento e dores de cabeça por causa do consumo de gás oxigênio e da liberação de gás carbônico pelas plantas. Pesquise se esse argumento tem fundamento científico, justificando sua resposta.

2. **(Enem)** A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3) e o óxido nitroso (N_2O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO_2, tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO_2 na atmosfera: o desmatamento.

BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S. Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. A.G. Moreira & S. Schwartzman. **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros**. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000 (adaptado).

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é

a) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.

b) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH_4.

c) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO_2 da atmosfera.

d) aumentar a concentração atmosférica de H_2O, molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.

e) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.

Alternativa **c**.

3. Em diversos locais do mundo, as pessoas aproveitam a luz solar para aquecer e cozinhar alimentos em fogões solares.

SLEPTSSSKAYA/SHUTTERSTOCK

Fogão solar no Nepal (2017).

a) Como funciona um fogão solar? Faça uma pesquisa, se necessário.

b) Quais as vantagens e desvantagens desse instrumento?

c) Cite outras importâncias da energia solar para as atividades humanas.

4. Franjinha e Dudu resolveram fazer um experimento para ver como funciona o método científico. Observe os trechos da história em quadrinho a seguir e responda às questões.

[...]

[...]

[...]

© MAURICIO DE SOUSA EDITORA LTDA.

SOUSA, M. de. Dudu e Franjinha em: O método científico. *Magali*. n. 34. p. 62-65.

a) A que conclusão possivelmente Franjinha e Dudu chegaram ao observar os três vasos de cebolinha ao fim do experimento?

b) Com base na conclusão citada no item **a**, como a estiagem pode interferir na produção agrícola?

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

CAPÍTULO

2

Ondas eletromagnéticas

Espectro eletromagnético

Leia o trecho de reportagem a seguir que trata da descoberta da composição das estrelas.

[...]

Enquanto Payne-Gaposchkin trabalhava no Observatório, usou seu aprendizado na área de física quântica para fazer uma descoberta revolucionária: determinar a composição das estrelas.

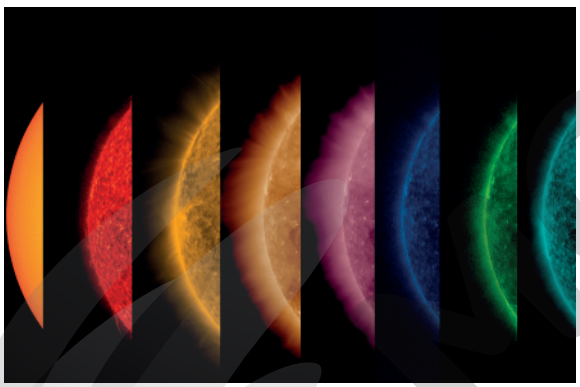
Durante a pesquisa para seu doutorado, que obteve em 1925, a astrônoma chegou à conclusão de que as estrelas são compostas de hidrogênio e hélio.

[...]

Cecilia Payne-Gaposchkin, a mulher que descobriu do que são feitas as estrelas. *BBC News Brasil*. São Paulo, 15 abr. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-47940149>. Acesso em: 10 abr. 2021.

1. Você conhece outros elementos químicos que podem ser encontrados nas estrelas?

Resposta pessoal. Nas estrelas, há pequenas quantidades de elementos mais pesados que o hidrogênio (H) e o hélio (He). No Sol, são encontrados traços de carbono (C), nitrogênio (N), oxigênio (O), neônio (Ne), sódio (Na), magnésio (Mg), alumínio (Al), silício (Si), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), argônio (Ar), potássio (K), cálcio (Ca), titânio (Ti), crômio (Cr), manganês (Mn), ferro (Fe) e níquel (Ni).



GSFC/SOLAR DYNAMICS OBSERVATORY/NASA

Imagens do Sol registradas em luz visível (primeira, à esquerda) e em luz ultravioleta. Os detalhes observados dependem do tipo de onda eletromagnética emitido em maior quantidade. Esse astro mede aproximadamente 1 390 000 km de diâmetro.

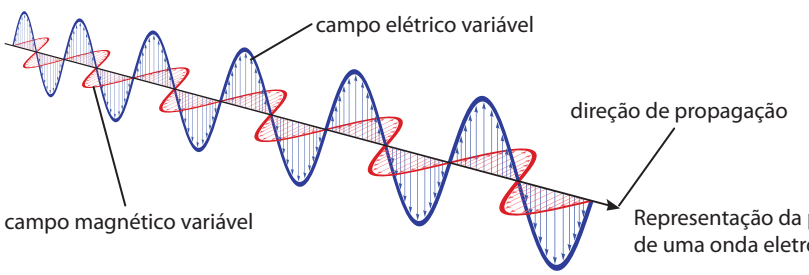
Conhecer a composição química e a estrutura das estrelas, como o Sol, auxilia-nos a entender a emissão de energia desses astros.

No núcleo solar, a temperatura atinge cerca de $15{,}5 \cdot 10^6$ K, valor suficiente para ocorrer a fusão termonuclear. Este fenômeno faz com que um certo elemento químico, como o hidrogênio (H), junte-se com outro (que pode ou não ser do mesmo tipo). Esta junção, chamada fusão, forma um elemento químico mais pesado e libera certa quantidade de energia.

A energia liberada nessas reações atravessa as diversas camadas do Sol, sendo emitida para o espaço em todas as direções, de maneira que parte dela chega à Terra na forma de **ondas eletromagnéticas**. O Sol emite ondas eletromagnéticas em frequências que abrangem desde a radiação infravermelha até a ultravioleta.

As ondas eletromagnéticas são propagações de energia no espaço na forma de campos elétricos e magnéticos oscilantes. Esse tipo de onda não necessita de um meio material para se propagar, pois propaga-se pelo vácuo, ao contrário de outras ondas, como as sonoras.

FOUAD A. SAAD/SHUTTERSTOCK



Representação da propagação de uma onda eletromagnética.

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

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Além das ondas eletromagnéticas, diferentes tipos de ondas fazem parte do nosso cotidiano.

- Junte-se a dois colegas e pesquisem tipos e características de ondas, como elas se propagam e como podemos produzir essas ondas. Em seguida, realizem uma atividade de demonstração da produção das ondas que vocês pesquisaram.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Todas as ondas eletromagnéticas que conhecemos constituem o chamado **espectro eletromagnético**, uma faixa contínua de frequências, que inclui desde as ondas de rádio até os raios gama. No vácuo, as ondas eletromagnéticas possuem a mesma velocidade de propagação, a velocidade da luz, que representamos pela letra *c* e cujo valor é aproximadamente 300 000 km/s.

As ondas eletromagnéticas são diferenciadas e classificadas de acordo com sua frequência e seu comprimento de onda.

A As **ondas de rádio** são aplicadas em telecomunicações, emissoras de rádio (AM e FM) e TV, na telefonia e internet móvel. Ao ajustar a estação de rádio ou TV, ajusta-se a frequência de recepção, ou seja, seleciona-se a frequência das ondas que se deseja captar.

B As **micro-ondas** são aplicadas em radares, em telecomunicações e também para aquecer alimentos nos fornos de micro-ondas. Nesses fornos, o aquecimento ocorre pela agitação causada nas moléculas de água (H_2O) e gordura presentes nos alimentos.

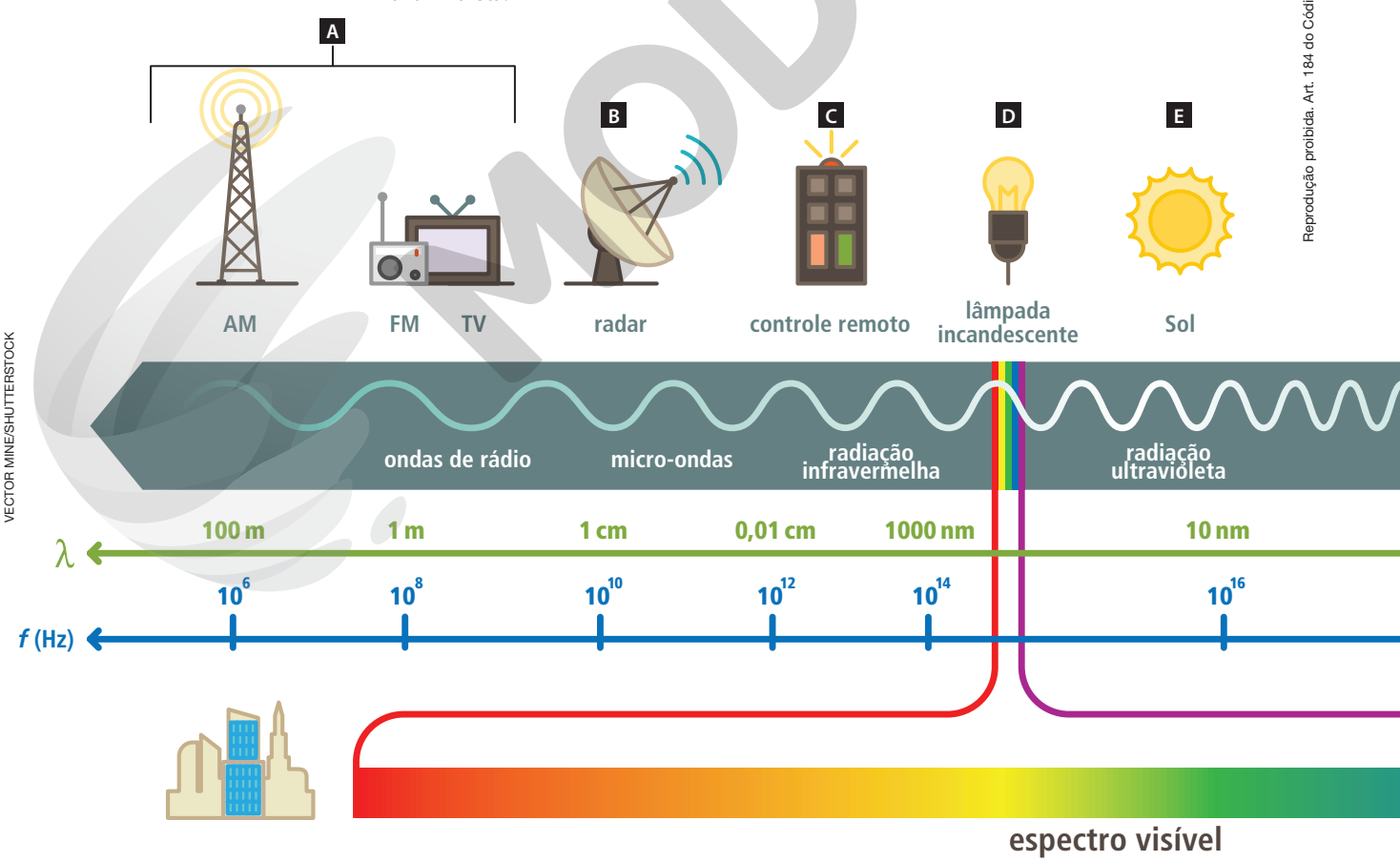
C A **radiação infravermelha** é utilizada nos controles remotos de aparelhos eletrônicos e em câmeras de visão noturna. Ela é também a responsável pela transmissão de calor por irradiação, mais de 50% da radiação emitida pelo Sol está na faixa da radiação infravermelha.

Todo corpo com temperatura acima do zero absoluto (0 K) emite radiação infravermelha, de modo que quanto maior for a temperatura do corpo, mais radiação infravermelha ele emitirá.

Comente aos estudantes que, até então, não foram observados corpos que atingiram o zero absoluto.

Diversas imagens astronômicas são registradas na faixa da radiação infravermelha, pois ela é capaz de atravessar regiões no espaço preenchidas por gás e poeira.

D A **luz visível** é a parte do espectro eletromagnético capaz de sensibilizar as células dos nossos olhos, permitindo-nos enxergar o que está ao nosso redor. O espectro visível geralmente é designado pelas cores que observamos em um arco-íris, da luz vermelha até a luz violeta.



VECTOR MINE/SHUTTERSTOCK

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

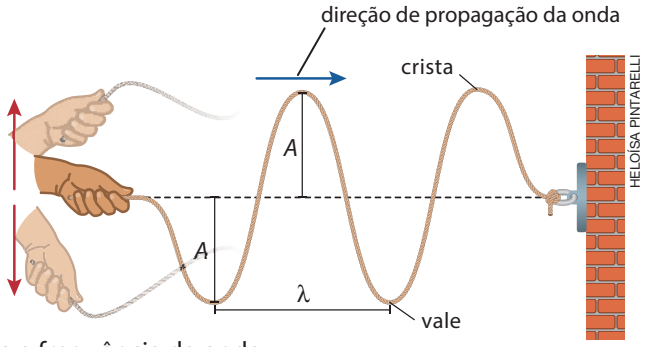
MODERNA

Apesar das ondas eletromagnéticas serem de natureza diferente das ondas mecânicas, ambas são caracterizadas da mesma maneira quanto a algumas de suas grandezas. Veja ao lado.

A **amplitude** (A) é a distância entre o ponto médio da vibração e a crista (ponto mais alto da onda) ou o vale (ponto mais baixo da onda).

O **comprimento de onda** (λ) corresponde à distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos de uma onda.

A **frequência** (f) é o número de oscilações de uma onda em certo intervalo de tempo. No caso das ondas eletromagnéticas, a frequência da onda equivale à frequência de oscilação da carga elétrica que a gerou. No SI (Sistema Internacional), a frequência é dada em Hz (hertz), em que $1\ \text{Hz} = 1\ \text{s}^{-1}$, isto é, uma oscilação por segundo.



Representação de uma onda periódica se propagando em uma corda. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

O **período** (T) é o tempo necessário para ocorrer uma oscilação completa. A relação entre a frequência e o período é dada a seguir.

$$f = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

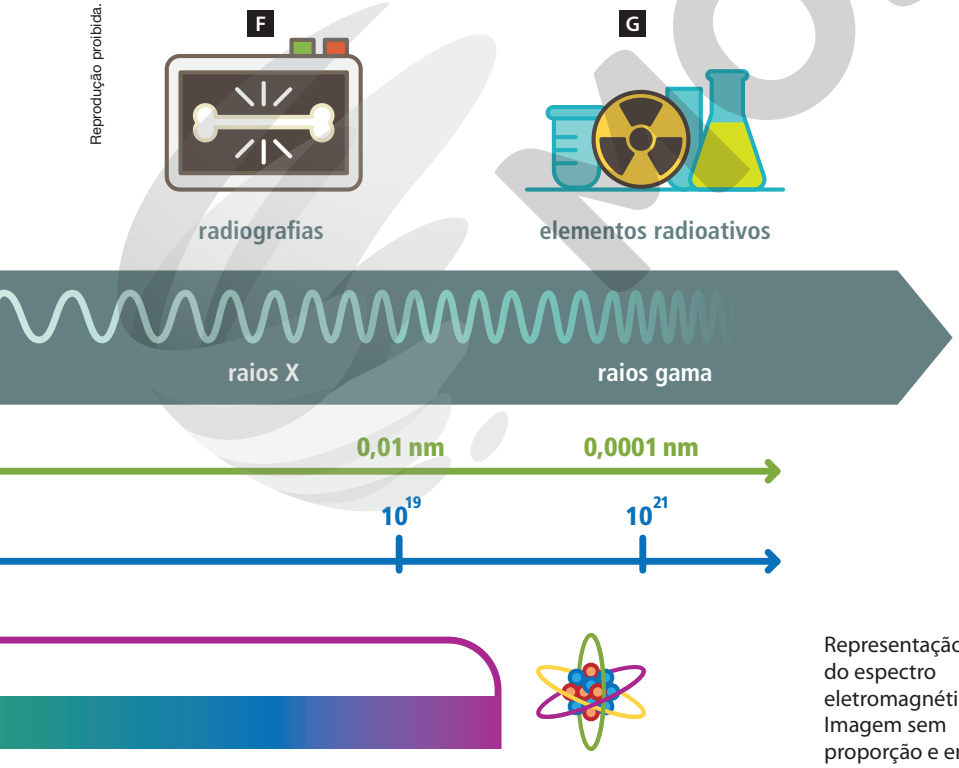
Já a velocidade de propagação das ondas é dada pela relação a seguir, a chamada **equação fundamental das ondas**.

$$v = \lambda \cdot f$$

De acordo com a relação acima, para ondas se propagando em um mesmo meio, à medida que a frequência das ondas eletromagnéticas aumenta, o comprimento de onda equivalente diminui, porque todas possuem a mesma velocidade.

Enfatize para os estudantes que essa ilustração representa uma onda mecânica, com destaque às suas grandezas, que são indicadas da mesma maneira que as ondas eletromagnéticas.

E A **radiação ultravioleta** emitida pelo Sol pode atingir a superfície da Terra. A exposição moderada a esse tipo de radiação (antes das 10 horas da manhã e depois das 16 horas) auxilia na síntese da vitamina D, que promove a absorção do cálcio (Ca) no organismo. Em altas doses, essa radiação é prejudicial à saúde e pode causar câncer de pele. Parte dessa radiação é absorvida na camada de ozônio.



Representação do espectro eletromagnético. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

F Os **raios X** possuem aplicação na medicina diagnóstica, pois permitem a visualização de partes internas do corpo humano, como pulmões, tórax, crânio e ossos, por meio de radiografias ou tomografias. Essa radiação é ionizante, isto é, possui energia suficiente para quebrar as ligações do DNA, o que, em altas doses, pode induzir a formação de câncer.

G Os **raios gama** são emitidos nas reações de fissão nuclear e processos radioativos. Eles estão presentes nos reatores nucleares e na explosão de uma bomba nuclear. Também são ionizantes e podem danificar as células dos organismos e provocar câncer, mas em doses controladas são usados na radioterapia para o tratamento de tumores.

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

MODERNA

Radiação térmica

Como citado anteriormente, todo corpo cuja temperatura esteja acima de 0 K (zero absoluto) emite radiação eletromagnética, que recebe o nome de **radiação térmica**. Essa radiação depende da temperatura do corpo, sendo praticamente independente do material que o constitui.

Na temperatura ambiente, a maioria dos corpos é visível graças à luz refletida por eles. No entanto, alguns materiais em temperaturas muito elevadas passam a emitir luz visível. Portanto, a radiação proveniente de qualquer corpo é composta tanto pela luz refletida quanto pela luz emitida por ele próprio.

Um exemplo disso é o carvão usado em churrasqueiras. Quando o carvão está à temperatura ambiente (25 °C), ele emite radiação infravermelha. Conforme a temperatura aumenta, o carvão passa a emitir outras frequências, adquirindo uma coloração vermelha, e depois, a uma temperatura ainda mais elevada, uma cor alaranjada ou amarelada.

R.SHEDLOV/SKY/SHUTTERSTOCK

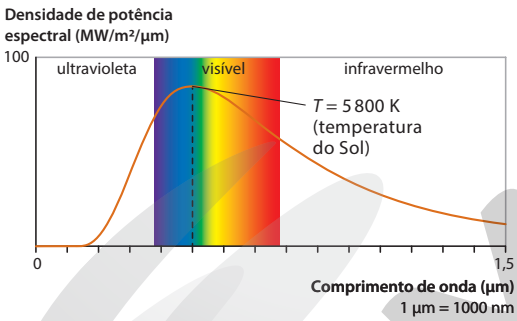
Carvão à temperatura ambiente.

CHUBYKIN ARKADY/SHUTTERSTOCK

Carvão com temperatura elevada, emitindo luz visível. As partes amarelas estão em temperaturas mais altas.

INTENSIDADE DE RADIAÇÃO EMITIDA POR UM CORPO NEGRO EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA

HELOÍSA PINTARELLI



Fonte: LIMA, C. R. A. *Tópicos de Laboratório de Física Moderna*. Juiz de Fora: UFJF, 2013. p. 9. (Adaptado). Disponível em: <https://www.ufjf.br/fisica/files/2010/03/Labfismodroteiro.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

Para estudar a radiação emitida por um corpo, o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) propôs a utilização de um corpo que seria um absorvedor e emissor ideal de radiação, o qual ficou conhecido como **corpo negro**. *

Um exemplo aproximado de corpo negro seria um objeto que possui uma pequena cavidade por onde a radiação pode entrar, mas é incapaz de sair por causa das sucessivas reflexões no seu interior. Dessa forma, a radiação emitida pelo corpo depende da respectiva temperatura.

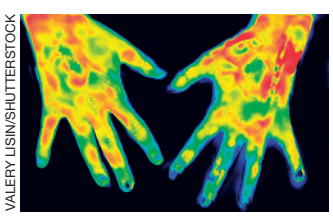
Assim, todos os corpos negros à mesma temperatura emitem radiação térmica com o mesmo espectro.

As estrelas não são corpos negros ideais, mas seu espectro de emissão se assemelha ao de um corpo negro à mesma temperatura, pois a radiação que ela reflete não se compara à radiação que ela emite. Assim, é possível analisar a luz emitida pelas estrelas considerando-a equivalente ao espectro de um corpo negro.

Com base no espectro de corpo negro a 5 800 K do gráfico acima, notamos que a radiação eletromagnética emitida pelo Sol está localizada nos comprimentos de onda correspondentes à radiação infravermelha, à luz visível e à radiação ultravioleta. Vemos também que o pico de emissão do Sol está localizado no visível, isto é, a maior parte das ondas eletromagnéticas emitidas por ele está nessa faixa. Como a emissão de radiação do Sol engloba todos os comprimentos de onda do visível, a luz emitida por ele tem cor branca.

*Explique aos estudantes que, em outras palavras, um corpo negro absorveria toda a radiação que recebesse de fora, sem refletir nada, sendo que a radiação proveniente dele seria apenas a emitida por ele próprio. Um corpo deste tipo é uma concepção teórica e ficou conhecido como corpo negro.

VALERY LISIN/SHUTTERSTOCK



A legenda da imagem não foi inserida para não comprometer a resolução da atividade.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Qual é o tipo de radiação captada pela câmera que registrou a imagem ao lado?

b) Qual é a diferença entre as regiões azuis e vermelhas nas mãos da imagem ao lado?

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 **7** no **Suplemento para o professor**.

1. As ondas eletromagnéticas são responsáveis por manter o funcionamento de vários equipamentos eletrônicos. Entre eles estão a televisão, o micro-ondas e o celular com suas inúmeras aplicações. Sobre as ondas eletromagnéticas, verifique quais afirmações são verdadeiras, justificando as falsas.

I) São ondas formadas por um campo elétrico uniforme e um campo magnético variado.

II) Em sua propagação é feito o transporte de energia, e não de matéria.

III) São capazes de se propagarem no vácuo.

IV) Toda onda eletromagnética se propaga com velocidade da luz (c) em qualquer meio material.

2. **(Enem)** Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o adotado é o fato de

a) terem fases opostas.

b) serem ambas audíveis.

c) terem intensidades inversas.

d) serem de mesma amplitude.

e) terem frequências próximas.

Alternativa **e**.

3. Pode-se fazer elétrons oscilarem em um condutor, como uma haste metálica, com uma frequência correspondente à faixa de rádio.

3. Explique, de maneira simples, como é possível gerar uma onda eletromagnética de rádio.

4. **(Uece-CE)** A radiação X, com comprimentos de onda entre 0,01 nm a 10 nm, tem frequência menor do que a frequência

a) da radiação gama, cujos comprimentos de onda são na faixa de 10^{-12} m a 10^{-14} m.

b) da radiação ultravioleta, cujos comprimentos de onda são na faixa de $380 \cdot 10^{-9}$ m a 10^{-9} m.

c) da radiação infravermelha, cujos comprimentos de onda são na faixa de 700 nm a 50 000 nm.

d) da radiação na faixa visível, cujos comprimentos de onda são na faixa de 400 nm a 750 nm.

Alternativa **a**.

5. Entre os raios gama, que possuem grandes frequências e pequenos comprimentos de onda, e as ondas de rádio, que têm pequenas frequências e grandes comprimentos de onda, qual se propaga com maior rapidez no vácuo? Justifique sua resposta.

Ambas se propagam com a mesma rapidez, pois são ondas eletromagnéticas cuja velocidade de propagação não varia em função da frequência da onda.

6. Qual alternativa apresenta a onda que não se propaga no vácuo?

a) Raios X.

b) Raio gama.

c) Ultravioleta.

d) Ultrassom.

e) Ondas de rádio.

Alternativa **d**.

7. De acordo com o espectro eletromagnético, verifique quais afirmações são verdadeiras, justificando as falsas.

I) A frequência da luz amarela é maior que a frequência da vermelha, assim o comprimento de onda da luz amarela é menor que o da vermelha.

II) O comprimento de onda de raios X é maior que o de micro-onda, assim a frequência de raios X é maior que a da micro-onda.

III) A velocidade do infravermelho é maior que a do ultravioleta, pois sua frequência é menor.

IV) A radiação UV-A possui a mesma velocidade que a UV-B, porém o comprimento de onda é diferente.

8. Emissoras de rádio, por meio de uma antena, emitem ondas eletromagnéticas que se propagam na atmosfera com uma velocidade próxima à da luz, cerca de $3 \cdot 10^5$ km/s. As grandezas que diferenciam uma estação de outra é a frequência emitida e, consequentemente, seu comprimento de onda. Supondo que uma rádio, operando na faixa AM, emita ondas eletromagnéticas com uma frequência de 1 200 kHz, qual é o comprimento de onda em metros? $\lambda = 250$ m

9. **(Unicamp-SP)** Em 2019 foi divulgada a primeira imagem de um buraco negro, obtida pelo uso de vários radiotelescópios. Também recentemente, uma equipe da NASA propôs a utilização de telescópios de infravermelho para detectar antecipadamente asteroides que se aproximam da Terra. Considere que um radiotelescópio detecta ondas eletromagnéticas provenientes de objetos celestes distantes na frequência de $f_{rádio} = 1{,}5$ GHz, e que um telescópio de infravermelho detecta ondas eletromagnéticas originadas em corpos do sistema solar na frequência de $f_{infravermelho} = 30$ THz. Qual é a razão entre os correspondentes comprimentos de onda no vácuo, $\lambda_{rádio}/\lambda_{infravermelho}$? Alternativa **c**.

a) $5{,}0 \times 10^{-5}$.

b) $6{,}7 \times 10^{-5}$.

c) $2{,}0 \times 10^{4}$.

d) $6{,}0 \times 10^{12}$.

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

MODERNA

CAPÍTULO

3

O espectro solar e a Terra

1. Resposta pessoal. O objetivo desta questão é levar os estudantes a identificar situações que envolvem a energia solar. Portanto, eles podem citar, por exemplo, a radiação infravermelha em aquecedores solares e usinas solares térmicas e a luz visível em placas fotovoltaicas.

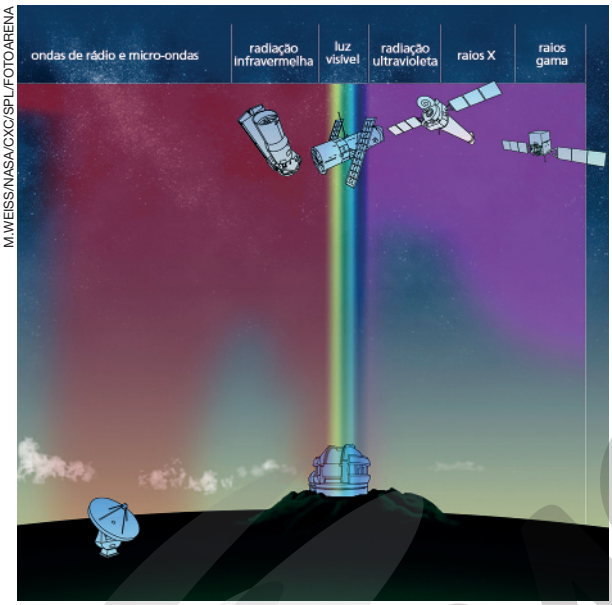
Energia emitida pelo Sol

1. Cite pelo menos duas aplicações cotidianas para as ondas eletromagnéticas provenientes do Sol.

Como vimos anteriormente, por causa das reações em seu interior, o Sol emite energia na forma de ondas eletromagnéticas com diferentes comprimentos de onda: desde a radiação infravermelha, passando pela luz visível, até a radiação ultravioleta.

Apesar de possuírem características em comum, como a natureza eletromagnética e a velocidade de propagação no vácuo, essas ondas interagem com a matéria de maneiras diferentes.

M.WEISS/NASA/CXC/SPL/FOTOARENA



Representação das "janelas atmosféricas" para as ondas eletromagnéticas. Note que alguns comprimentos de onda são absorvidos antes de chegar à superfície da Terra. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Isso ocorre porque a energia associada a uma onda eletromagnética varia em função da sua frequência, de modo que quanto maior for a frequência, maior será sua energia. Outro fator importante em relação à interação das ondas com a matéria é o comprimento de onda, pois elas interagem com corpos que possuem dimensões próximas ao tamanho do seu comprimento de onda.

Assim, a luz visível e as outras radiações provenientes do Sol podem interagir com a atmosfera e com a superfície da Terra, sendo absorvidas, refletidas ou espalhadas.

Na atmosfera, a radiação solar é refletida ou absorvida por diferentes tipos de gases presentes nessa região, entre eles estão o vapor de água (H_2O), o dióxido de carbono (CO_2) e o ozônio (O_3).

A luz visível consegue atravessar a atmosfera. Parte da radiação ultravioleta é absorvida na camada de ozônio, mas outra parte é capaz de cruzar a atmosfera e chegar à superfície terrestre. A radiação infravermelha também tem parte absorvida na atmosfera e parte que atinge a superfície da Terra. As faixas do espectro com comprimentos de onda que penetram a atmosfera são chamadas de "janelas atmosféricas".

KOSTENKO MAXIM/SHUTTERSTOCK

Luz branca sendo dispersada em suas componentes por um prisma de vidro.

Luz visível

A luz visível corresponde à faixa do espectro eletromagnético relacionada ao sentido da visão humana, que consegue estimular as células dos olhos.

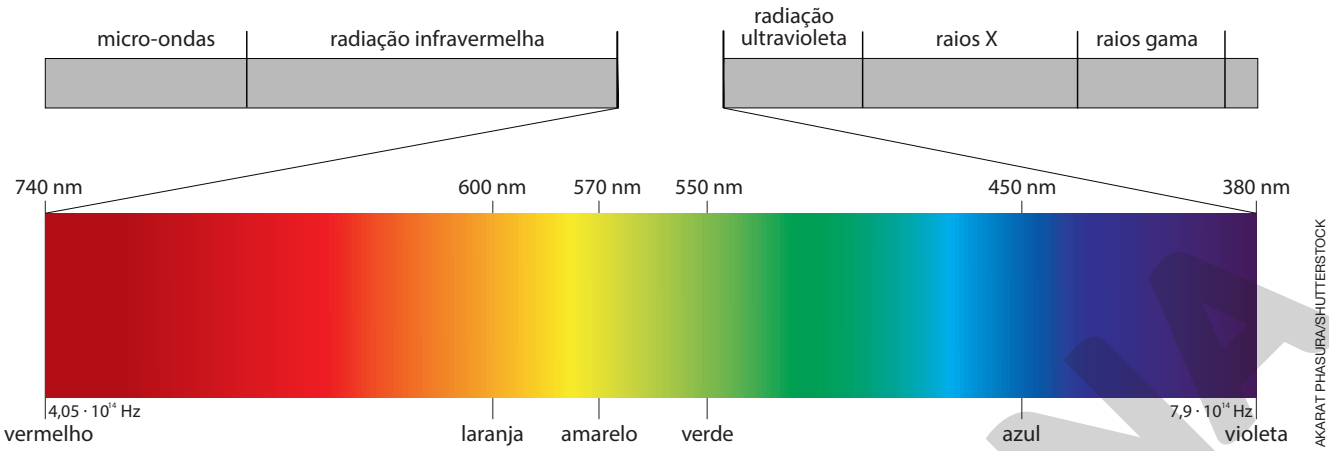
O espectro da luz visível é representado normalmente pelas cores do arco-íris, sem uma divisão clara entre elas. A mistura de todas as cores resulta na luz branca, propriedade constatada pelo físico inglês Isaac Newton (1643-1727) ao fazer um feixe de luz solar atravessar um prisma e observar sua decomposição, como mostrado na fotografia ao lado.

O fenômeno da dispersão da luz ocorre porque cada frequência tem velocidade diferente no vidro, sofrendo refração em um ângulo ligeiramente diferente. A luz de cor vermelha apresenta maior velocidade (menor desvio) e a luz de cor violeta, menor velocidade no vidro (maior desvio).

MODERNA

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

Em relação às frequências e aos comprimentos de onda, o espectro da luz visível apresenta desde a luz vermelha cuja frequência é $4{,}05 \cdot 10^{14}$ Hz, equivalente ao comprimento de onda de 740 nm, até a luz violeta, com frequência de $7{,}9 \cdot 10^{14}$ Hz, equivalente ao comprimento de onda de 380 nm. Veja na imagem a seguir.



AKARAT PHASURA/SHUTTERSTOCK

Representação do espectro eletromagnético referente à luz visível. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: HALLIDAY, D. et al. *Fundamentos de Física*: óptica e física moderna. 9. ed. Trad. e rev. Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 4. p. 2.

2. Diversos equipamentos eletrônicos, como televisores e monitores de computador, emitem luz branca. Como esses aparelhos produzem essa luz branca?

2. Espera-se que os estudantes respondam que televisores e monitores de computador produzem luz branca por causa da mistura de luzes vermelha, verde e azul.

Apesar de a luz solar ter um espectro aparentemente contínuo, no ano de 1814, o físico alemão Joseph von Fraunhofer (1787-1826) percebeu que o espectro da luz solar apresentava diversas linhas escuras. Isso indica que algumas frequências de luz foram absorvidas, por isso os espectros com linhas escuras ficaram conhecidos como **espectros de absorção**.

Algumas das linhas de absorção no espectro do Sol ou de outras estrelas são causadas pela absorção seletiva de radiação dos gases presentes nas camadas externas da estrela, pois cada elemento químico absorve luz em frequências características.

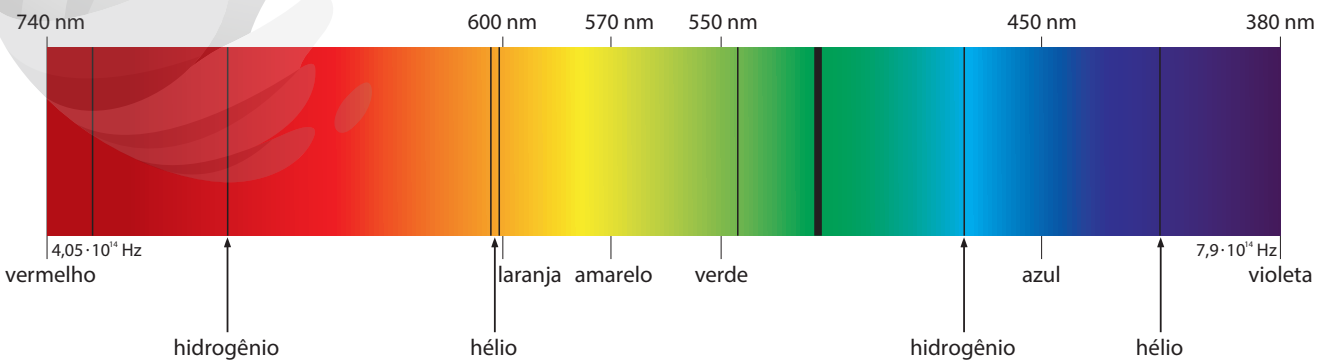
Dessa maneira, quando a luz branca atravessa certa quantidade de gás, a análise das linhas de absorção revela os elementos desse gás.

Esse método é utilizado para identificar os elementos químicos das estrelas e da atmosfera dos planetas que as orbitam.

No espectro de absorção do Sol foram identificadas linhas características de elementos químicos como o hidrogênio (H) e o hélio (He), o que permitiu determinar a composição química dele.

EMILIO SEGRE VISUAL ARCHIVES/AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS/PHOTO RESEARCHERS – COLEÇÃO PARTICULAR

Joseph von Fraunhofer



AKARAT PHASURA/SHUTTERSTOCK

Representação do espectro de absorção do Sol. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: COMINS, N. F.; KAUFMANN III, W. J. *Descobrindo o universo*. 8. ed. Trad. Eduardo Neto Ferreira. Porto Alegre: Bookman, 2010. p. 134-135; 348.

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

MODERNA

Cor dos objetos e do céu

Observe atentamente os objetos a seguir.

RAMON ESPELT PHOTOGRAPHY/ SHUTTERSTOCK

Apontadores de lápis com diferentes cores.

3. Por que enxergamos as diferentes cores dos corpos?

Espera-se que os estudantes respondam que isso depende da cor de luz refletida pelos corpos quando são iluminados com luz branca. Ao enxergarmos um corpo na cor amarela, iluminado por luz branca, significa que ele reflete essa cor de luz e absorve as outras cores.

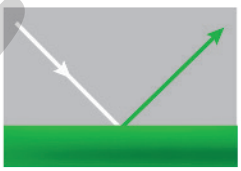
Na fotografia acima, os apontadores iluminados com luz branca possuem o mesmo formato, nos quais enxergamos as diferentes cores.

É importante compreender que a luz branca é uma composição de todas as cores do espectro visível, assim só é possível enxergarmos a cor de um objeto que não produz luz conforme recebemos a porção de luz refletida por ele. Dessa forma, as cores que observamos nos corpos sólidos correspondem à luz absorvida e refletida por eles. Um objeto de cor azul, por exemplo, ao ser iluminado por luz branca, reflete em maior quantidade a luz azul e absorve, também em maior quantidade, as demais cores de luz.

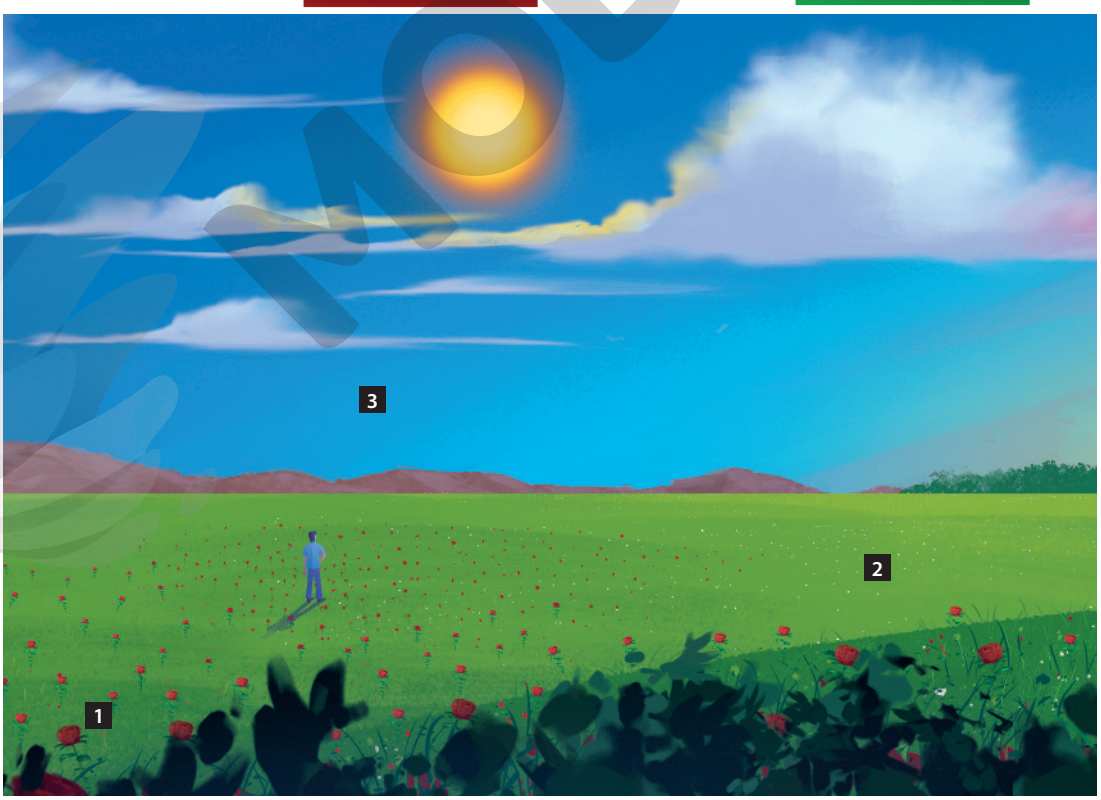
Veja a seguir alguns exemplos de cores de corpos iluminados com a luz branca do Sol.

1 Visualizamos a cor vermelha nas pétalas das flores porque elas refletem em maior intensidade a componente vermelha da luz branca.

2 Visualizamos a cor verde nas folhas porque elas refletem em maior intensidade a componente verde da luz branca.



ALEXANDRE DE SOUZA



Representação de situações em que podemos perceber o espalhamento da luz solar. 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

4. Por que a cor do céu se altera em certos momentos do dia?

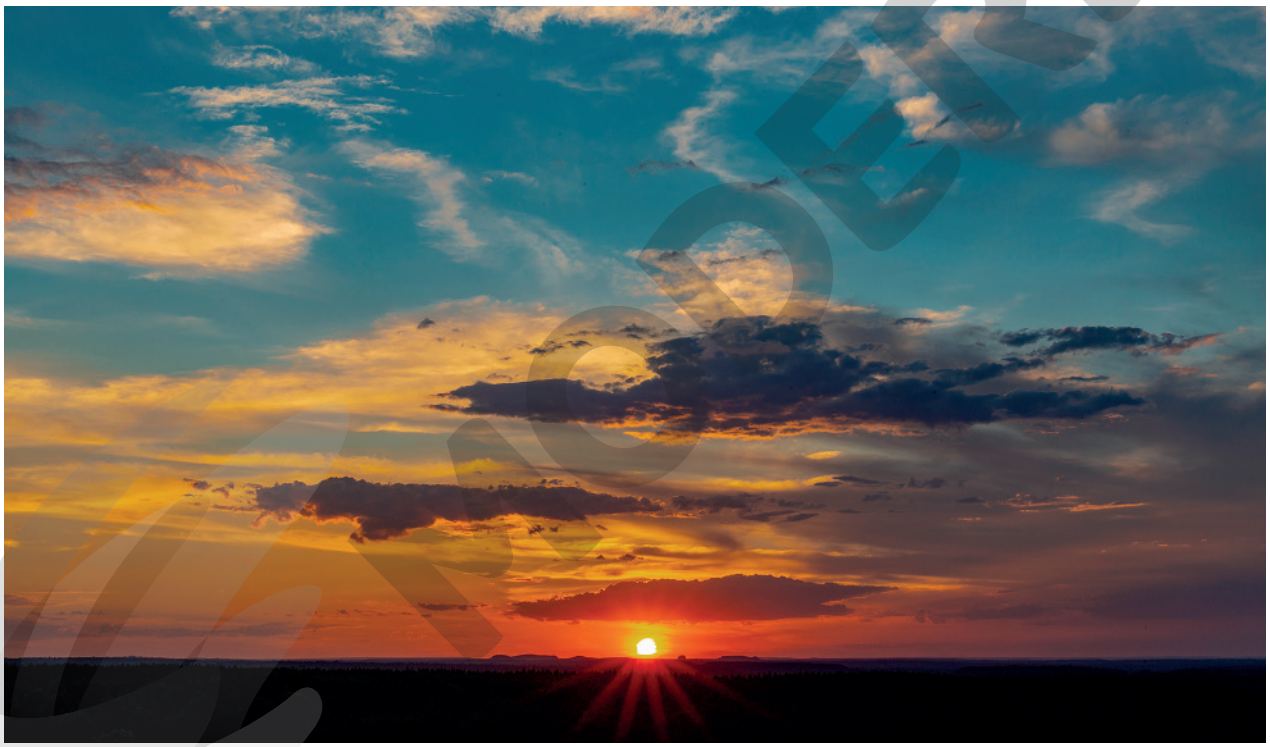
4. Resposta pessoal. O objetivo desta questão é resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação ao espalhamento da luz na atmosfera. Eles podem citar que a cor do céu se altera por causa do espalhamento da componente azul e da transmissão da componente vermelha da luz solar na atmosfera.

Já a cor do céu, quando observado da superfície da Terra, corresponde ao espalhamento da luz do Sol pelos gases presentes na atmosfera.

3 Em um dia claro sem nuvens, as moléculas dos gases atmosféricos espalham com mais intensidade o comprimento de onda correspondente ao azul da luz solar. O comprimento de onda da luz violeta também é espalhado, mas em menor intensidade.

Como nossos olhos são mais sensíveis à luz azul do que à luz violeta, percebemos o céu na cor azul.

Ao entardecer ou amanhecer, percebemos as cores laranja, vermelha e amarela no céu, pois a luz solar percorre uma distância maior na atmosfera. Por haver mais moléculas que dispersam a luz, os comprimentos de onda correspondentes ao azul e ao violeta são espalhados antes de chegar aos nossos olhos. Assim, os comprimentos de onda correspondentes ao amarelo, laranja e vermelho, espalhados com menor intensidade, são transmitidos na atmosfera até nossos olhos.



TICIANA GIEHL/SHUTTERSTOCK

Pôr do sol observado da Pedra Furada, no Jalapão, Tocantins (2018).

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Imagine que você passeou no parque com seu primo mais novo e encontraram algumas rosas brancas. Seu primo, uma criança muito curiosa, pergunta por que elas apresentam essa cor. O que você responderia a ele?

b) Ao pousar na Lua, um astronauta olha para cima enquanto o Sol está visível acima do horizonte. Qual é a cor do céu observado por ele? Explique.

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

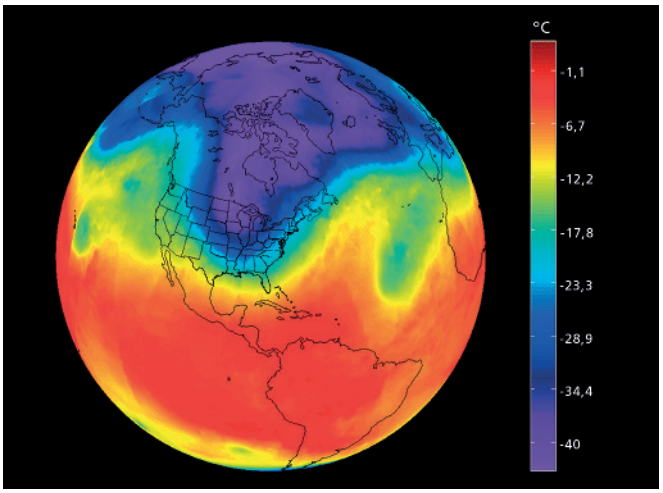
MODERNA

Radiação infravermelha

Observe a seguir uma imagem da Terra.

5. Espera-se que os estudantes respondam que as cores representam uma escala de temperatura. As mais baixas são representadas por tons de azul, passando pelo verde, amarelo, laranja até chegar ao vermelho, que representa as temperaturas mais elevadas.

JPL-CALTECH AIRS PROJECT/NASA



5. Por que na imagem da Terra, mostrada ao lado, diferentes áreas do planeta são representadas por cores variadas?

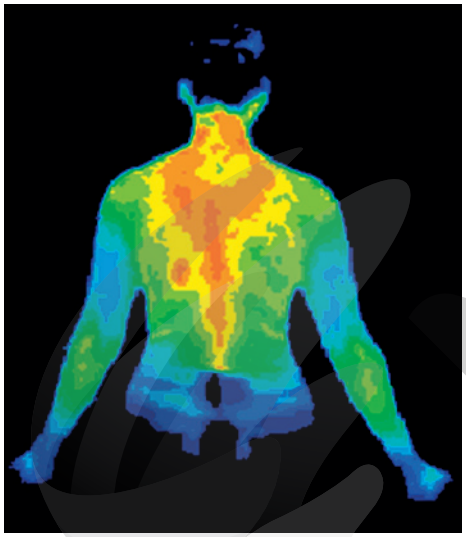
Parte da legenda da imagem não foi inserida para não comprometer a resolução da atividade.

Imagem do planeta Terra obtida por satélites em órbita. Terra: aproximadamente 12 756 km de diâmetro.

Na imagem acima, as cores diferenciam as temperaturas das massas de ar atmosférico ao redor da Terra. Nessas representações, os dados de temperatura são distribuídos em um intervalo de valores entre um mínimo e um máximo, conforme uma escala de cores. As porções em azul representam temperaturas mais baixas, como ocorre nas regiões polares da Terra, e as porções avermelhadas correspondem a temperaturas mais elevadas, como se verifica na região entre os trópicos e a região equatorial do planeta. Nessas imagens, a temperatura não é medida diretamente, pois é obtida pela quantidade de radiação infravermelha emitida pelo corpo. Quanto maior for a temperatura, maior será a quantidade de radiação infravermelha emitida pelo corpo.

Termografia do tronco de uma pessoa. A região em vermelho indica possível inflamação nas articulações.

ANITA VAN DEN BROEK/SHUTTERSTOCK



No espectro eletromagnético, a faixa da radiação infravermelha compreende as ondas com frequências da ordem de 10^{11} Hz, aproximadamente, até a ordem de 10^{14} Hz, ou com comprimentos de onda que variam entre a ordem de 10^{-3} m (1 mm) e a ordem de 10^{-6} m (1 µm).

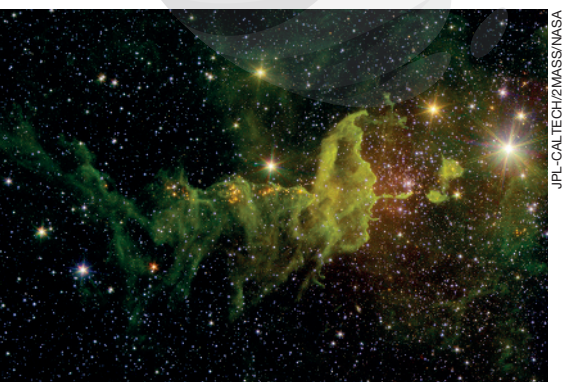
A produção de imagens por meio da radiação infravermelha tem ampla aplicação, em diferentes áreas de conhecimento. Imagens de satélite, da Terra, em infravermelho são utilizadas para estudar mudanças climáticas, para monitorar a fumaça e identificar fontes de incêndios florestais, por exemplo. Imagens termográficas do corpo humano são utilizadas para diagnosticar inflamações ou simplesmente monitorar a temperatura corporal.

Além disso, a radiação infravermelha é bastante utilizada para estudar corpos celestes na visualização de regiões ou objetos que não emitem luz própria. Por ter comprimentos de onda mais longos que a luz visível, a radiação infravermelha é facilmente capaz de atravessar regiões densas de gás e poeira no espaço.

Dessa maneira, diversos telescópios captam a radiação infravermelha, além da luz visível. Como essa radiação não é percebida por nossos olhos, as imagens obtidas nessa faixa são coloridas artificialmente e, em alguns casos, mescladas digitalmente com imagens obtidas na faixa da luz visível.

A imagem ao lado foi obtida pelo Telescópio Espacial Spitzer e mostra estruturas que não aparecem com a luz visível. Em breve o Telescópio Espacial James Webb será lançado para substituir o telescópio Hubble e também terá sensores de infravermelho, confirmando como é importante o estudo dessa radiação para a Astronomia.

JPL-CALTECH/2MASS/NASA



Parte da nebulosa A aranha e a mosca (IC 417). A imagem foi obtida na faixa da radiação infravermelha e colorida artificialmente.

MODERNA

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

Radiação ultravioleta

6. O objetivo desta questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a exposição excessiva da pele à radiação ultravioleta. Eles podem citar que as manchas indicam áreas da pele danificadas pela radiação ultravioleta.

Observe a fotografia ao lado capturada por uma câmera sensível à radiação ultravioleta.

A câmera que a registrou é capaz de captar a radiação ultravioleta refletida pelo rosto da modelo, da mesma maneira que uma câmera fotográfica comum capta a luz visível. As regiões mais claras na fotografia refletem a radiação ultravioleta com mais intensidade do que as regiões mais escuras (que absorvem mais a radiação ultravioleta).

Alguns fatores interessantes devem ser considerados na análise dessa imagem. As manchas na pele da mulher não podem ser vistas em fotografias registradas com luz visível, pois esse tipo de luz não penetra as camadas mais internas da pele. Assim, como a radiação ultravioleta penetra mais profundamente a pele, podendo danificá-la, somente é possível visualizar as regiões danificadas (manchas) graças à interação entre a radiação ultravioleta e a pele.

SPL/FOTOARENA

Fotografia de câmera ultravioleta de uma mulher passando protetor solar no rosto.

Considerando essa situação, constatamos como a aplicação de protetor solar auxilia no cuidado com a pele. Na região com o protetor solar, representada pela cor preta na fotografia, a radiação ultravioleta está sendo absorvida pelo produto, ou seja, ela não está penetrando a pele. Portanto, é indispensável a aplicação do protetor solar antes de se expor ao Sol a fim de evitar danos à pele, como queimaduras ou, até mesmo, câncer, por causa da radiação ultravioleta.

A faixa da radiação ultravioleta inicia com a frequência de 10^{15} Hz, aproximadamente, e termina com cerca de 10^{17} Hz, e os comprimentos de onda se encontram entre cerca de 10^{-7} m e cerca de 10^{-9} m. Essa faixa é dividida em regiões distintas, sendo as três mais importantes conhecidas como UV-A, UV-B e UV-C.

O UV-C possui maior energia, sendo, portanto, o mais nocivo ao ser humano. Contudo, essa faixa é absorvida quase completamente pela atmosfera da Terra na camada de ozônio. A exposição ao UV-B também é nociva, podendo provocar queimaduras na pele, além de aumentar o risco de danificar o DNA das células, o que pode causar câncer de pele. O UV-B também é absorvido pelo ozônio na atmosfera da Terra, mas uma pequena parte ainda chega à superfície terrestre. Por outro lado, basicamente toda a radiação do tipo UV-A consegue atravessar a atmosfera e chegar à superfície da Terra.

6. Em sua opinião, o que representam as manchas na pele da mulher mostrada na fotografia?

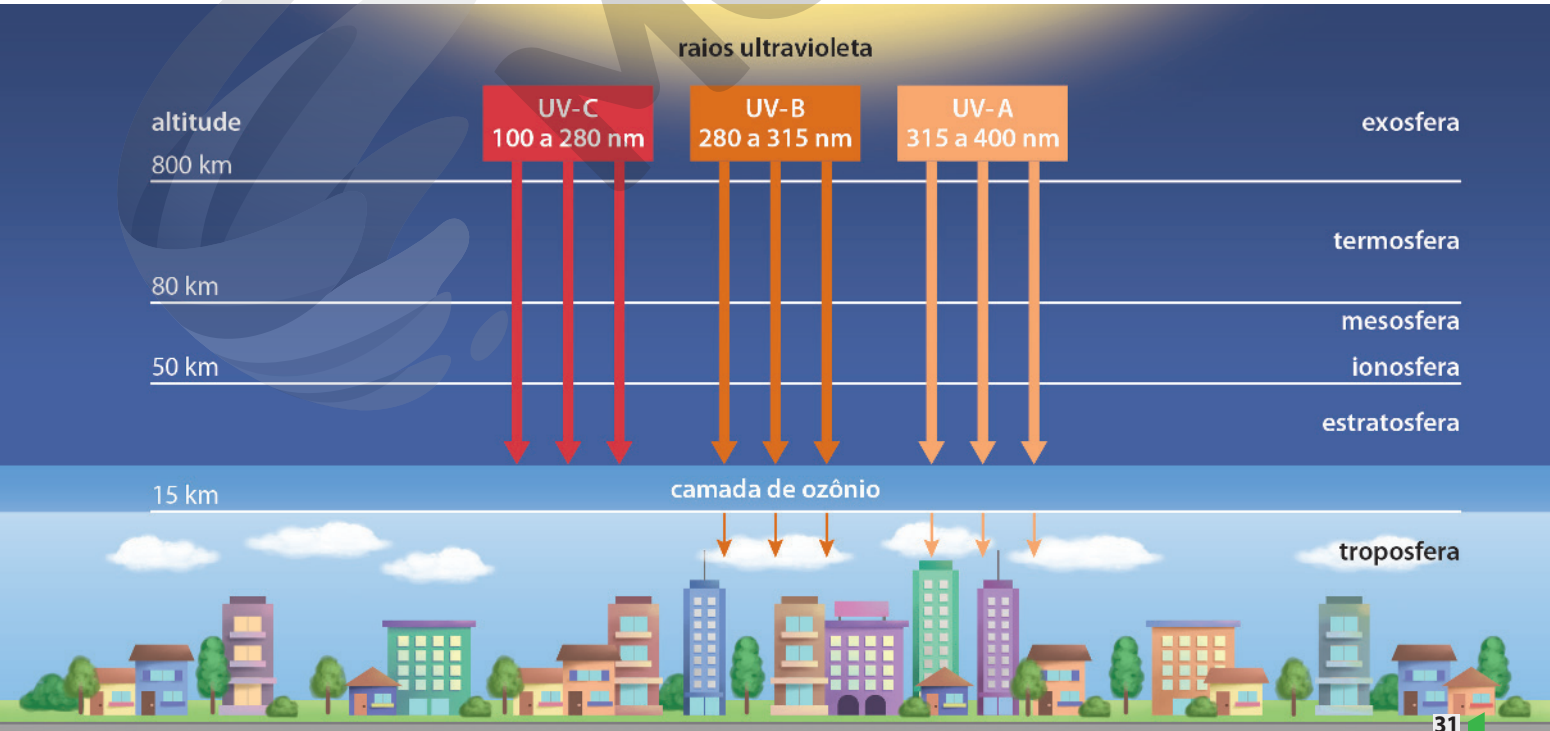
7. Por que a região onde a mulher passou protetor solar apresenta cor preta?

7. Porque o filtro solar está absorvendo a radiação ultravioleta que incide sobre a pele da mulher, evitando danos a essa estrutura. As outras partes do corpo da mulher estão refletindo a radiação ultravioleta, sendo captadas pela câmera.

Representação da absorção e transmissão da radiação ultravioleta na atmosfera terrestre. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

HELOÍSA PINTARELLI

Ilustração produzida com base em: FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. *O Sol* - a nossa estrela. Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 17 nov. 2019. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm>. Acesso em: 15 jul. 2020.



MODERNA

Portanto, reforçando a recomendação anterior, uma vez que parte da radiação UV é capaz de passar pela atmosfera e chegar à superfície terrestre, é muito importante usar protetor solar ao se expor ao Sol, a fim de evitar maiores problemas à saúde.

Os efeitos a curto prazo da exposição ao UV se manifestam na forma de queimaduras, mas a médio e longo prazos podem surgir outros efeitos, como o câncer e o envelhecimento prematuro da pele.

Apesar de todos esses problemas que o UV pode causar, ele não deve ser apenas considerado nocivo à saúde do ser humano. A exposição moderada a essa radiação, em horários adequados (antes das 10 horas e após as 16 horas) pode ser benéfica para o organismo. Nesse caso, a absorção da radiação UV auxilia na síntese da vitamina D, além de estimular o intestino a absorver cálcio (Ca) e fosfato (PO_4^{3-}), ajudando assim na manutenção da saúde dos ossos.

Outra característica interessante da radiação ultravioleta é sua capacidade de eliminar microrganismos, como bactérias e vírus. Assim, ela é aplicada em processos de desinfecção de água, para esterilizar equipamentos hospitalares, desinfetar vários tipos de produtos e recipientes na indústria, entre muitas outras aplicações.

DR P. MARAZZI/SPL/FOTOARENA

Lesões causadas na pele por causa do fotoenvelhecimento provocado pela radiação ultravioleta.

AL7/SHUTTERSTOCK

Esterilização de instrumentos médicos com radiação ultravioleta.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

O Equipamento de Proteção Individual (EPI) é todo aparelho ou produto de uso individual que protege contra riscos à saúde de determinados profissionais durante o trabalho. Por exemplo, há muitas profissões nas quais as pessoas trabalham a céu aberto, expondo-se à radiação solar por longos períodos.

- Com base nessa situação, junte-se a um colega para discutir a respeito de quais EPIs esses trabalhadores devem usar para se proteger contra a radiação ultravioleta. Em seguida, explique qual é a importância desses cuidados para a saúde e qual seria a consequência para o trabalhador que não se protege adequadamente.

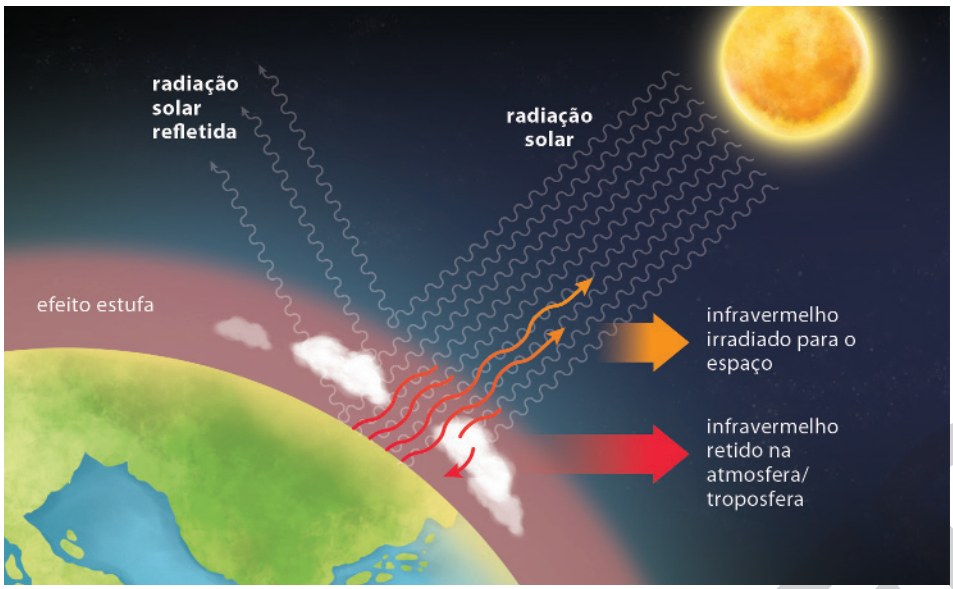
Efeito estufa

A luz emitida pelo Sol interage com a atmosfera terrestre de diferentes maneiras, podendo ser refletida de volta para o espaço, espalhada em diferentes direções, absorvida ou transmitida e chegar à superfície. Nessas interações, a energia da radiação solar aquece o planeta, sendo fundamental para a manutenção da temperatura média da Terra, o que é chamado **efeito estufa natural**. Esse efeito ocorre principalmente pela interação da radiação infravermelha com os gases que constituem a atmosfera da Terra.

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

Quando a radiação infravermelha proveniente do Sol chega à superfície da Terra, parte dela é absorvida e emitida pelo planeta de volta à atmosfera. Alguns gases presentes na atmosfera da Terra, como vapor de água e gás carbônico, absorvem a maior parte da radiação infravermelha emitida pela Terra, evitando que ela escape totalmente para o espaço novamente. Esse fenômeno aquece a atmosfera mais baixa do planeta, o que ajuda a manter a temperatura média da superfície terrestre adequada à vida.

HELOÍSA PINTARELLI



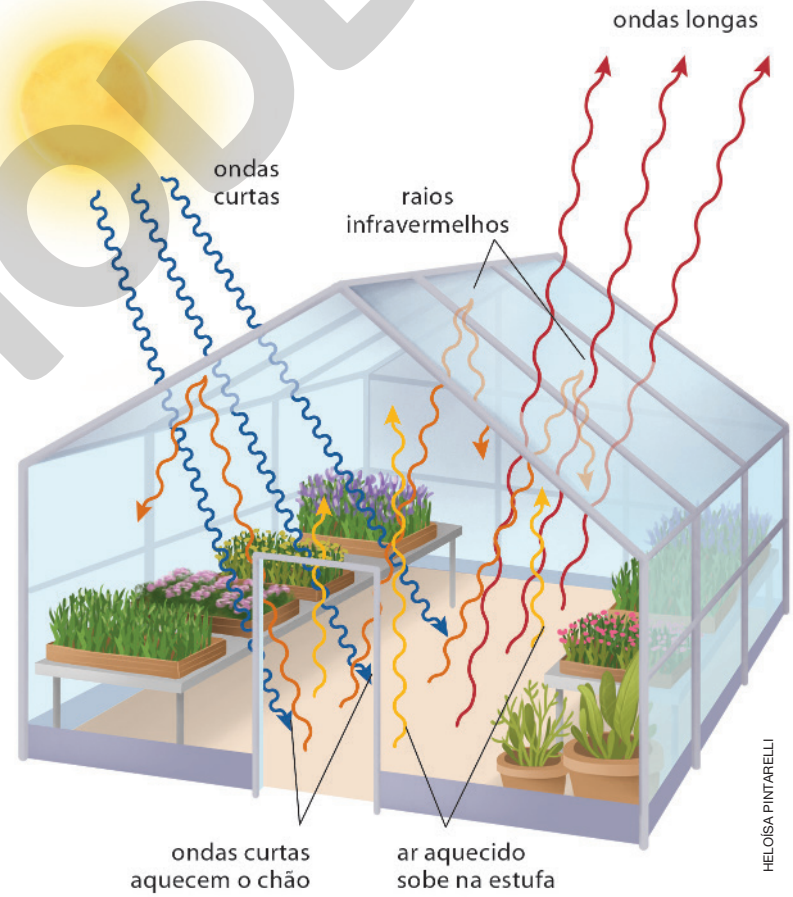
Representação do efeito estufa natural na Terra. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

ASTROS (DIMENSÕES)
Sol: aproximadamente 1 390 000 km de diâmetro.
Terra: aproximadamente 12 756 km de diâmetro.

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

Sem o efeito estufa natural, estima-se que a temperatura média da superfície terrestre seria de aproximadamente −18 °C. Portanto, trata-se de um efeito benéfico. Por outro lado, acredita-se que o aumento da concentração de gases de efeito estufa, provocado por atividades humanas, como queima de combustíveis fósseis, pode intensificar o efeito estufa natural e elevar a temperatura média da região mais baixa da atmosfera. Essa intensificação pode provocar mudanças climáticas e problemas ambientais como derretimento de geleiras, aumento do nível dos oceanos, alterações na fauna e flora, entre outras complicações.

O efeito estufa natural recebe esse nome porque a atmosfera da Terra se comporta de maneira semelhante a uma estufa de cultivo de plantas. Geralmente, essas estufas de plantas possuem estrutura de vidro e/ou plástico, transparentes a uma parte da radiação infravermelha proveniente do Sol, bem como à radiação na faixa da luz visível e do ultravioleta, mas que não permite a saída da radiação infravermelha reemitida pelos corpos (as plantas). Dessa forma, a temperatura no interior da estufa permanece maior que a temperatura externa.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação de uma estufa de plantas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

MODERNA

Efeito estufa em veículos

Leia a seguir um trecho de reportagem sobre como a temperatura pode se alterar dentro de veículos com os vidros fechados.

> Dentre as maiores reclamações dos moradores de Goiânia durante os dias de altas temperaturas está o calor dentro dos veículos expostos ao sol. Em um teste realizado pela reportagem [...], o termo-higrômetro, aparelho que mede a temperatura e umidade do ar, marcou 41 °C e 26% de umidade dentro de um carro. Fora, o aparelho marcava 32 °C e 38% de umidade.
>
> [...] Segundo a chefe da Seção de Previsão do Tempo do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) em Goiás, Marna Mesquita, a temperatura do carro exposto ao sol com os vidros fechados pode aumentar 10 °C em apenas cinco minutos.

Temperatura dentro de carro fechado sobe 9 °C e chega a 41 °C, revela teste. *G1*, 22 jan. 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/goias/noticia/2015/01/temperatura-dentro-de-carro-fechado-sobe-9c-e-chega-41c-revela-teste.html>. Acesso em: 18 ago. 2020. © TV Anhanguera

O texto acima aborda como o efeito estufa ocorre no interior de um veículo com os vidros fechados e exposto à luz solar.

Em virtude da interação da radiação infravermelha com as partes internas do veículo, a temperatura aumenta rapidamente, diminuindo, consequentemente, a umidade do ar e favorecendo a liberação de gases tóxicos por materiais do interior do veículo. Esse cenário pode ser potencialmente fatal para quem estiver dentro do veículo, especialmente crianças e idosos.

Infelizmente, há vários casos de crianças, cujos pais as esqueceram dentro do veículo fechado, que sofreram queimaduras graves ou asfixia.

Segundo o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), é garantido à criança a proteção integral e o direito de receber cuidados e socorro em quaisquer circunstâncias. Pais ou responsáveis devem se atentar a esse perigo para não deixar a criança no interior de veículos fechados e expostos à luz solar, mesmo sendo por pouco tempo.

O mesmo cuidado é recomendado a respeito dos animais de estimação. Ainda que as janelas estejam levemente abertas, as altas temperaturas e a diminuição da umidade do ar se mantêm.

Atualmente, alguns veículos possuem dispositivos de segurança como alarmes para evitar o esquecimento de pessoas e animais em seu interior.

Acesse o simulador do efeito estufa na atmosfera terrestre, disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/greenhouse/latest/greenhouse.html?locale5pt_BR>. Acesso em: 12 jun. 2020. Esse simulador permite ajustar a concentração de gases do efeito estufa para simular ambientes fechados com camadas de vidro e observar como a temperatura se comporta.

MONIKA WISNIEWSKA/SHUTTERSTOCK

Além de não permanecer dentro dos automóveis sem os responsáveis, os animais somente podem ser transportados em caixas adequadas para transporte de animais.

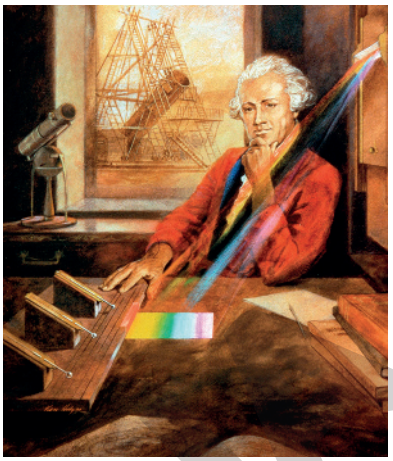
Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Qual é o tipo de radiação eletromagnética que mais aquece os automóveis com os vidros fechados?

b) Por que os carros aquecem tanto com os vidros fechados?

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

Espectroscópio



WORLD HISTORY ARCHIVE/ALAMY/FOTOARENA – COLEÇÃO PARTICULAR

Representação de William Herschel realizando experimento sobre o aquecimento causado pelas cores presentes na luz solar. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Contextualização

Atualmente, a radiação infravermelha é utilizada por diversas áreas, como diagnósticos de doenças, medicina veterinária, monitoramento ambiental e geologia. Essa radiação foi descoberta pelo astrônomo alemão William Herschel (1738-1822) ao analisar a decomposição da luz solar por um prisma.

Herschel verificou que a região próxima à luz vermelha produzia um aquecimento maior em relação às outras áreas, e concluiu que haviam raios luminosos que não eram visíveis, apesar de produzirem calor. Esses raios eram o que conhecemos atualmente como radiação infravermelha.

a) Cite pelo menos duas outras aplicações cotidianas da radiação infravermelha.

b) Existem outras maneiras de dispersar a luz emitida por um corpo, além dos prismas?

Orientações

Junte-se a três colegas e pesquisem uma maneira de montar um espectroscópio simples, com materiais recicláveis, por exemplo.

Em seguida utilize o espectroscópio para analisar a decomposição da luz emitida por diferentes fontes. Façam um quadro contendo as seguintes informações, para auxiliar na coleta e análise dos dados.

!

Atenção: jamais olhe diretamente para o Sol! Isso pode causar graves danos à visão.

Fonte de luz	O espectro é contínuo? (sim ou não)

Durante a atividade de investigação, registrem cada etapa do processo no caderno e fotografem os espectros observados, procurando soluções para possíveis problemas que surgirem.

Análise e divulgação dos dados

Divulguem os resultados obtidos para o restante da turma. Para isso, construam uma versão digital do quadro acima, inserindo as fotografias dos espectros obtidos para cada fonte de luz. Pesquisem explicações científicas para os resultados obtidos e apresentem as respostas para as questões a seguir.

1. Qual foi o elemento utilizado para causar a dispersão da luz?
2. Os espectros observados são iguais ou diferentes?
3. Entre o espectro de emissão contínuo, o de emissão discreto e o de absorção, quais vocês observaram?
4. Vocês conseguiriam determinar a composição química das fontes de luz analisadas com o espectroscópio? Como?
5. Retornem às respostas das questões iniciais, alterando-as se necessário.

Ao final da apresentação reservem alguns minutos para responder às dúvidas que seus colegas possam apresentar.

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

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 **1** a **3** no **Suplemento para o professor**.

1. O professor de Física propôs que seus estudantes determinassem a cor de dois balões distintos. Os balões em questão se encontravam em uma sala escura, de modo que poderiam ser observados apenas usando uma fonte de luz para iluminá-los. O professor iluminou-os com três tipos de fontes de luz: uma lanterna que emite apenas luz azul, outra que emite luz vermelha e uma terceira que emite apenas luz verde. Ao ser iluminado com luz azul, o primeiro balão pareceu preto, enquanto o segundo pareceu azul. Usando a luz vermelha, o primeiro aparentava ser preto, enquanto o segundo aparentava ser vermelho. Ao serem iluminados com a luz verde, ambos aparentavam ser verdes. Um dos estudantes disse que o primeiro balão é verde, mas não determinou a cor do segundo balão, pois este muda de cor conforme o tipo de luz utilizado. Você concorda com a opinião dele? Explique.

BRANKO JOVANOVIC/SHUTTERSTOCK

Balões de festa coloridos.

2. Um astrônomo está analisando dados dos espectros emitidos por duas estrelas desconhecidas. Ele observou que ambos apresentam linhas escuras nos mesmos comprimentos de onda. O que representam essas linhas escuras no espectro? Com base nessa observação, o que podemos afirmar sobre a composição química dessas duas estrelas?

3. No laboratório é encontrado um recipiente contendo um gás desconhecido. Descreva de modo simples um experimento que possibilite determinar qual(is) elemento(s) químico(s) compõe(m) esse gás.

4. **(Fuvest-SP)** O aquecimento global resulta do seguinte fenômeno: parte da energia solar incidente sobre a Terra é irradiada de volta ao espaço, sendo bloqueada, em grande parte, por gases de efeito estufa, o que aumenta a temperatura do planeta.

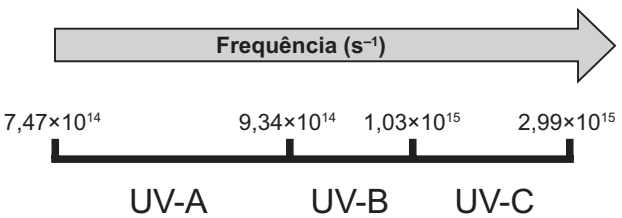
As alternativas apresentam: I – o motivo pelo qual os raios solares conseguem penetrar a atmosfera terrestre, mas, ao serem refletidos, são barrados, em grande parte, pelos gases de efeito estufa; II – uma das causas diretas do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

Os itens I e II estão corretamente indicados em:

a)	I	A energia solar incide na atmosfera em comprimentos de onda menores e é refletida em comprimentos de onda maiores.
	II	Destruição de florestas nativas.
b)	I	A energia solar incide na atmosfera em comprimentos de onda maiores e é refletida em comprimentos de onda menores.
	II	Represamento dos rios para abastecimento de hidrelétricas.
c)	I	A energia solar incide na atmosfera e é refletida em ondas de mesmo comprimento.
	II	Plantio de árvores exóticas no lugar de árvores nativas.
d)	I	A energia solar incide na atmosfera em comprimentos de onda maiores e é refletida em comprimentos de onda menores.
	II	Uso de combustível fóssil.
e)	I	A energia solar incide na atmosfera em comprimentos de onda menores e é refletida em comprimentos de onda maiores.
	II	Uso da água dos rios para o abastecimento domiciliar.

Alternativa **a**.

5. **(Enem)** A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura.



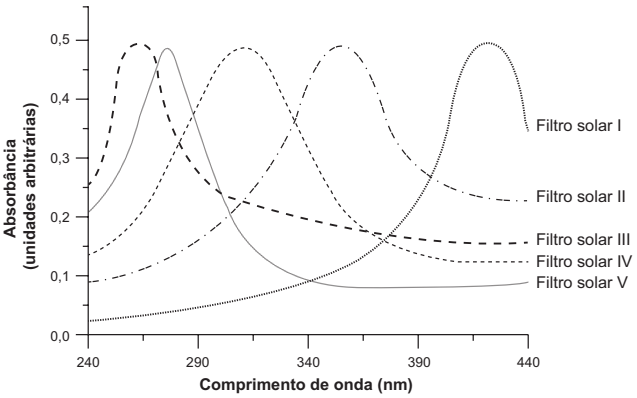
CARLOS BORIN

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

MODERNA

Respostas das questões **6** e **7** no **Suplemento para o professor**.

Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



CARLOS BORIN

Considere: velocidade da luz $= 3 \cdot 10^8$ m/s e $1\,\text{nm} = 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ m.

O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o

a) V. Alternativa **b**.

b) IV.

c) III.

d) II.

e) I.

6. Explique por que as estufas são geralmente feitas de vidro. Qual é a relação disso com o efeito estufa da atmosfera?

7. Leia o trecho de reportagem a seguir sobre os "Pilares da Criação". Depois, observe as imagens obtidas pelo telescópio espacial Hubble e responda às questões.

Os "Pilares da Criação", as nuvens gigantescas de gás e pó localizadas na Nebulosa da Águia, a cerca de 7.000 anos luz da Terra, desaparecerão completamente em três milhões de anos, segundo a pesquisa de uma equipe internacional de astrônomos.

[...]

As colunas foram esculpidas com o tempo como consequência da potente radiação erosiva e dos ventos estelares que as brilhantes estrelas do cúmulo provocam após sua gestação, expulsando o material menos denso para longe de sua vizinhança.

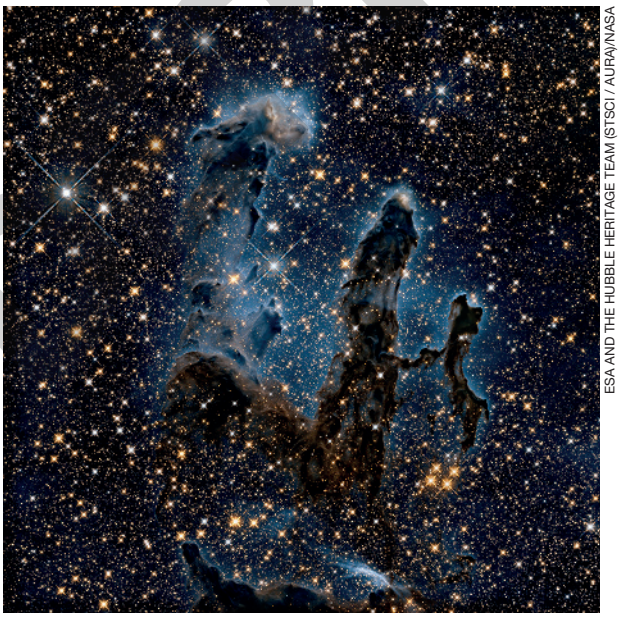
[...]

AGÊNCIA EFE. Famosos "Pilares da criação" vão desaparecer. *Revista Galileu*, Rio de Janeiro: Editora Globo, abr. 2015. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2015/04/famosos-pilares-da-criacao-vao-desaparecer.html>. Acesso em: 18 ago. 2020. © Agência EFE

A

ESA AND THE HUBBLE HERITAGE TEAM (STSCI / AURA)/NASA

B



ESA AND THE HUBBLE HERITAGE TEAM (STSCI / AURA)/NASA

Pilares da criação observados com luz visível (**A**) e por meio do infravermelho (**B**). Esse aglomerado de poeira e gás possui aproximadamente 5 anos-luz de extensão.

a) Comente as semelhanças entre as duas imagens dos "Pilares da Criação", uma delas obtida com luz visível e a outra, com infravermelho. Por que essa estrutura recebeu esse nome?

b) Explique as diferenças entre as duas imagens, destacando o motivo de os astrônomos utilizarem a radiação infravermelho para estudar o Universo.

c) O telescópio Hubble se encontra em órbita ao redor da Terra. Por que esse equipamento foi levado ao espaço em vez de ser montado em um observatório na superfície terrestre?

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

CAPÍTULO

4

Estados de agregação da matéria

Ciclo hidrológico

Entre os meses de dezembro e março de cada ano, período que marca o verão no Hemisfério Sul, é comum ocorrerem chuvas intensas em diferentes regiões do Brasil.

MAURICIO SIMONETTI/PULSAR IMAGENS

Rua inundada em razão de chuva intensa e de entupimento de bueiros no município de São Bernardo do Campo, São Paulo (2019). A impermeabilização do solo e o descarte inadequado de resíduos prejudicam a absorção e a drenagem da água das chuvas, agravando a situação.

Oriente os estudantes a ler as informações do esquema seguindo a ordem numérica crescente.

2 Nas camadas superiores da atmosfera, as baixas temperaturas fazem o vapor de água se condensar em pequenas gotículas de água, que se acumulam nas nuvens.

1 A radiação infravermelha aquece os corpos d'água, resultando na transformação de água líquida em vapor. Os seres vivos também liberam água para a atmosfera por meio da respiração, da transpiração e da liberação de fezes e urina. A água no estado gasoso, por ser menos densa, move-se em direção às camadas superiores da atmosfera.

5 Os seres vivos absorvem a água do meio e liberam parte dela novamente para o ambiente, enquanto a radiação infravermelha promove a evaporação de parte da água dos corpos d'água superficiais, reiniciando o ciclo.

Representação do ciclo hidrológico. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

MODELO

O Sol é a estrela do Sistema Solar. Sua luz é composta de radiação ultravioleta, luz visível e radiação infravermelha, e atinge os planetas desse sistema com diferentes intensidades. Ao atingir a superfície terrestre, parte das ondas eletromagnéticas provenientes do Sol, nesse caso a radiação infravermelha, aquece a superfície do planeta e seus componentes bióticos e abióticos, como a água (H_2O).

Ao absorver esse tipo de radiação, a água pode mudar seu estado de agregação, ou seja, a disposição de suas moléculas no espaço, passando da fase sólida para a líquida ou da líquida para a gasosa. Essas mudanças podem ser observadas no **ciclo hidrológico** e são essenciais para a ciclagem desse composto no ambiente.

O ciclo hidrológico, também conhecido como **ciclo da água**, é o movimento contínuo da água no ambiente e entre seus componentes e, assim como outros ciclos da natureza, este é um ciclo biogeoquímico.

1. A umidade do ar se refere à quantidade de água em determinada área. Sendo assim, de modo geral, quanto maior a umidade relativa do ar, mais vapor de água estará presente na atmosfera e maiores as chances de ocorrência de chuvas.

1. Qual é a relação entre umidade relativa do ar e ocorrência de chuvas?

2. De maneira geral, durante o período do dia, a temperatura nos desertos é elevada, ultrapassando os 40 °C. Por que as chuvas são pouco frequentes nesses locais?

Porque, apesar das temperaturas elevadas, a umidade do ar é muito baixa, em razão da baixa concentração ou ausência de corpos d'água e de seres vivos, por exemplo. Dessa maneira, embora a temperatura favoreça a formação de vapor de água, não é suficiente para ocorrer chuva por causa dos diversos fatores característicos dos desertos.

RIVALDO BARBOZA

Ilustração produzida com base em: MILLER, G. T. *Ciência ambiental*. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 56.

MODERNA

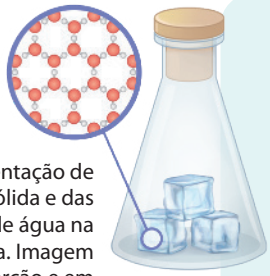
Comente com os estudantes que, neste capítulo, será utilizado o termo estado para se referir ao estado de agregação/fase. Enfatize que eles poderão encontrar o termo "estado físico" sendo utilizado como sinônimo em outros materiais.

Estudando os estados de agregação da matéria

No ciclo hidrológico é possível identificar três diferentes estados de agregação da matéria ou fases da matéria: sólido, líquido e gasoso. Esses estados de agregação não são exclusivos da água, podendo também ser observados em outros materiais. Na natureza, existem outros estados de agregação, no entanto, focaremos nosso estudo apenas nesses três, os quais são mais comuns no ambiente e em nosso cotidiano.

Ilustrações produzidas com base em: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2007. p. 5.

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI



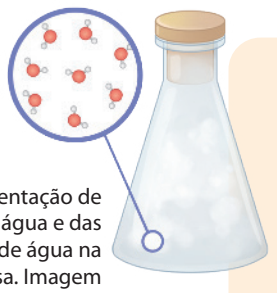
Representação de água sólida e das moléculas de água na fase sólida. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

- Estado de agregação: **sólido**.

  Neste estado, que é o de menor energia entre os três estados da matéria citados acima, os componentes possuem mínima mobilidade, mantendo-se unidos e em repouso. Além disso, as interações entre os componentes são fortes, conferindo resistência física ao material.
- Forma: fixa.
- Volume: fixo.

ALEXEY KLJATOV/ SHUTTERSTOCK

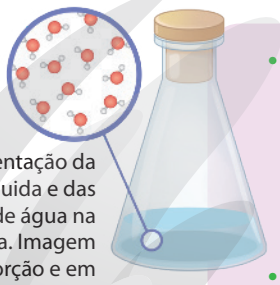
Cristais de neve com diferentes formatos. A neve é uma das formas naturais de ocorrência da água no estado sólido. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.



Representação de vapor de água e das moléculas de água na fase gasosa. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

- Estado de agregação: **gasoso**.

  É o estado de agregação mais energético entre os três citados. Nele, os componentes possuem alta mobilidade, e, portanto, as interações entre eles são fracas.
- Forma: possui a forma do recipiente onde se encontra.
- Volume: possui o volume do recipiente onde se encontra.



Representação da água líquida e das moléculas de água na fase líquida. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

- Estado de agregação: **líquido**.

  Este estado apresenta energia intermediária em relação aos outros dois estados de agregação citados. Os componentes de materiais líquidos possuem relativa mobilidade e suas interações entre os componentes são mais fracas do que o observado na fase sólida.
- Forma: acomoda-se no recipiente onde se encontra.
- Volume: fixo.

Leão-marinho caçando cardume de salemas em Galápagos, Equador. A água é líquida à temperatura ambiente (25 °C), o que possibilita que animais se movimentem livremente nesse meio, utilizando-o para buscar alimento, para trocas gasosas ou para reprodução, por exemplo.

SHANE GROSS/MINDEN/FOTOARENA

Leão-marinho (*Zalophus wollebaeki*): pode atingir aproximadamente 2,5 m de comprimento.
Salema (*Xenocys jessiae*): pode atingir aproximadamente 30 cm de comprimento.

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

MODERNA

3. Por que conseguimos mergulhar em uma piscina com água líquida e o mesmo não pode ser feito se a água estiver congelada?

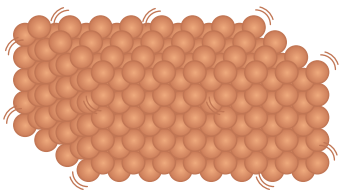
4. Como você estudou anteriormente, as moléculas podem se movimentar. Em sua opinião, essa movimentação interfere na temperatura do material, e vice-versa? Justifique sua resposta.

Os átomos e moléculas que compõem os materiais estão em constante movimentação, e a intensidade desse movimento está diretamente relacionada à temperatura do sistema. Quanto maior for essa intensidade, maior será a temperatura do material.

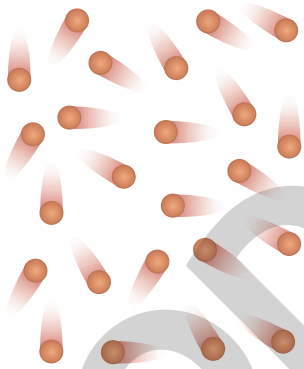
Em baixas temperaturas, as partículas constituintes de um material se movem com pouca intensidade e apresentam baixa energia cinética. Por conta disso, tendem a se empacotar, mantendo pouca distância umas das outras e adquirindo uma forma rígida e estável (**A**).

Por outro lado, quando a temperatura é alta, as partículas se movem intensamente. A energia cinética do sistema torna-se suficientemente forte para romper as interações entre as partículas, aumentando seu livre movimento. É por essa razão que as partículas de um gás ocupam a forma e o volume do recipiente onde se encontram, confinando-se a ele (**B**).

A Baixa temperatura



B Alta temperatura



ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Representação das partículas empacotadas, como resultado da baixa temperatura do sistema (**A**), e das partículas em movimento, devido à alta temperatura do sistema (**B**). Imagens sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustrações produzidas com base em: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 31.

C

FOTOS: MARTYN F. CHILLMAID/SPL/FOTOARENA

D

Estruturas (**C** e **D**) feitas com o metal cobre (Cu).

5. Sabendo que as peças apresentadas em **C** e **D** são as mesmas, em sua opinião, o que ocorreu para que a peça **I** não fosse mais capaz de passar pela abertura da peça **II**? Explique.

Um material sólido, quando resfriado ou aquecido, contrai-se e expande-se, respectivamente. O princípio é o mesmo do que vimos anteriormente: quanto maior for a temperatura, maior será a movimentação das partículas. Na situação **D**, a peça **I** foi aquecida, causando afastamento de suas partículas e expansão da estrutura, mesmo que a temperatura não seja suficiente para transformar o metal em líquido. Como resultado, após o aquecimento, a peça **I** não consegue atravessar a peça **II**.

3. Espera-se que os estudantes respondam que na água líquida as moléculas estão mais espaçadas e possuem boa mobilidade, possibilitando que mergulhemos nesse meio. Já no estado sólido, as moléculas que constituem a água estão fortemente unidas, formando uma estrutura rígida que não pode ser facilmente penetrada, impossibilitando o mergulho.

4. Espera-se que os estudantes respondam que sim, uma vez que a temperatura mede o grau de agitação das moléculas. Sendo assim, quanto maior a temperatura, maior o grau de agitação de átomos e moléculas, e quanto menor a temperatura, menor o grau de agitação dos componentes do material.

5. Espera-se que os estudantes respondam que na situação **D** pode ter ocorrido contração da peça **II** e/ou expansão da peça **I**, impedindo que essa passasse pela abertura. Tal condição pode ter ocorrido em decorrência do aumento da temperatura, no caso da expansão, ou da redução da temperatura, no caso da contração.

!

Conheça o simulador disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_pt_BR.html>. Acesso em: 21 ago. 2020. Acesse a opção "Estados" para observar o comportamento da matéria nos três principais estados de agregação de acordo com a temperatura do sistema.

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

MODERNA

Outros estados de agregação da matéria

Leia o trecho da reportagem a seguir.

Novo estado da matéria é descoberto, com características sólidas e líquidas

Em artigo, cientistas afirmam que descobriram componente que pode ter os dois estados ao mesmo tempo

Pesquisadores encontraram um estado de matéria no qual os átomos de potássio exibem propriedades líquidas e sólidas simultaneamente. A descoberta será publicada em breve na revista *Proceedings*, da Academia Nacional de Ciências.

Segundo os cientistas, a explicação está na estrutura do potássio. Na forma sólida, o elemento tem característica cristalina básica. Mas com uma alta pressão, sua estrutura fica mais complexa, sendo reorganizado de forma que cinco tubos cilíndricos compostos de átomos formem um X, enquanto quatro longas cadeias se juntam entre eles.

Os dois arranjos ficam fracamente conectados – tanto que, quando a temperatura é elevada, as correntes começam a desaparecer à medida que os tubos permanecem intactos. Os pesquisadores descrevem isso como uma "transição de derretimento de cadeia".

[…]

Novo estado da matéria é descoberto, com características sólidas e líquidas. *Galileu*, 10 abr. 2019. Ciência. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2019/04/novo-estado-da-materia-e-descoberto-com-caracteristicas-solidas-e-liquidas.html>. Acesso em: 18 ago. 2020. © Agência O Globo

Cátion: átomo ou molécula que perdeu elétron(s); íon carregado positivamente.

Elétron: partícula subatômica com carga elétrica negativa.

Como você pôde perceber ao ler o trecho da reportagem acima, existem outros estados de agregação da matéria e, possivelmente, outros serão descobertos. Entre os outros estados de agregação da matéria podemos citar o plasma e o condensado de Bose-Einstein (BEC).

O plasma consiste em uma nuvem formada por cátions e elétrons livres. Esse estado se assemelha ao gasoso, mas suas propriedades são distintas. Diferentemente de um gás, o plasma é fortemente influenciado pelo campo elétrico e pelo campo magnético, além de ser um ótimo condutor elétrico. O plasma é considerado o estado de agregação mais comum no Universo, sendo observado na constituição do Sol e em processos de formação de estrelas, por exemplo.

Já o condensado de Bose-Einsten, conhecido pela sigla BEC, em inglês, é um estado de agregação em que os componentes de um gás se encontram a baixa pressão e a temperaturas baixíssimas, próximo do zero absoluto $(-273\,°C)$. Como resultado, a movimentação dos componentes praticamente cessa e eles passam a se comportar como um único grande átomo. Sua existência já é comprovada cientificamente, mas, em razão das condições extremas para ser obtido, ainda não há aplicações concretas para esse estado de agregação.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Junte-se a um colega e pesquisem aplicações do estado de agregação plasma em nosso dia a dia.

b) O plasma pode ser considerado um gás formado por íons positivos e por elétrons livres. Sabendo disso, por que o plasma é um bom condutor elétrico?

Raio sobre o mar, no município do Rio de Janeiro (2018). Os raios são descargas elétricas entre regiões eletricamente carregadas. A movimentação das cargas elétricas entre essas áreas ocorre em um caminho de plasma, em decorrência das alterações do ar atmosférico.

BRUNO GS MAGALHAES/SHUTTERSTOCK

MODELO

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. Leia o trecho da reportagem a seguir.

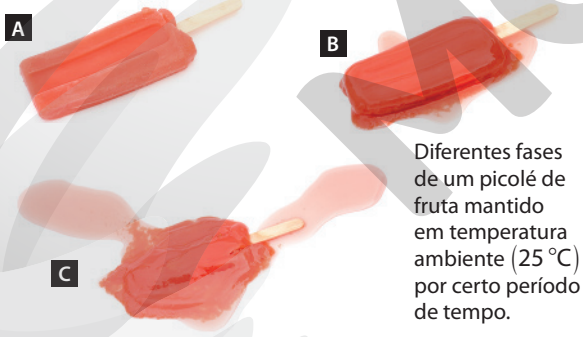
> **Desmatamento da Amazônia diminui chuvas e afeta abastecimento do Sistema Cantareira, diz especialista**
>
> *Sistema que abastece a Região Metropolitana de São Paulo opera com 45,2% da capacidade neste domingo (19). Segundo professor da USP, falta de chuvas também aumenta uso de termoelétricas, o que reflete na conta de luz para o consumidor.*
>
> VIEIRA, B. M. Desmatamento da Amazônia diminui chuvas e afeta abastecimento do Sistema Cantareira, diz especialista. *G1*, São Paulo, 19 jan. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/01/19/desmatamento-da-amazonia-diminui-chuvas-e-afeta-abastecimento-do-sistema-cantareira-diz-especialista.ghtml>. Acesso em: 21 ago. 2020.

a) Como as plantas interferem no ciclo hidrológico?

b) Junte-se a um colega e expliquem como o desmatamento na Amazônia pode interferir no abastecimento do Sistema Cantareira. Façam uma pesquisa, se necessário.

c) Elaborem um folheto digital com as informações abordadas nesta questão, de modo a conscientizar as pessoas sobre a importância da conservação da Amazônia e de outros ambientes naturais.

2. Explique, com suas palavras, o que está ocorrendo com o picolé de fruta, entre as imagens **A** e **C**, do ponto de vista microscópico, ou seja, quanto às suas moléculas constituintes.



FOTOS: FREER/SHUTTERSTOCK

Diferentes fases de um picolé de fruta mantido em temperatura ambiente (25 °C) por certo período de tempo.

3. **(Cefet-MG)** Referindo-se às propriedades dos estados físicos da matéria, é **INCORRETO** afirmar que

a) a mudança de estado de um material altera o modo como as partículas se organizam e movimentam sem modificar sua natureza.

b) os sólidos apresentam máxima organização interna e suas partículas efetuam movimentos de vibração em torno de um ponto de equilíbrio.

c) as partículas se encontram mais distantes umas das outras nos líquidos do que nos gases, e as forças de interação entre elas são desprezíveis.

d) as partículas que constituem os gases apresentam entre si grandes espaços vazios e fracas forças de interação, favorecendo sua expansão e compressão.

Alternativa **c**.

4. Considere um recipiente com capacidade para 5 L e as situações a seguir.

O recipiente contém 3 L de água congelada e é fechado hermeticamente (situação **A**). Em seguida, o recipiente é aquecido até o gelo se transformar em água líquida (situação **B**). Por fim, a água é aquecida novamente a ponto de se transformar em água gasosa (situação **C**).

Qual é o volume que a água ocupa em cada situação?

a) Situação **A**: 3 L; Situação **B**: 3 L; Situação **C**: 3 L.

b) Situação **A**: 3 L; Situação **B**: 3 L; Situação **C**: 5 L.

c) Situação **A**: 3 L; Situação **B**: 5 L; Situação **C**: 5 L.

d) Situação **A**: 5 L; Situação **B**: 3 L; Situação **C**: 5 L.

e) Situação **A**: 5 L; Situação **B**: 5 L; Situação **C**: 5 L.

Alternativa **b**.

5. **(Enem)**

> Primeiro, em relação àquilo a que chamamos água, quando congela, parece-nos estar a olhar para algo que se tornou pedra ou terra, mas quando derrete e se dispersa, esta torna-se bafo e ar; o ar, quando é queimado, torna-se fogo; e, inversamente, o fogo, quando se contrai e se extingue, regressa à forma do ar; o ar, novamente concentrado e contraído, torna-se nuvem e nevoeiro, mas, a partir destes estados, se for ainda mais comprimido, torna-se água corrente, e de água torna-se novamente terra e pedras; e deste modo, como nos parece, dão geração uns aos outros de forma cíclica.
>
> PLATÃO. Timeu-Crítias. Coimbra: CECH, 2011.

Do ponto de vista da ciência moderna, os "quatro elementos" descritos por Platão correspondem, na verdade, às fases sólida, líquida, gasosa e plasma da matéria. As transições entre elas são hoje entendidas como consequências macroscópicas de transformações sofridas pela matéria em escala microscópica. Excetuando-se a fase de plasma, essas transformações sofridas pela matéria, em nível microscópico, estão associadas a uma

a) troca de átomos entre as diferentes moléculas do material.

b) transmutação nuclear dos elementos químicos do material.

c) redistribuição de prótons entre os diferentes átomos do material.

d) mudança na estrutura espacial formada pelos diferentes constituintes do material.

e) alteração nas proporções dos diferentes isótopos de cada elemento presente no material.

Alternativa **d**.

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

MODERNA

CAPÍTULO

5

Transformações da matéria

1. O objetivo desta questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito do tema, levando-os a refletir sobre a situação apresentada. Espera-se que eles reconheçam que a situação envolve uma transformação, nesse caso física, e que ela não interfere na constituição da matéria.

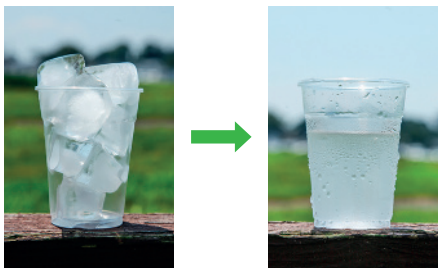
Transformações físicas

Observe as fotografias abaixo e responda às questões **1** e **2**.

1. Em sua opinião, podemos afirmar que a matéria está sofrendo transformação? Em caso afirmativo, essa transformação altera a constituição da matéria?

2. A situação apresentada envolve ganho ou perda de energia? Justifique sua resposta.

Espera-se que os estudantes respondam que envolve ganho de energia, pois o estado de agregação sólido é menos energético que o líquido e que o gasoso.



MIRO VRLIK PHOTOGRAPHY/ALAMY/FOTOARENA

Copo com gelo mantido em temperatura ambiente (25 °C) por certo período de tempo.

A matéria que nos cerca está sujeita a transformações que alteram, em algum nível, a forma como ela se encontra e interage com outras matérias. Essas transformações podem ser físicas ou químicas. As **transformações físicas** são aquelas que envolvem as mudanças de estado de agregação da matéria, também chamada mudanças de fase. Nesse tipo de transformação, não se observa mudança na constituição da matéria. Na situação acima, por exemplo, a água (H_2O) passou por uma transformação física, em que o estado de agregação sólido alterou-se para o líquido, porém a matéria permanece a mesma: água.

Ou seja, dependendo das condições às quais está sujeita, a matéria pode mudar de fase, passando por uma transformação física. Um dos fatores que interferem nesse tipo de transformação é a temperatura. Sendo assim, as mudanças de fase podem envolver ganho ou perda de energia. Veja a seguir.

1 **Fusão:** mudança da fase sólida para a líquida. Nesse processo, os componentes da água sólida, inicialmente agrupados em uma estrutura cristalina, recebem energia suficiente para enfraquecer essa estrutura e ganhar mobilidade, transformando-se em água líquida.

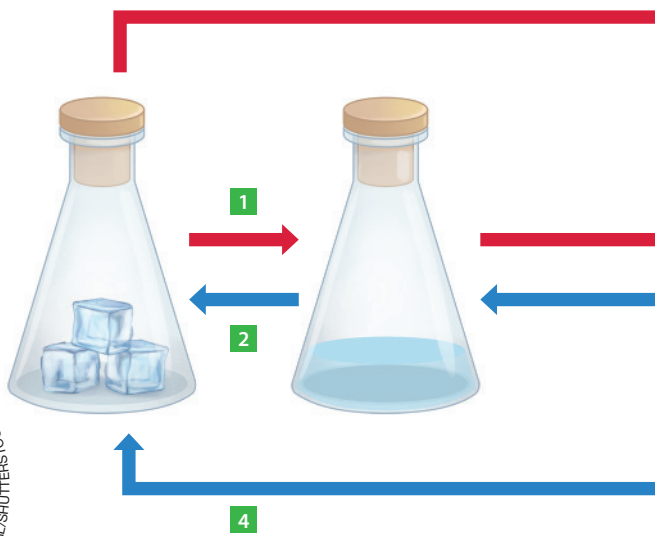
ARCTIC IMAGES/ALAMY/FOTOARENA

Derretimento do gelo formando piscinas em Kisubotnar, Islândia (2019).

2 **Solidificação:** mudança da fase líquida para a sólida. Em baixas temperaturas, a substância líquida perde energia para o meio e interage mais fortemente com moléculas vizinhas, criando a estrutura cristalina do sólido.

LUCIARL/SHUTTERSTOCK

Orvalho congelado sobre folhas de grama. O orvalho se forma quando parte da umidade do ar se condensa. Em condições de temperatura igual ou inferior a 0 °C, o orvalho se solidifica.



Representação das possíveis mudanças de fase da água. Os nomes das mudanças de fase são os mesmos para outras substâncias. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

MODERNA

Os raios solares são uma importante fonte natural de energia necessária para as transformações físicas da matéria. A radiação infravermelha presente nos raios solares, ao atingir a matéria presente na superfície terrestre, promove uma vibração mais intensa em suas partículas. O aumento da vibração leva a um afastamento entre os átomos ou as moléculas e aumenta a temperatura do sistema, permitindo que ocorra uma mudança de fase.

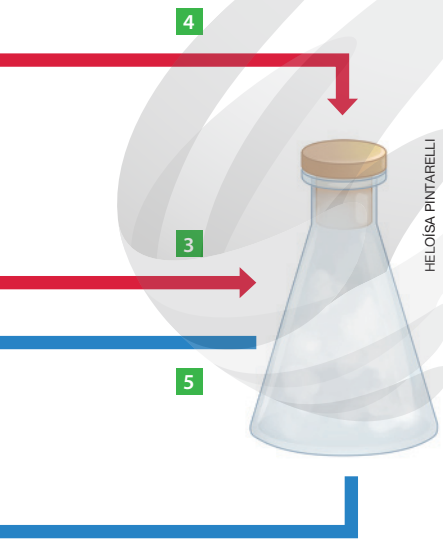
3. Quais são as mudanças de fase pelas quais a água pode passar durante o ciclo hidrológico? Durante o ciclo hidrológico a água sofre evaporação, condensação e, em algumas regiões, pode sofrer solidificação e fusão.

É comum usar os termos "gás" e "vapor" como sinônimos. No entanto, é incorreto. Substâncias na fase gasosa que estejam **abaixo** de uma temperatura específica chamada de **temperatura crítica** são vapores, e substâncias **acima** dessa temperatura são gases. A água presente no ciclo hidrológico sempre está na forma de vapor. Perceba que tanto vapores quanto gases estão na fase gasosa.

3 **Vaporização:** mudança de estado de agregação líquido para o gasoso. De acordo com a intensidade da energia recebida, pode haver três tipos: evaporação, ebulição e calefação. Na evaporação, os componentes da água recebem quantidade de energia suficiente para romper as interações entre eles, permitindo que tenham ampla mobilidade. A evaporação é um processo que ocorre a temperaturas relativamente baixas, como a temperatura ambiente, de forma lenta e próximo à superfície. Na ebulição, por outro lado, há ganho superior de energia em toda a extensão do líquido, resultando na formação de bolhas no interior dele. Já a calefação é a passagem repentina da fase líquida à gasosa, quando o material recebe grande quantidade de energia em curto intervalo de tempo.

SIMON MAYER/SHUTTERSTOCK

Praia do Forte, no município de Mata de São João, Bahia (2017). A água do mar apresenta maior concentração de sais que a água doce. Em ambos os casos, apenas a água sofre evaporação naturalmente.



HELOÍSA PINTARELLI

4 **Sublimação:** mudança sofrida por uma substância ao passar do estado de agregação sólido para o gasoso, e vice-versa. É um fenômeno mais raro na natureza.

PHLOEN/SHUTTERSTOCK

Gelo-seco. Após certo tempo exposto à temperatura ambiente, o gelo-seco, que é dióxido de carbono (CO_2) sólido, transforma-se em CO_2 gasoso.

5 **Condensação:** mudança do estado de agregação gasoso para o líquido. Nesse processo, as moléculas do material, inicialmente com muita energia e dispersas, perdem energia para o ambiente e se aglomeram na forma líquida.

ADRIANO KIRIHARA/PULSAR IMAGENS

Nuvem tipo *cumulonimbus* no município de Maracaí, São Paulo (2017). Há diferentes tipos de nuvem, cada um com as respectivas características. O tipo apresentado nesta fotografia atinge maiores altitudes na atmosfera e, geralmente, está associado a chuvas fortes, raios e granizo.

MODERNA

Substâncias apresentam valores específicos de temperatura nos quais, em determinadas condições de pressão, possibilitam sua mudança de fase. A temperatura na qual um sólido se transforma em um líquido é chamada de **temperatura de fusão** (T_f), enquanto a temperatura na qual um líquido se transforma em vapor é chamada de **temperatura de ebulição** (T_e). Tais temperaturas são determinadas, basicamente, por dois fatores: a pressão sobre o material e a pressão de vapor.

A **pressão sobre o material** se refere à força exercida por fatores externos no recipiente onde o material se encontra. Em condições normais, quando não há mecanismos para controlar essa pressão, a força e a pressão exercidas são a atmosférica. Já a **pressão de vapor** é aquela exercida pelas moléculas gasosas da própria substância. Quando a pressão de vapor de uma substância líquida se iguala à pressão atmosférica local, o líquido entra em ebulição.

JAVIER CRESPO/SHUTTERSTOCK

Panela de pressão. O sistema desse tipo de panela permite que a pressão em seu interior seja até duas vezes maior do que a atmosférica, aumentando a temperatura de ebulição da água e, consequentemente, a velocidade de cozimento dos alimentos.

O valor da pressão de gases é normalmente expresso em atmosfera (atm) ou milímetros de mercúrio (mmHg). No nível do mar, a pressão atmosférica é igual a 1 atm ou 760 mmHg. Em altitudes mais elevadas, o ar se torna rarefeito e a pressão atmosférica é menor do que 1 atm. Assim, nesses locais, menos energia será necessária para que um líquido entre em ebulição, e, consequentemente, menor será sua temperatura de ebulição.

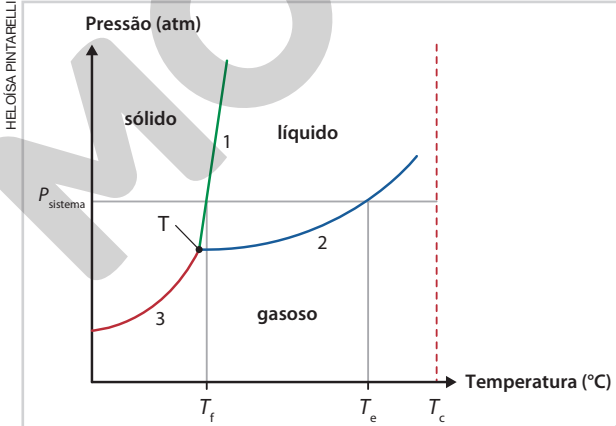
Por outro lado, em altitudes menores do que o nível do mar, a coluna de ar é maior e a pressão atmosférica fica acima de 1 atm. Nesse caso, mais energia é necessária para que um líquido entre em ebulição e, consequentemente, maior será sua temperatura de ebulição.

A relação entre temperatura, pressão e mudança de fase pode ser explorada por meio de um **diagrama de fase**. Esse diagrama indica as condições de temperatura e de pressão em que as mudanças de fase acontecem para determinada substância. Portanto, cada substância possui o próprio diagrama de fase.

Observe o diagrama abaixo. Note que, quando submetida à baixa temperatura e à alta pressão, a substância em questão se encontra na fase sólida. Já em situação de alta temperatura e baixa pressão, a substância se apresenta no estado de agregação gasoso. Por fim, quando as condições de temperatura e pressão são intermediárias, a substância é líquida.

Diagrama genérico de mudanças de fase da água

HELOÍSA PINTARELLI



Fonte: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2007. p. 395.

A curva **1** representa a transição sólido-líquido e a temperatura na qual a mudança ocorre é a T_f. Já a curva **2** representa a transição líquido-gasoso, e a temperatura da mudança é a T_e. A curva **3**, por sua vez, representa a transição sólido-gasoso.

Quando a temperatura excede o valor da temperatura crítica (T_c), a substância passa de vapor a gás, sem a possibilidade de voltar ao estado líquido por meio do aumento de pressão apenas. Por fim, o **ponto triplo** (T) é uma condição específica de temperatura e pressão na qual as três fases da substância coexistem.

As mudanças de fase não ocorrem apenas com a água, mas também com qualquer substância ou mistura.

MODERNA

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

Comportamento anômalo da água

Em algumas regiões do planeta onde o inverno é mais rigoroso é comum ocorrer o congelamento de lagos, lagoas ou até mesmo de pequenos rios. No entanto, se observarmos atentamente esses corpos d'água, veremos que apenas sua superfície está congelada. Abaixo dela, a água permanece líquida e os seres vivos, adaptados a esses ambientes, mantêm-se vivos e ativos.

WESTEND61 GMBH/ALAMY/FOTOARENA

Mergulhador sob camada de gelo no lago Grundlsee, Áustria (2017).

- Em sua opinião, por que isso ocorre?

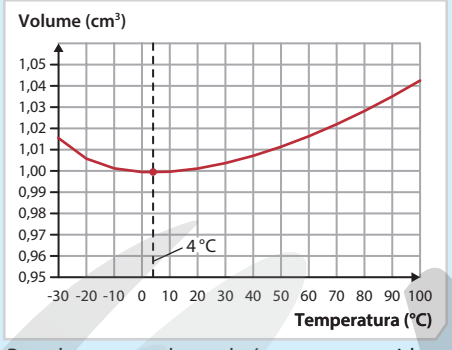
Respostas no **Suplemento para o professor**.

A explicação para esse fato está relacionada ao chamado comportamento anômalo da água. Diferente do que é observado na maioria das substâncias, a água não apresenta um comportamento uniforme no que diz respeito à sua densidade.

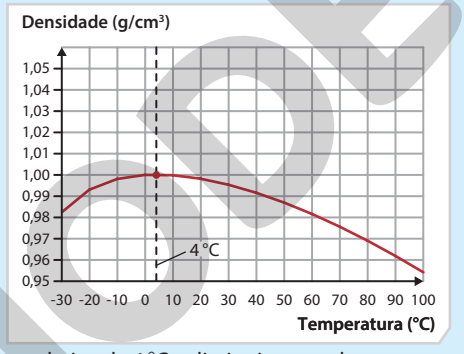
A densidade é uma propriedade que relaciona a massa de uma substância com o volume que ela ocupa, e é dada por $d = \frac{m}{V}$, em que m é a massa, em gramas (g), e V é o volume, em mililitro (mL).

Para a maioria das substâncias, a densidade aumenta conforme a temperatura diminui. Isso acontece porque, para uma massa constante, quanto menor for a temperatura, mais unidas estarão as moléculas e, consequentemente, menor será o volume ocupado por elas. No caso da água, no entanto, seu volume aumenta entre 4 °C e 0 °C. Como resultado, ao se solidificar, a densidade da água diminui, fazendo-a flutuar na água líquida.

Comportamento da água: temperatura (°C) × volume (cm³)



Comportamento da água: temperatura (°C) × densidade (g/cm³)



HELOÍSA PINTARELLI

Fonte: HAYNES, W. M. (Ed.). CRC *Handbook of chemistry and physics*. 97. ed. Londres: CRC Press, 2017. p. 6-7.

Perceba que o volume da água cresce rapidamente abaixo de 4 °C e diminui apenas lentamente abaixo de 0 °C, quando já está na forma de gelo. Portanto, a menor densidade da água é obtida a 4 °C.

Por ser mal condutor de calor, o gelo isola a água líquida das temperaturas negativas da superfície. Desse modo, abaixo da camada de gelo da superfície, a água se mantém líquida e em temperatura mais elevada.

- Ao colocar no refrigerador recipientes fechados contendo líquidos, com água em sua composição, por que é recomendável não completar o volume total do recipiente?

Representação de lago em corte. 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

Transformações químicas

Observe as fotografias abaixo.

4. A matéria que compõe o objeto em questão sofreu mudança em sua composição? Justifique sua resposta.

O objetivo desta questão é levar os estudantes a analisar a situação enquanto levantam seus conhecimentos prévios a respeito das transformações químicas. Espera-se que eles respondam que parte da matéria do objeto alterou sua constituição, passando de ferro para ferro enferrujado, ou seja, oxidado.

ERASHOV/SHUTTERSTOCK

DANNY SMYTHE/SHUTTERSTOCK

Balde novo (**A**) e balde exposto às condições ambientais (**B**). Enquanto em **A** o balde apresenta brilho metálico, em **B** ele apresenta coloração avermelhada.

Além das transformações físicas, a matéria pode sofrer **transformações químicas**, também chamadas de **reações químicas**. Nesse tipo de reação, ocorre alteração da composição da matéria, como observado na situação acima. Nesse caso, o balde apresentado na fotografia **B** sofreu oxidação nas partes que contêm ferro (Fe). Inicialmente, a estrutura sólida é formada unicamente por átomos de ferro. Com o passar do tempo e sob a ação de moléculas de água e de gás oxigênio (O_2) presentes na atmosfera terrestre, criam-se redes cristalinas de óxido de ferro(III) (Fe_2O_3) na superfície do sólido, que adquire uma coloração avermelhada. Nesse processo, o ferro sofreu uma transformação química.

A oxidação do ferro é constatada pela mudança na coloração do material. Por isso, dizemos que a mudança de cor é uma **evidência de transformação química**, ou seja, um indicativo de que houve mudança na composição da matéria. Veja a seguir as outras principais evidências de transformação química.

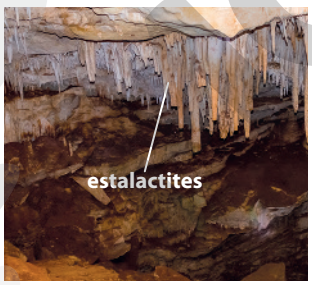
!

Atenção! Nem sempre a formação de bolhas significa que houve uma transformação na matéria. Ao aquecermos água no fogão, as bolhas formadas referem-se ao vapor de água recém formado por meio de um processo físico. Além disso, nem toda mudança de temperatura é causada por uma transformação química, pois podem estar relacionadas a uma mudança de fase.

DIEGO CERVO/SHUTTERSTOCK

Formação de gás: a formação de bolhas de gás é um indicativo importante de que uma reação química está acontecendo, pois pode representar a formação de um novo composto na forma gasosa.

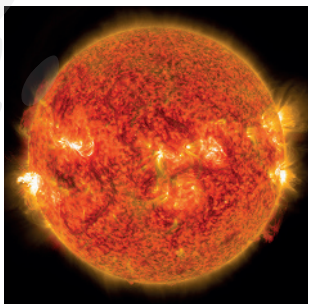
Comprimido efervescente em água. Esse tipo de comprimido, quando em contato com a água, forma novas substâncias, como o gás dióxido de carbono (CO_2), que é liberado através das bolhas.



HYAGO XAVIER TEIXEIRA/SHUTTERSTOCK

Formação de precipitado: o precipitado é uma substância sólida imersa em uma mistura líquida ou gasosa. A formação desse material, até então inexistente, indica que uma nova substância foi formada.

Interior da Gruta da Lapa Doce, na Chapada Diamantina, Bahia (2017). A formação de estalactites é resultado da precipitação de carbonato de cálcio $(CaCO_3)$.



SDO/NASA

Mudança de temperatura: transformações químicas podem envolver trocas energéticas. Assim, quando a transformação libera energia, a temperatura aumenta, e quando consome energia, a temperatura diminui.

Liberação de luz: algumas reações químicas específicas liberam energia na forma de luz visível.

Sol visto do espaço. As reações químicas que acontecem no Sol provocam tanto o aumento de temperatura, que chega à Terra por meio dos raios solares, quanto a liberação de luz.

Uma evidência menos usual de transformação química é a liberação de odor, como ocorre em um alimento que apodreceu. Nesse caso, não é recomendado inalar substâncias desconhecidas, pois podem ser prejudiciais ao organismo.

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

ATIVIDADES

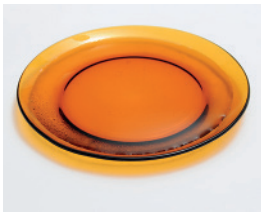
Registre em seu caderno.

Respostas das questões **1** a **5** no **Suplemento para o professor**.

1. Alguns cubos de gelo foram retirados da forma que estava em um congelador e depositados em um prato, exposto diretamente à luz solar por 5 horas. Veja a seguir.

A

B



FOTOS: FERNANDO FAVORETTO/ CRIAR IMAGEM

Etapas do experimento realizado, sendo **A** a etapa no início do experimento e **B** a etapa final, após 5 horas de exposição direta à luz solar.

a) O que você pode dizer a respeito da energia da matéria que sofreu transformação ao longo do experimento e da forma como ela interferiu no resultado observado? Explique.

b) O que provavelmente ocorrerá após a etapa **B** se a matéria for mantida exposta à luz solar diretamente?

c) O que você pode afirmar a respeito da temperatura da matéria durante o experimento? Explique.

d) De que maneira essa situação pode ser relacionada à ciclagem da matéria?

2. Se cada um dos líquidos apresentados nas situações a seguir continuar recebendo energia térmica a uma dada pressão, que tipo de vaporização sofrerá? Justifique sua resposta.

A

SLVINYN/SHUTTERSTOCK

Poça de água formada sobre uma calçada após a chuva, recebendo energia solar.

B

FERNANDO FAVORETTO/ CRIAR IMAGEM

Recipiente com água sobre a chama de um fogão.

3. Uma jovem expirou próximo à superfície de um espelho. Veja abaixo.

FERNANDO FAVORETTO/ CRIAR IMAGEM

Jovem expirando próximo à superfície de um espelho.

- Por que o espelho ficou embaçado?

4. Observe as situações mostradas nas fotografias abaixo.

NARATTAPON PUROD/ SHUTTERSTOCK

Pessoa despejando o conteúdo de um ovo cru em um recipiente.

AFRICA STUDIO/ SHUTTERSTOCK

Pessoa fritando ovo.

a) A transformação da matéria observada na situação **A** é semelhante à da situação **B**? Justifique sua resposta.

b) Qual foi o agente causador da transformação nas situações apresentadas acima?

5. Uma fórmula simplificada que possibilita calcular a temperatura de ebulição da água em função da altitude do local é dada por:

$T(°C) = 100 - 3{,}24 \cdot h$, em que h é a altitude, em km.

a) Com base nos dados do quadro a seguir, identifique a temperatura, aproximada, de ebulição da água em cada localidade.

Local	Altitude em relação ao nível do mar	Pressão atmosférica média
Mar Morto (Ásia)	–430 m	795 mmHg
Rio de Janeiro	0 m	760 mmHg
Brasília	1 100 m	650 mmHg
La Paz (Bolívia)	3 600 m	500 mmHg
Monte Everest (Ásia)	8 850 m	240 mmHg

b) Qual é a temperatura de ebulição da água no município onde você vive?

6. **(Enem)** Alguns fenômenos observados no cotidiano estão relacionados com as mudanças ocorridas no estado físico da matéria. Por exemplo, no sistema constituído por água em um recipiente de barro, a água mantém-se fresca mesmo em dias quentes.

A explicação para o fenômeno descrito é que, nas proximidades da superfície do recipiente, a

a) condensação do líquido libera energia para o meio.

b) solidificação do líquido libera energia para o meio.

c) evaporação do líquido retira energia do sistema.

d) sublimação do sólido retira energia do sistema.

e) fusão do sólido retira energia do sistema.

Alternativa **c**.

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

MODERNA

Leis ponderais

Conservação da matéria

"Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma." Você provavelmente já ouviu essa afirmativa, mas sabe o que ela significa? Antes de explorarmos melhor essas informações, considere o experimento a seguir.

A Um erlenmeyer contendo uma pequena quantidade de água é acoplado a um balão de borracha, semelhante àqueles usados em festas. Dentro desse balão há uma pastilha de hidrogenocarbonato de sódio ($NaHCO_3$), similar ao medicamento utilizado para combater a acidez do estômago. O sistema montado foi colocado sobre uma balança comum, que registra a massa de 208 gramas.

Sistema antes da reação química.

1. O valor de 208 g se refere à massa de quais materiais?

Esse valor se refere à soma das massas do erlenmeyer, do balão de borracha, da água e da pastilha de hidrogenocarbonato de sódio.

B A pastilha de hidrogenocarbonato de sódio, no interior do balão de borracha, é despejada na água. Imediatamente, observam-se a formação de bolhas na água e a liberação de um gás esbranquiçado. Também é possível observar que o balão de borracha começa a inflar.

A formação de bolhas e de gás evidencia uma reação química, que pode ser representada por:

$$NaHCO_3(s) \xrightarrow{H_2O} NaOH(aq) + CO_2(g)$$

Sistema após a reação química.

FOTOS: ALEXANDRE DOTTA/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

2. O valor de 208 g, registrado pela balança após a etapa **B**, refere-se à massa de quais materiais?

Esse valor se refere à soma das massas do erlenmeyer, do balão de borracha, da água, do NaOH(aq) e do $CO_2(g)$.

Como você pôde observar no experimento acima, a massa do sistema se manteve, mesmo após a reação química. Isso foi possível porque não houve entrada nem saída de substâncias no sistema. Nesse sentido, o gás dióxido de carbono foi impedido, pelo balão de borracha, de escapar do sistema.

3. Você acha que a massa do sistema, após a etapa **B**, teria se mantido caso não houvesse o balão de borracha? Justifique sua resposta.

3. Espera-se que os estudantes respondam que não, pois o dióxido de carbono teria sido perdido para o ambiente, reduzindo a massa do sistema.

4. Como os resultados do experimento apresentado podem ser associados à frase inicial "Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma."?

4. Espera-se que os estudantes reconheçam que na etapa **B** ocorreram transformações da matéria, como do $NaHCO_3(s)$ sendo transformado em $NaOH(aq)$ e $CO_2(g)$. Nesse sentido, nenhum de seus átomos foram perdidos ou criados, mas rearranjados para se transformar em outros componentes. Como resultado, a massa total do sistema se manteve.

A constatação de que nada pode ser criado ou perdido, e sim transformado, pode parecer óbvia atualmente, mas já foi tema de muitos questionamentos e teorias na Antiguidade, tendo íntima relação com o que se entendia por matéria. A seguir, vamos começar a explorar este assunto com base na substância água.

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

MODELA

A água sempre foi assunto de grande interesse para os químicos. Sua abundância na natureza, os diferentes estados de agregação que pode apresentar no ambiente e sua importância para os seres vivos deram à água papel de destaque nos estudos primordiais da Química, mesmo antes de serem desenvolvidos os estudos sobre os elementos químicos, átomos ou substâncias.

O filósofo grego Tales de Mileto (cerca de 624 a.C.-556 a.C.) denominou a água como "elemento primordial". Posteriormente, os também filósofos gregos Empédocles (490 a.C.-430 a.C.) e Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), criaram a teoria dos quatro elementos, segundo a qual toda a matéria era formada por combinações de água, fogo, terra e ar. Com o passar dos séculos, a teoria dos quatro elementos foi se modificando, mas a água sempre tomou posição de destaque sem perder o *status* de elemento primordial. Acreditava-se, no entanto, que a água é uma entidade indivisível.

Apenas após a metade do século XVIII, com a contribuição de diversos cientistas, em especial do químico francês Henry Cavendish (1731-1810), cientista que fundamentou a descoberta do hidrogênio, foi proposto que a água é formada pelos elementos químicos hidrogênio (H) e oxigênio (O). Posteriormente, com os experimentos dos químicos franceses Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) e Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) e do químico inglês John Dalton (1766-1844), descobriu-se a composição exata da água: dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio.

A reação de síntese da água é uma das principais reações químicas envolvidas na formulação da composição dela. Veja a seguir a equação química dessa reação.

$$\underbrace{2\,H_2(g) + O_2(g)}_{\text{reagentes}} \longrightarrow \underbrace{2\,H_2O(g)}_{\text{produto}}$$

Segundo essa equação, que representa a síntese da água, duas moléculas de gás hidrogênio (H_2) e uma molécula de gás oxigênio (O_2) reagem entre si, formando duas moléculas de água (H_2O). Perceba que a quantidade de átomos de hidrogênio e de oxigênio é igual entre os reagentes e os produtos. A isso chamamos de **lei da conservação das massas** ou **primeira lei ponderal**, proposta por Lavoisier, em 1773. Veja a seguir a equação de síntese da água, agora envolvendo a massa das substâncias.

SPL/FOTOARENA

Antoine Laurent Lavoisier

$$\begin{array}{ccccc} 2\,H_2(g) & + & O_2(g) & \longrightarrow & 2\,H_2O(g) \\ 4\,g & & 32\,g & & 36\,g \end{array}$$

Nessa equação, 4 g de $H_2(g)$ reagiram com 32 g de $O_2(g)$, formando 36 g de $H_2O(g)$. Ou seja, 36 g de reagentes se transformaram em 36 g de produtos, seguindo a lei de conservação das massas.

Outra característica importante de reações químicas é que sempre há uma proporcionalidade entre as massas de reagentes e de produtos. Veja a seguir.

$$\begin{array}{ccccc} 2\,H_2(g) & + & O_2(g) & \longrightarrow & 2\,H_2O(g) \\ 4\,g & & 32\,g & & 36\,g \\ 8\,g & & 64\,g & & 72\,g \end{array}$$

Quando o dobro de massa de gás hidrogênio e o dobro de massa de gás oxigênio são utilizados, obtemos o dobro de massa de água. A essa característica dá-se o nome de **lei das proporções constantes** ou **segunda lei ponderal**, formulada pelo químico francês Joseph Louis Proust (1754-1826) em 1794.

Vamos estudar as leis ponderais mais detalhadamente a seguir.

COLLECTION ABECASIS/SPL/FOTOARENA – COLEÇÃO PARTICULAR

Retrato de Joseph Louis Proust.

Uma reação química pode ser representada por meio de uma equação química, na qual escrevemos as substâncias participantes da reação e as condições para que a reação ocorra. Em uma equação química, todas as substâncias que vêm antes da seta são chamadas **reagentes**, e todas que vêm depois são chamadas **produtos**. Podemos pensar nos reagentes como a matéria-prima da reação, que se modifica e sofre uma transformação química, resultando em produtos.

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

MODERNA

Primeira lei ponderal: lei da conservação das massas

Os trabalhos de Antoine Lavoisier foram pioneiros para definir a química como uma Ciência quantitativa, ou seja, uma Ciência que trabalha com quantidades numéricas.

Uma característica importante dos trabalhos de Lavoisier é que eram feitos em **sistemas fechados**. Nesse tipo de sistema, depois de misturados os reagentes, nenhuma matéria entra e nenhuma matéria sai dele, como é o caso de um balão de vidro hermeticamente fechado e do sistema apresentado na página **50**. Assim, Lavoisier tinha a certeza de que qualquer alteração que viesse a acontecer em seus experimentos químicos deveria ser resultante do próprio sistema, incluindo mudanças de massa e liberação de gases.

A atenção especial de Lavoisier no campo da Química se voltou aos seus aspectos ponderais, ou seja, aspectos relativos à massa de reagentes e de produtos. Sua constatação mais conhecida é a de que a massa das substâncias dentro de um sistema fechado é a mesma antes e depois de uma reação química. Vimos um exemplo disso na equação da reação de síntese da água, na página anterior. O mesmo é observado se considerarmos a reação de combustão do carbono (C).

$$\underset{6\,g}{C(s)} + \underset{16\,g}{O_2(g)} \longrightarrow \underset{22\,g}{CO_2(g)}$$

Novamente, nesse sistema fechado, ao somar a massa dos reagentes (carbono e gás oxigênio), obtemos exatamente o mesmo valor de massa do produto (dióxido de carbono).

Com base em sua descoberta, Lavoisier enunciou a **lei da conservação das massas**, posteriormente conhecida como primeira lei ponderal. De acordo com essa lei, em uma reação química em recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos.

Essa lei também ficou conhecida pela afirmação "na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". Do ponto de vista atômico, a lei de Lavoisier é válida, pois, durante uma reação química, nenhum átomo é criado ou destruído, uma vez que eles se reorganizam, formando substâncias diferentes. Essa conclusão, na época, pôs fim às ideias dos alquimistas sobre a transmutação dos metais, por exemplo.

Outra experiência importante realizada por Lavoisier foi o aquecimento do mercúrio (Hg) em um sistema fechado durante 12 dias. Veja a seguir.

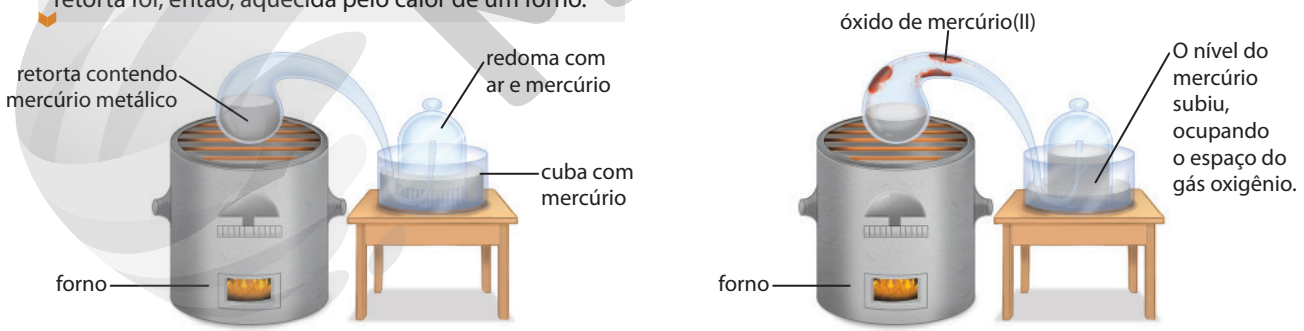
5. O resultado do experimento de combustão do carbono teria se mantido caso ele tivesse sido realizado em um sistema aberto? Justifique sua resposta.

Espera-se que os estudantes respondam que não, pois, em um sistema aberto, não seria conhecida a massa do gás oxigênio usada como reagente e o dióxido de carbono formado seria perdido para a atmosfera.

Retorta: vaso de gargalo estreito e curvo.

A Em uma retorta com tubo longo e recurvado foi colocado mercúrio metálico, de maneira que a ponta dela alcançava uma redoma de ar feita sobre uma cuba de vidro, na qual também havia mercúrio. A retorta foi, então, aquecida pelo calor de um forno.

B Com o passar do tempo, observou-se a formação de um pó vermelho nas paredes da retorta, além da redução do volume de ar contido na redoma em cerca de 20%.



ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Representação do experimento de Lavoisier para comprovar o aspecto ponderal envolvido antes (**A**) e depois (**B**) de uma reação química em sistema fechado. Imagens sem proporção e em cores-fantasia.

A reação ocorrida no interior da retorta correspondeu à oxidação do mercúrio, formando óxido de mercúrio(II) (HgO). Veja a equação dessa reação a seguir.

$$2\,Hg(l) + O_2(g) \longrightarrow 2\,HgO(s)$$

6. No experimento de oxidação do mercúrio, o que aconteceu para reduzir em 20% o ar no interior da redoma de vidro? Espera-se que os estudantes respondam que parte do gás oxigênio presente no ar da redoma foi consumido na reação de oxidação.

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

Segunda lei ponderal: lei das proporções constantes

Observe a equação da reação química a seguir, que representa a decomposição da água.

$$2\,H_2O(g) \longrightarrow 2\,H_2(g) + O_2(g)$$
$$36\,g \qquad 4\,g \qquad 32\,g$$

Note que essa reação é o inverso da que vimos anteriormente para a síntese da água. Nela, a água é o reagente e os gases hidrogênio e oxigênio são os produtos. Perceba que, de acordo com a primeira lei ponderal, a soma da massa dos reagentes é igual à soma da massa dos produtos. Veja agora o que aconteceria se fossem usadas outras massas de água como reagente.

$2\,H_2O(g)$	$\longrightarrow$	$2\,H_2(g)$	+	$O_2(g)$	
Massa de água		Massa de hidrogênio		Massa de oxigênio	$\frac{\text{massa de oxigênio}}{\text{massa de hidrogênio}}$
36 g		4 g		32 g	$\frac{32\,g}{4\,g} = 8$
9 g		1 g		8 g	$\frac{8\,g}{1\,g} = 8$
18 g		2 g		16 g	$\frac{16\,g}{2\,g} = 8$
270 g		30 g		240 g	$\frac{240\,g}{30\,g} = 8$
900 kg		100 kg		800 kg	$\frac{800\,kg}{100\,kg} = 8$

Independentemente da massa de água utilizada como reagente da reação química, a proporção de quantidade de massa entre o gás oxigênio e o gás hidrogênio produzidos é a mesma: 8 para 1, respectivamente.

Agora, observe novamente a equação da reação de síntese de água.

$$2\,H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(g)$$
$$8\,g \qquad 32\,g \qquad 36\,g$$

Essa reação parece não seguir a lei da conservação das massas. Isso porque a proporção entre gás hidrogênio e gás oxigênio não está correta, pois, em vez de termos oito vezes a massa de oxigênio, temos apenas quatro. Nesse caso, dizemos que o gás hidrogênio está em excesso na reação química, ou que o gás oxigênio está em falta. Veja o que aconteceria se fossem utilizados 64 g de gás oxigênio.

$$2\,H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(g)$$
$$8\,g \qquad 64\,g \qquad 72\,g$$

Para a produção de determinado produto, precisamos de uma proporção fixa entre os reagentes, de maneira que o excesso de um ou outro reagente não altere a quantidade de produto formado, pois o excedente não participa da reação. Essa observação entre a proporção dos reagentes para a formação de produtos foi evidenciada pela primeira vez pelo químico francês Joseph Louis Proust e ficou conhecida como **lei das proporções constantes** ou, simplesmente, **lei de Proust**.

Após vários experimentos e comparações entre os valores das massas de cada substância participante das reações, Proust constatou que havia proporção constante entre suas massas. Em 1794, enunciou essa lei que posteriormente ficou conhecida como segunda lei ponderal, cujo enunciado pode ser expresso por: uma determinada substância composta é formada por substâncias mais simples, unidas sempre na mesma proporção em massa.

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

MODERNA

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Preparo de alimentos

LIGHTFIELD STUDIOS/SHUTTERSTOCK

Funcionários da cozinha de um restaurante. A higienização das mãos é essencial para evitar a contaminação dos alimentos.

Contextualização

A cozinha é, provavelmente, o local de uma residência onde ocorre o maior número de transformações da matéria, tanto no preparo como na conservação dos alimentos.

a) Todas as transformações da matéria são iguais? Justifique sua resposta.

b) No preparo de uma receita, é importante seguir as quantidades e os ingredientes indicados? Em caso afirmativo, por que você acha que isso é importante?

Orientações

Junte-se a dois colegas e pesquisem uma receita culinária que inclua lista de ingredientes com as respectivas quantidades, bem como o modo de preparo. Dê preferência para receitas tradicionais de uma cultura ou típicas da região onde vocês vivem. Elaborem um roteiro da investigação, contemplando as questões a seguir.

- Quais são os ingredientes necessários?
- Quais utensílios devemos utilizar para o preparo da receita?
- A ausência ou a adição de ingredientes influencia no preparo da receita?
- Existe uma razão entre as quantidades dos ingredientes e o número de porções preparadas?
- Qual será a quantidade dos ingredientes, caso desejemos obter o dobro ou a metade do alimento final?
- Quais são as evidências que comprovam a ocorrência de transformações químicas e em que momentos elas puderam ser observadas?
- Quais cuidados devemos ter durante o preparo da receita?
- O que devemos fazer com os alimentos após a atividade?

Peça ajuda a um adulto para a manipulação de objetos cortantes, caso necessário.

Realizem a atividade de investigação procurando soluções para os possíveis problemas que surgirem. Durante a execução da atividade, registrem cada etapa da receita por meio de um vídeo. Pesquisem em livros, artigos científicos e *sites* confiáveis as informações necessárias para a classificação das transformações das matérias observadas.

Análise e divulgação dos dados

Organizem uma feira gastronômica na escola para que demais membros da comunidade escolar possam provar a receita produzida. Elaborem cartazes com as informações a respeito da receita e, ao apresentar o prato concluído, expliquem os processos realizados durante sua execução, apresentando todas as transformações físicas e químicas envolvidas durante o preparo do alimento. Incluam nas explicações as respostas das questões a seguir.

1. Que tipos de transformação foram observados durante a execução da receita?
2. Todas as transformações são reversíveis? Justifiquem sua resposta.
3. A massa total dos ingredientes se manteve no produto final? Em caso de resposta negativa, quais foram os possíveis motivos para essa alteração?
4. Como os resultados podem auxiliar pequenos empresários a organizar as produções de alimentos, considerando a demanda e as finanças?

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** e **2** no **Suplemento para o professor**.

1. **(UFG-GO)** Leia o texto:

"– Tudo que você vê faz parte de um delicado equilíbrio; como rei, você precisa entender esse equilíbrio e respeitar todas as criaturas, desde a formiguinha até o maior dos antílopes

– Mas, pai, nós não comemos os antílopes?

– Sim, Simba, mas deixe-me explicar: quando morremos nossos corpos tornam-se grama e o antílope come a grama. E, assim, estamos todos conectados pelo grande ciclo da vida."

O REI LEÃO. Walt Disney Productions, 1994.

Considerando o texto,

a) explique como animais e vegetais incorporam e eliminam carbono.

b) explique, à luz da lei de Lavoisier, por que "estamos todos conectados".

2. Com o intuito de verificar na prática a lei da conservação das massas, de Lavoisier, um técnico de laboratório realizou o procedimento a seguir.

I) Colocou simultaneamente sobre uma balança de precisão dois recipientes abertos, um com solução de ácido nítrico (HNO_3) e o outro com carbonato de potássio (K_2CO_3) sólido. Nessa etapa, foi registrada a massa de 1 kg.

II) O estudante despejou o carbonato de potássio na solução de ácido nítrico e manteve os dois recipientes abertos, um com a solução final e o outro vazio, sobre a balança. Nessa etapa, foi registrada a massa de 0,995 kg.

a) A investigação possibilitou verificar a lei de conservação das massas, de Lavoisier? Justifique sua resposta.

b) Caso sua resposta ao item **a** tenha sido negativa, o que o estudante poderia alterar em seu experimento para que fosse possível verificar a lei de conservação das massas? Justifique sua resposta.

c) Como você explica os resultados obtidos pelo estudante?

3. Na reação entre carvão e gás oxigênio, ocorre a formação de dióxido de carbono. Os dados experimentais dessa reação estão no quadro abaixo. Considere que em nenhum dos experimentos houve reagente em excesso.

	Carvão	Gás oxigênio	Dióxido de carbono
Experimento 1	12 g	32 g	X
Experimento 2	Y	Z	88 g

Determine os valores de **X**, **Y** e **Z**.

X = 44 g; **Y** = 24 g; **Z** = 64 g.

4. Em uma indústria química, fabrica-se ácido sulfúrico (H_2SO_4) com um minério chamado pirita, composto de sulfeto de ferro (FeS_2), cujo processo possui várias reações químicas envolvidas, como as apresentadas a seguir.

$$4\,FeS_2(s) + 11\,O_2(g) \longrightarrow 2\,Fe_2O_3(s) + 8\,SO_2(g)$$

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,SO_3(g)$$

$$SO_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_4(l)$$

Analisando essas reações, identifique a afirmativa correta.

a) Apenas a conservação de massas deve ser considerada, pois como há várias reações químicas não existe mais proporcionalidade.

b) Apenas a lei de proporções constantes deve ser considerada, pois o dióxido de enxofre (SO_2) da primeira reação é destruído.

c) Todas as leis ponderais devem ser consideradas nesse processo, até que o ácido sulfúrico produzido seja proporcional à massa de FeS_2, usada no processo considerando as reações.

d) Leis ponderais não se aplicam nessa situação, pois envolvem misturas de duas fases.

e) Se esse processo fosse realizado em um laboratório em escala menor, não funcionaria da mesma forma, pois não teria mais proporção.

Alternativa **c**.

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

Respostas no **Suplemento para o professor**.

Refletindo sobre o que você estudou nesta unidade, responda às questões a seguir.

1. Diversos astros do Universo recebem luz de uma estrela, no entanto não apresentam atmosfera. Como essa característica pode ser considerada um fator limitante à existência de vida?

2. Elabore um esquema, com imagens e textos, explicando os três principais estados de agregação da matéria e suas transformações, com base na energia dos sistemas.

3. O Sol emite diferentes tipos de ondas eletromagnéticas e uma parte delas chega à Terra. Qual faixa do espectro eletromagnético é emitida em maior quantidade pelo Sol e como a percebemos?

4. Como você explicaria a frase "Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma."?

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

MODERNA

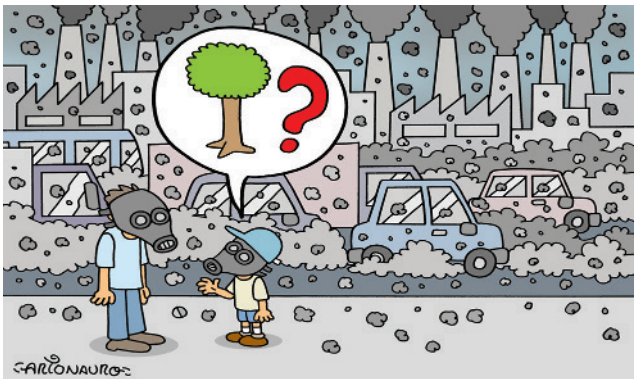
SER CONSCIENTE

Intensificação do efeito estufa

Observe a charge e leia a manchete a seguir.

*Espera-se que os estudantes reconheçam que o derretimento acelerado das geleiras é resultado da elevação da temperatura média da Terra, que, por sua vez, está diretamente relacionada com a intensificação do efeito estufa. Esse processo é resultado da emissão de poluentes na atmosfera, principalmente os gases de efeito estufa, liberados pela queima de combustíveis fósseis em atividades industriais ou nos motores de veículos, por exemplo. A remoção de árvores também agrava a situação, uma vez que elas auxiliam na fixação do dióxido de carbono e na liberação de gás oxigênio na atmosfera. Assim, o ar atmosférico torna-se impróprio a alguns seres vivos, como os humanos.

ARIONAURO



SANTOS, A. S. Poluição do ar cidade. *Arionauro Cartuns*, 11 fev. 2020. Disponível em: <http://www.arionaurocartuns.com.br/2020/02/charge-poluicao-do-ar-cidade.html>. Acesso em: 20 jun. 2020.

> **Geleiras do Alasca estão derretendo 100 vezes mais rápido do que se imaginava**
>
> HOWARD, J. Geleiras do Alasca estão derretendo 100 vezes mais rápido do que se imaginava. *National Geographic*, 30 jul. 2019. Meio ambiente. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/07/geleiras-do-alasca-estao-derretendo-100-vezes-mais-rapido-do-que-se-imaginava>. Acesso em: 30 maio 2020.

- Explique, com suas palavras, como a charge e a manchete acima podem ser relacionadas entre si.*

O efeito estufa é um fenômeno natural essencial à vida na Terra. No entanto, diversas atividades desenvolvidas pelos seres humanos têm contribuído para a intensificação desse efeito. Como resultado, mais calor fica retido próximo à superfície do planeta, causando aumento da temperatura média na Terra, o chamado aquecimento global.

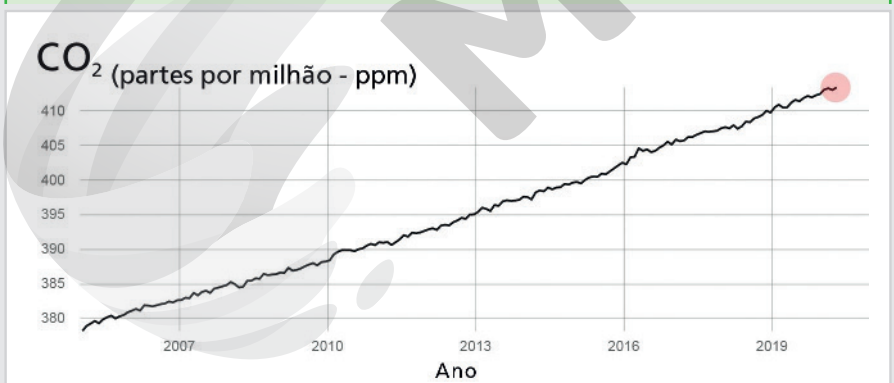
A intensificação do efeito estufa está relacionada, basicamente, com o aumento da emissão dos chamados gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono, o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). Esses gases são liberados em diversas atividades humanas, como queima de combustíveis fósseis – atividades industriais, uso de veículos automotores movidos a combustíveis fósseis – queimadas e pecuária de ruminantes (que liberam gás metano).

Do final do século XIX até o início do século XXI, a temperatura média da superfície da Terra aumentou aproximadamente 0,98 °C. Pode parecer um aumento relativamente baixo, mas seus efeitos já são percebidos: alterações climáticas, aceleração do derretimento das geleiras e aumento do nível dos mares e oceanos.

A tendência é que os efeitos sejam ainda piores ao longo do tempo, pois estudos e estimativas preveem que, se a intensificação do efeito estufa não for reduzida, a temperatura média da superfície da Terra continuará a subir entre 2 °C e 5,5 °C até 2100.

Níveis de CO_2 na atmosfera terrestre (2005-2020) **

NOAA/NASA



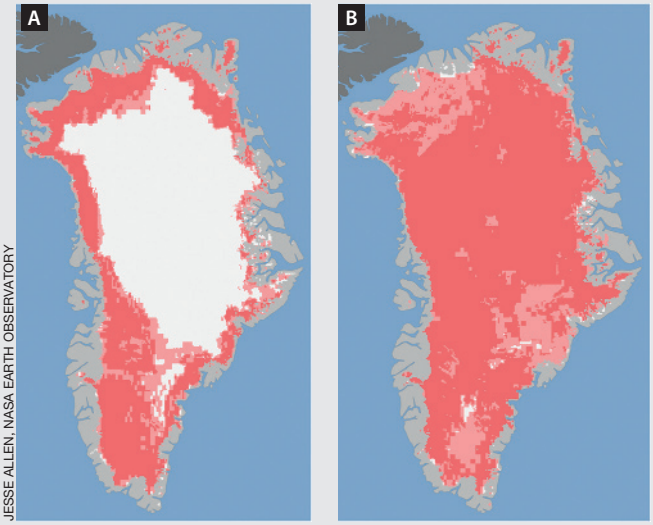
Fonte: NASA. *Global Climate Change*. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>. Acesso em: 29 maio 2020.

Os níveis atmosféricos de dióxido de carbono passaram de 378,21 ppm, em janeiro de 2005, para 413,38 ppm, em abril de 2020.

**Os valores apresentados foram obtidos pelo Observatório Mauna Loa, Havaí.

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

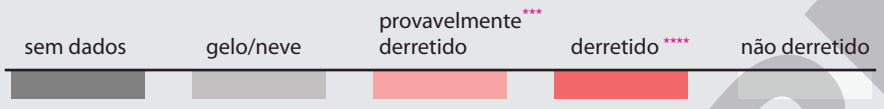
MODERNA



NICOLO E. DIGIROLAMO, SSAI/NASA GSFC, AND JESSE ALLEN, NASA EARTH OBSERVATORY

O planeta Terra possui dois mantos de gelo: a Groelândia, com 1,7 milhão de km², e a Antártica, com 12,3 milhões de km². Estima-se que entre 1992 e 2018 a Groelândia perdeu, aproximadamente 3,8 trilhões de toneladas de gelo. Já a Antártica perde por ano aproximadamente 127 bilhões de toneladas de gelo desde 1990.

Imagens da superfície da Groelândia em 8 de julho de 2012 (**A**) e em 12 de julho do mesmo ano (**B**). Dados coletados por três satélites mostram que, em **A**, cerca de 40% da cobertura de gelo tinha derretido. Após quatro dias, cerca de 97% do gelo tinha sofrido algum nível de descongelamento.
Em mais de 30 anos de observações via satélite, esse foi o derretimento mais acelerado. Naturalmente, apenas metade dessa cobertura sofreria esse processo durante o verão. Nesse mesmo período também foram registradas temperaturas mais elevadas que o normal.



***Pelo menos um satélite detectou derretimento.
****Dois ou três satélites detectaram derretimento.

As geleiras também estão sendo prejudicadas pelo aumento da temperatura global.

Essas formações são decorrentes de neve acumulada ao longo do tempo, principalmente durante o inverno. No verão, as geleiras perdem parte de sua massa com o derretimento do gelo associado à temperatura mais elevada nessa estação do ano. No entanto, atualmente, muitas geleiras do mundo, como a Qori Kalis, nos Andes, e a geleira da montanha Ama Dablam, no Himalaia, estão recuando, em razão de o derretimento de gelo no verão ser superior ao acúmulo de neve durante o inverno.

A água líquida proveniente do derretimento das geleiras e dos mantos de gelo é lançada no mar, o que aumenta o nível de água. Em janeiro de 2020, essa elevação era de 93 mm, quando comparado ao ano de 1993.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

A Converse com os colegas sobre o que pode estar causando o aumento da emissão de dióxido de carbono na atmosfera terrestre ao longo dos anos.

B Desde a Revolução Industrial, a acidez dos oceanos aumentou cerca de 30%. Como o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera terrestre pode interferir no pH da água dos oceanos e como esse processo pode prejudicar os seres vivos?

C Tão importante quanto compreender o processo de intensificação do efeito estufa pelas atividades humanas é aplicar no dia a dia medidas que ajudem a reduzir esse efeito e conscientizar as pessoas sobre o assunto. Sendo assim, com dois colegas, elaborem uma animação com textos, ilustrações, fotografias, dados a respeito de como atividades humanas interferem no efeito estufa, e como podemos colaborar com ações cotidianas e atitudes individuais e coletivas para reduzir sua intensificação.

Representação de parte do globo terrestre. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

RIVALDO BARBOZA

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

MODERNA

UNIDADE

2

Ciclos biogeoquímicos

Os corais são animais, os cnidários, que vivem em colônias e secretam um exoesqueleto de calcário. Esses animais se associam a microalgas, as zooxantelas, que são responsáveis por fornecer, por meio da fotossíntese, parte da energia de que os corais necessitam, além sua cor.

Atualmente, vem sendo constatada a elevação da temperatura média dos oceanos, evento que afeta diretamente os corais. Quando a temperatura das águas se eleva por certo período de tempo, os corais perdem as zooxantelas, caracterizando o chamado branqueamento. Nessa situação, os corais não têm disponível toda a energia de que necessitam e se tornam debilitados. Dependendo da duração das condições de temperatura adversas, a situação pode ser temporária ou fatal para os corais.

O fenômeno do branqueamento dos corais tem se tornado cada vez mais frequente e duradouro e atinge corais em todo o mundo, inclusive no Brasil.

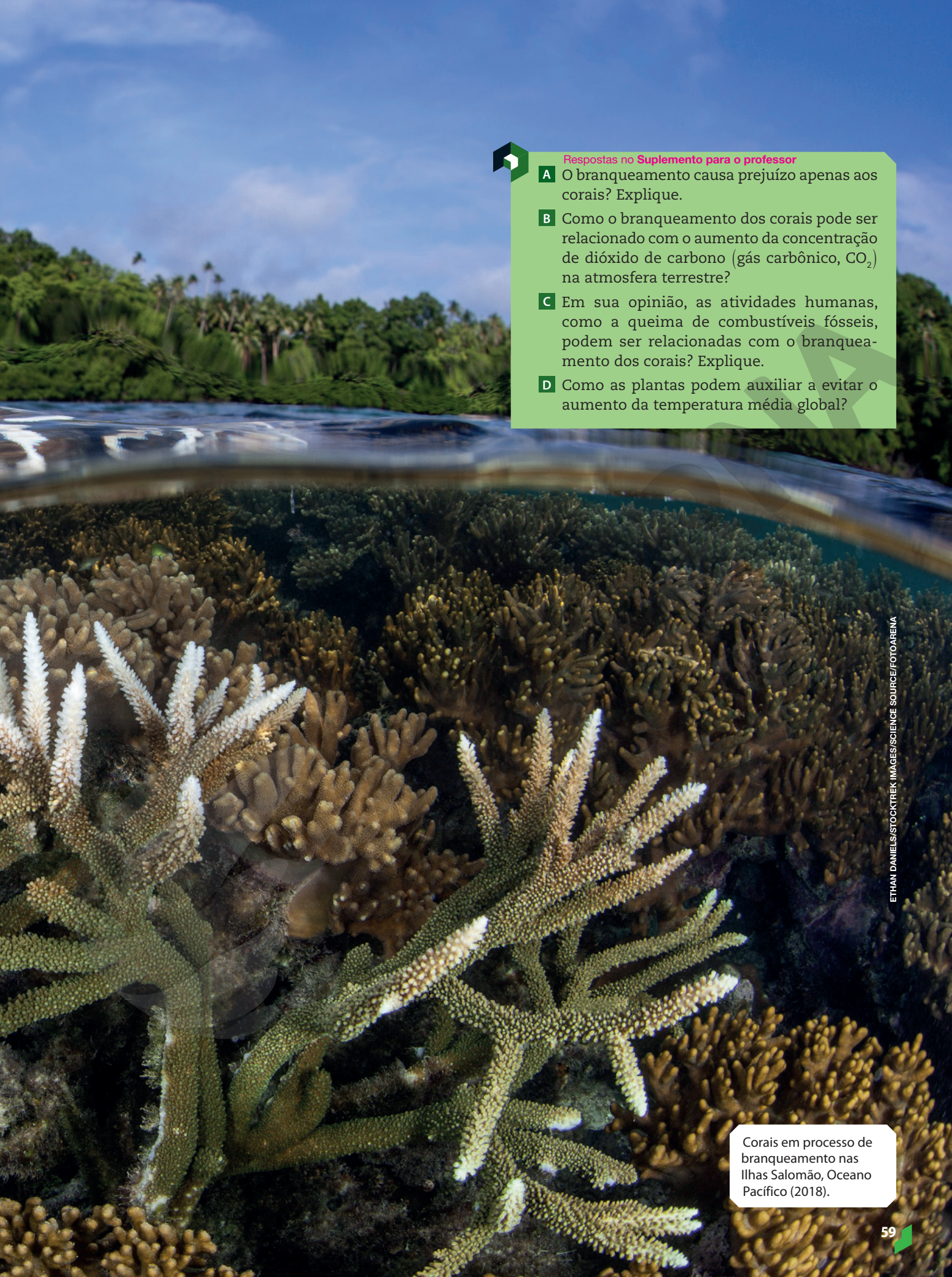
Respostas no **Suplemento para o professor**

A O branqueamento causa prejuízo apenas aos corais? Explique.

B Como o branqueamento dos corais pode ser relacionado com o aumento da concentração de dióxido de carbono (gás carbônico, CO_2) na atmosfera terrestre?

C Em sua opinião, as atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, podem ser relacionadas com o branqueamento dos corais? Explique.

D Como as plantas podem auxiliar a evitar o aumento da temperatura média global?



ETHAN DANIELS/STOCKTREK IMAGES/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Corais em processo de branqueamento nas Ilhas Salomão, Oceano Pacífico (2018).

CAPÍTULO

1

Ciclagem de matéria no ambiente

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (Abrelpe), no Brasil, foram gerados 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos no ano de 2018.

- Junte-se a dois colegas e debatam sobre a informação acima, relacionando-a com o que se entende por "jogar fora" e com o consumo consciente.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Matéria, um componente em circulação no ambiente

Provavelmente, você já ouviu alguém dizer que jogaria algo fora, ou você mesmo já disso isso, ao se referir a algum item que seria descartado. No entanto, você já pensou em que exatamente consiste esse "fora"? Possivelmente, ele se refere a um local diferente da sua residência ou do local onde você se encontra. De uma forma ou de outra, esse item descartado pode não estar mais em sua residência, por exemplo, mas ele será deslocado para outro local do ambiente.

A matéria não é criada nem destruída, ela é transformada, seja por meio de processos artificiais, como a reciclagem, seja por meio de processos naturais. Neste último caso, os elementos químicos se movimentam entre os diferentes compartimentos do ambiente e entre seus componentes, por meio dos chamados ciclos biogeoquímicos.

A fotossíntese, por exemplo, é um processo que interfere na ciclagem de diversos elementos químicos, como carbono (C) e oxigênio (O), além de interferir no ciclo hidrológico. O caminho percorrido por cada elemento químico no ambiente é característico e é conhecido como **ciclo biogeoquímico**. A seguir, abordaremos alguns desses ciclos.

Parte do CO_2 presente na atmosfera terrestre se dissolve na água da chuva, formando o ácido carbônico (H_2CO_3). Ao atingir a superfície terrestre, esse ácido dissolve parte das rochas, liberando íons como os de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na), que são carregados para os ambientes aquáticos, como oceanos. Nesses ambientes, tais íons se combinam com íons hidrogenocarbonato (HCO_3^-), formando o carbonato de cálcio ($CaCO_3$), principal componente das conchas, por exemplo. Parte desse material se deposita nesses ambientes.

O gás carbônico atmosférico pode se dissolver na água. Quando dissolvido, esse gás pode se apresentar sob a forma de CO_2 ou ser convertido em íon hidrogenocarbonato.

A decomposição da matéria orgânica transforma moléculas orgânicas complexas em compostos inorgânicos mais simples, como água (H_2O), gás carbônico e gás metano (CH_4), outra importante forma do carbono no ambiente.
Quando a matéria orgânica morta é soterrada rapidamente e submetida a condições específicas de pressão e de temperatura ao longo de milhões de anos, formam-se os combustíveis fósseis, como gás natural, carvão e petróleo.

MODERNA

Ciclo biogeoquímico do carbono

Comente com os estudantes que o ciclo da água tratado na unidade anterior também é considerado um ciclo biogeoquímico.

O ciclo biogeoquímico do carbono envolve a movimentação desse elemento químico no ambiente e sua transferência para os seres vivos, e vice-versa. Assim como a água, o carbono é essencial aos seres vivos, participando da constituição de uma variedade de moléculas, como carboidratos, lipídios, proteínas, ácidos nucleicos, entre outras.

A ciclagem do carbono no ambiente se baseia, principalmente, no gás carbônico, que corresponde a aproximadamente 0,038% da atmosfera terrestre e que também se encontra nos ambientes aquáticos. Além disso, esse elemento químico também está presente em reservatórios, como rochas e na forma de combustíveis fósseis. A ciclagem do carbono envolvendo tais reservas ocorre naturalmente de maneira muito lenta, por meio da oxidação em contato com o ar, quando comparado com a ciclagem desse elemento envolvendo os seres vivos.

Representação do ciclo do carbono. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

As erupções vulcânicas liberam grande quantidade de gases na atmosfera terrestre, entre ele o gás carbônico.

A absorção do carbono da atmosfera e sua fixação nos seres vivos ocorrem por meio da fotossíntese, realizada por organismos fotossintetizantes, tanto no ambiente terrestre como no aquático. Na fotossíntese, o gás carbônico é fixado em moléculas de glicose ($C_6H_{12}O_6$), ou seja, convertido em biomassa, de acordo com a seguinte fórmula: $6\,CO_2 + 6\,H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$. Por meio dos produtos da fotossíntese, o carbono pode ser transferido a outros organismos via cadeia alimentar.

A digestão de certos grupos de animais, como os ruminantes, libera gás metano no ambiente.

O retorno do CO_2 para a atmosfera pode ocorrer por meio de diferentes processos, como a respiração aeróbica. Esse é o processo biológico pelo qual compostos orgânicos são convertidos em água e gás carbônico e liberados na atmosfera.

ALEXANDRE DE SOUZA

Ilustração produzida com base em: MILLER, G. T. *Ciência ambiental*. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 58-59.

MODERNA

Sequestro de carbono

Leia a manchete abaixo.

> **Concentração global de CO_2 bate recorde mesmo durante crise da COVID-19**
>
> Concentração global de CO_2 bate recorde mesmo durante crise da COVID-19. *ONUBR*, 13 maio 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/concentracao-global-de-co2-bate-recorde-mesmo-durante-crise-da-covid-19/amp/>. Acesso em: 4 jun. 2020.

No início de 2020, o mundo foi surpreendido com a pandemia da COVID-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2. Nesse cenário, uma das medidas adotadas para reduzir o contágio e a disseminação do vírus foi o isolamento social. Em diversos locais do mundo, as atividades foram temporariamente suspensas e as pessoas foram orientadas a ficar em suas residências. Além de auxiliar na redução do contágio, tal medida reduziu visivelmente a quantidade de veículos circulando e a atividade industrial.

Embora em diversos locais do mundo a poluição atmosférica tenha diminuído durante esse período, ainda assim, como citado na manchete, a concentração global de gás carbônico se manteve elevada. De acordo com dados da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA), em abril de 2020, a concentração média de gás carbônico na atmosfera terrestre era de, aproximadamente, 416 partes por 1 milhão (ppm)*. Esse valor é o mais alto desde que as concentrações desse gás começaram a ser monitoradas, em 1958.

*Comente com os estudantes que 416 ppm significa que, a cada um milhão de moléculas de ar, 416 delas são de gás carbônico, sendo assim, quanto maior esse valor, maior a concentração desse gás no ambiente.

Agora, provavelmente você está se perguntando qual é a relação desse assunto com o sequestro de carbono, tema da seção.

O sequestro de carbono é o processo de absorção e estocagem de parte do gás carbônico da atmosfera. Tal processo acontece naturalmente no ambiente. Nos oceanos, por exemplo, essa absorção ocorre por meio da dissolução do gás carbônico na água e pelo processo de fotossíntese realizado por seres vivos autotróficos. Nas florestas, também há grande absorção de CO_2, por meio da fotossíntese.

Ao fixar o carbono em seus tecidos, os seres vivos autotróficos auxiliam a reduzir a concentração desse gás na atmosfera e no meio aquático. Dessa maneira, o sequestro de carbono tem sido utilizado como um método que reduz a concentração de gás carbônico na atmosfera.

Resposta no **Suplemento para o professor**.

- Extensas áreas da Floresta Amazônica têm sido destruídas, tanto pelo desmatamento como pelas queimadas. De que forma esses eventos interferem nos níveis de carbono global?

OCTAVIO CAMPOS SALLES/ALAMY/FOTOARENA

Vista aérea da Floresta Amazônica, Pará (2018). Essa é uma das maiores áreas florestais do mundo e desempenha um papel essencial no sequestro de carbono. No entanto, atualmente, vem sendo intensamente devastada.

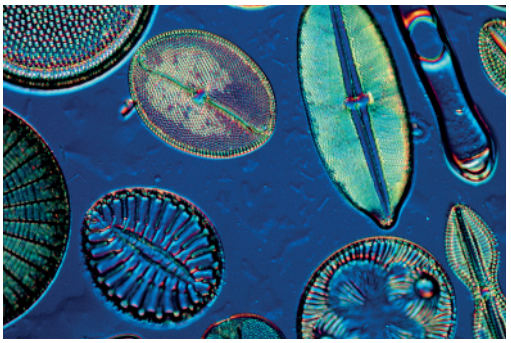
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Ciclo biogeoquímico do oxigênio

Além de serem essenciais no ciclo do carbono, os seres vivos autótrofos também participam do ciclo do oxigênio no ambiente. Como você pôde perceber na equação química da fotossíntese, durante esse processo, além da produção de matéria orgânica, ocorre a liberação de gás oxigênio (O_2), tanto no meio aquático como no terrestre.

O gás oxigênio corresponde a cerca de 21% dos gases da atmosfera terrestre e pode ser encontrado livre no ar, dissolvido na água ou em associação com outros elementos químicos.



JAN HINSCH/SPL/FOTOARENA

Micrografia de diatomáceas em microscópio óptico. Aumento aproximado: 65 vezes. Cores artificiais. Essas algas compõem o fitoplâncton, principal responsável pela realização da fotossíntese no ambiente aquático.

ALEXANDRE DE SOUZA

Os átomos de oxigênio livres podem se ligar a moléculas de gás oxigênio originando o gás ozônio (O_3), o qual forma a camada de ozônio. A radiação ultravioleta também pode provocar a decomposição do gás ozônio, resultando em oxigênio livre e gás oxigênio.

O gás oxigênio atua como comburente em reações de combustão, ou seja, de queima de materiais, liberando energia nas formas de luz e calor. Algumas combustões ocorrem naturalmente, como as queimadas em determinadas épocas do ano no Cerrado, devido, por exemplo, a descargas elétricas na vegetação seca.

A liberação do gás oxigênio para a atmosfera é realizada, principalmente, pela fotossíntese que ocorre tanto nos ambientes aquáticos como nos terrestres.

A respiração aeróbica realizada por seres vivos, como animais, plantas, fungos, bactérias e protozoários, tanto nos ambientes terrestres como nos aquáticos, utiliza o O_2 no processo de quebra das moléculas orgânicas, liberando energia para as atividades celulares.

O gás oxigênio pode se difundir da atmosfera para a água, e vice-versa.

Alguns seres vivos decompositores utilizam o gás oxigênio para a decomposição da matéria orgânica.

Representação do ciclo biogeoquímico do oxigênio. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

MODELO

Ciclo biogeoquímico do nitrogênio

O nitrogênio (N) é essencial aos seres vivos, pois compõe diversas de suas moléculas, como os ácidos nucleicos (DNA e RNA), as proteínas e a clorofila.

O nitrogênio é encontrado principalmente na forma de gás nitrogênio (N_2), composto químico mais abundante da atmosfera terrestre, o qual corresponde a cerca de 78% do volume total. Apesar de abundante, esse gás não pode ser absorvido diretamente pela maioria dos seres vivos. Assim, a assimilação do nitrogênio requer a participação de outros seres vivos, em processos que envolvem uma série de reações químicas, as quais podem ocorrer de modo natural ou artificial.

A fixação natural do gás nitrogênio pode ocorrer por meio de reações fotoquímicas, ou seja, induzidas pela luz. As descargas elétricas dos relâmpagos, por exemplo, convertem o vapor de água e o gás oxigênio em partículas altamente reativas: os átomos de hidrogênio (H) e oxigênio livres. Essas partículas reagem com o gás nitrogênio da atmosfera e formam o ácido nítrico (HNO_3), que atinge a superfície terrestre por meio das chuvas.

As plantas desempenham papel fundamental no ciclo do nitrogênio e na disponibilização desse elemento químico para os animais, pois, ao assimilarem o nitrogênio do ambiente, este pode ser transferido aos demais seres vivos por meio das cadeias alimentares.

A decomposição da matéria orgânica por microrganismos forma compostos inorgânicos mais simples, como a amônia (NH_3), pelo processo de **amonificação**. As excretas nitrogenadas dos animais também sofrem a ação de microrganismos. Em ambas as situações, as substâncias formadas podem ser absorvidas por outros seres vivos ou ainda transformadas em N_2 pelo processo de **denitrificação**.

MODERNA

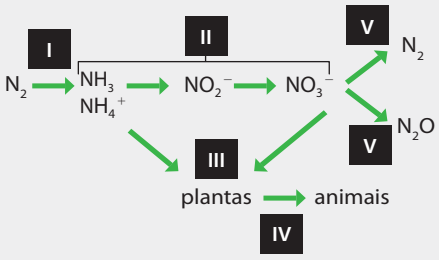
A fixação biológica do gás nitrogênio pode ser realizada por alguns organismos procariontes fixadores desse elemento químico e existentes no solo, na água ou em raízes.

Inicialmente, o N_2 é transformado em amônia pela ação da enzima nitrogenase (**I**), presente em bactérias dos gêneros *Rhizobium, Azobacter* e algumas cianobactérias.

A amônia reage com um H^+ da solução do solo, formando íons amônio (NH_4^+). A amônia e os íons amônio são transformados em nitrito (NO_2^-), por bactérias do gênero *Nitrosomonas*, e este, em nitrato (NO_3^-), por bactérias *Nitrobacter*, em um processo chamado **nitrificação** (**II**).

Tanto NH_4^+ quanto NO_3^- podem ser absorvidos pelas plantas (**III**). Após ser absorvido por esses seres vivos, o nitrogênio pode ser transferido aos animais por meio da cadeia alimentar (**IV**).

O elemento químico nitrogênio fixado pelos microrganismos pode ser liberado novamente para a atmosfera terrestre na forma de gás nitrogênio ou óxido nitroso (N_2O), por ação das bactérias *Pseudomonas denitrificans*, em um processo chamado **denitrificação** (**V**).



ALEXANDRE DE SOUZA

Representação do ciclo biogeoquímico do nitrogênio. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

A maioria dos microrganismos envolvidos na fixação do nitrogênio é de vida livre. No entanto, algumas espécies podem desenvolver simbiose com determinadas plantas, como as leguminosas. Essa associação resulta na formação de **nódulos**, que são estruturas esféricas localizadas principalmente nas raízes e onde se concentram as bactérias fixadoras. Os organismos envolvidos na simbiose podem viver separadamente, associando-se apenas quando a concentração do elemento químico nitrogênio no solo está muito reduzida.

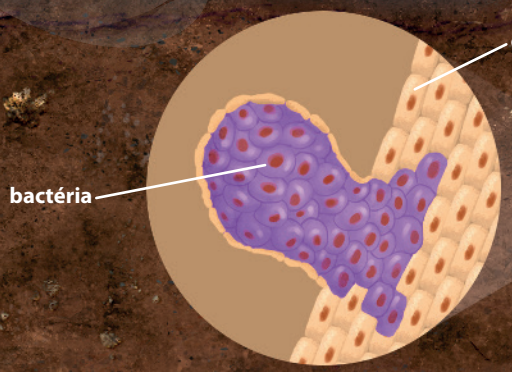


Ilustração produzida com base em: MILLER, G. T. *Ciência ambiental*. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 60.

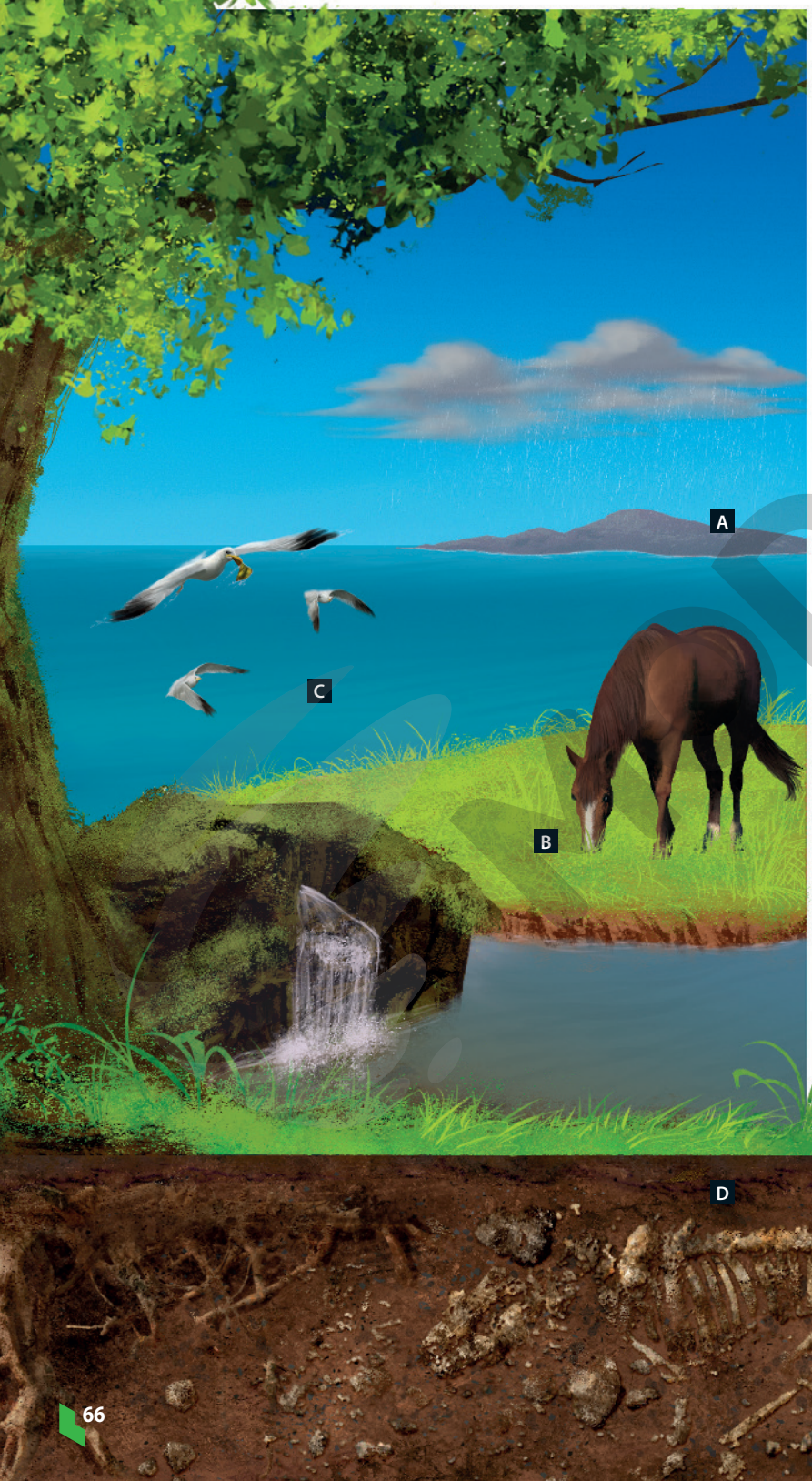
PROIBIDA

Ciclo biogeoquímico do fósforo

Ilustração produzida com base em:
MILLER, G. T. *Ciência ambiental*. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 61.

O fósforo (P) também é um exemplo de elemento químico essencial aos seres vivos, constituindo as membranas celulares, os ácidos nucleicos e as moléculas energéticas, denominadas adenosina trifosfato (ATP).

O ciclo do fósforo também envolve organismos autótrofos, como as plantas, as quais absorvem esse elemento químico do solo e o transferem aos demais seres vivos por meio das cadeias alimentares. Esse ciclo é considerado bastante lento, quando comparado aos demais ciclos estudados anteriormente.



ALEXANDRE DE SOUZA

A O fósforo é encontrado, principalmente, em rochas e no fundo dos oceanos, na forma de íons fosfato (PO_4^{3-}). À medida que essas rochas sofrem intemperismo, por ação dos raios solares, vento e chuva, o fósforo é lentamente removido e deslocado, podendo se depositar no solo ou em rios, lagos e córregos. Ao atingir os oceanos, o fósforo pode se depositar e se sedimentar nesse ambiente.

B A quantidade de fósforo no solo é baixa, estando, portanto, pouco disponível para as plantas. Quando disponível, as raízes das plantas absorvem do solo esse elemento químico, junto à água, incorporando-os. Por meio das cadeias alimentares o fósforo presente nas plantas é transferido aos consumidores.

C Por se alimentarem de animais marinhos, as aves marinhas liberam grande quantidade de fósforo, além do nitrogênio, em suas fezes (guano), geralmente depositadas nos continentes. Desse modo, tais excretas são consideradas um importante elo entre o fósforo presente nos oceanos e o ambiente terrestre.

D A decomposição da matéria orgânica por microrganismos libera o fósforo novamente no ambiente.

Representação do ciclo biogeoquímico do fósforo. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

Ciclo biogeoquímico do enxofre

O enxofre (S) participa da constituição de alguns aminoácidos e proteínas, sendo importante para a constituição e funcionamento adequados dos organismos. O enxofre presente na Terra está armazenado, principalmente, no subsolo, nas rochas e minerais, podendo também ser encontrado no ar atmosférico.

Ilustração produzida com base em: MILLER, G. T. *Ciência ambiental*. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 63.

A Algumas algas produzem dimetil sulfeto (C_2H_6S). Esse composto serve de núcleo de condensação para a formação das nuvens. Nesse processo, gotículas de água presentes na atmosfera começam a se unir, dando origem às nuvens, nas quais as moléculas se tornam cada vez maiores até precipitarem como chuva. Na atmosfera, o dimetil sulfeto é convertido em dióxido de enxofre, o qual também pode ser convertido em gotículas de ácido sulfúrico, por exemplo, que atingem a superfície terrestre como chuva ácida.

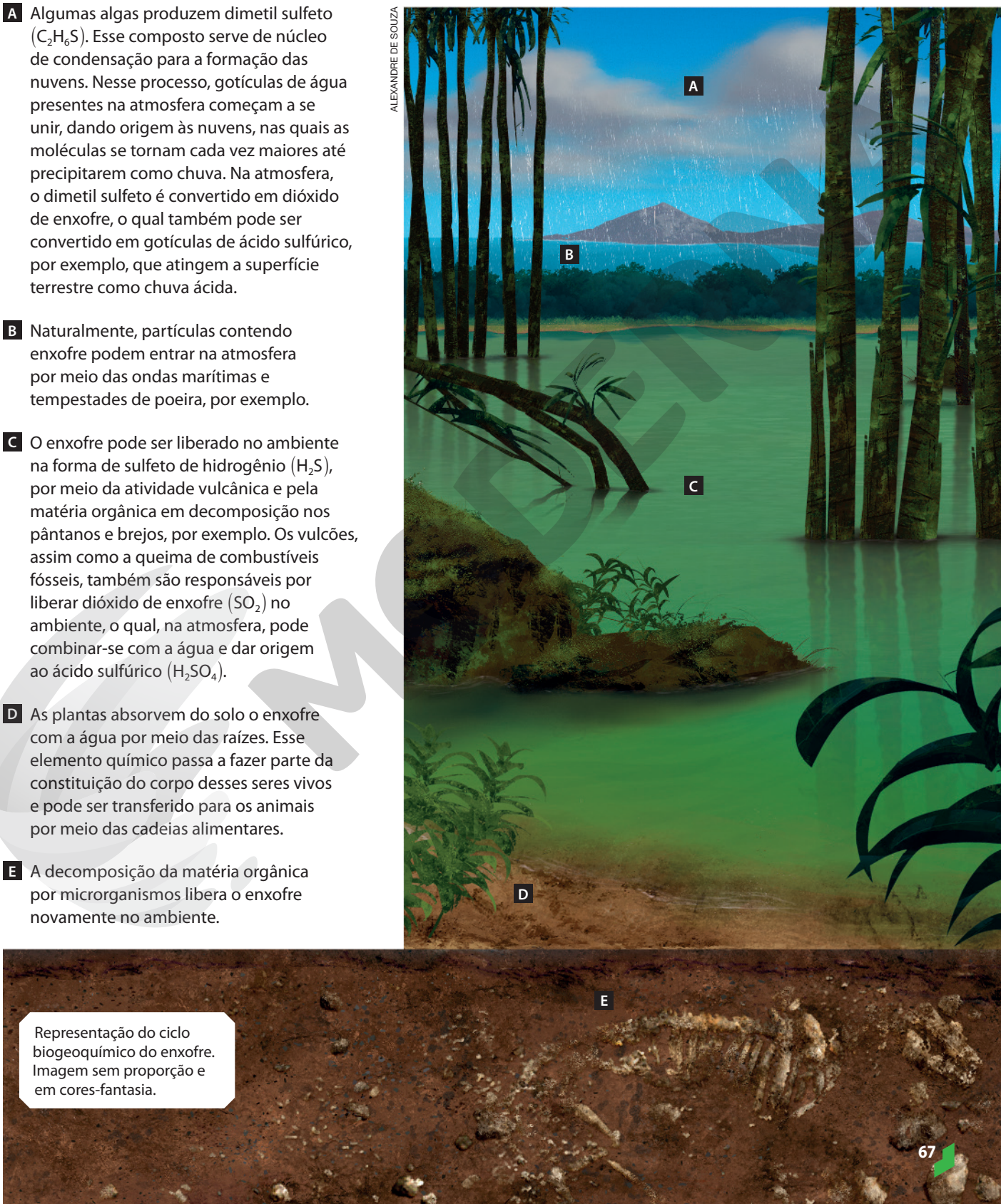
B Naturalmente, partículas contendo enxofre podem entrar na atmosfera por meio das ondas marítimas e tempestades de poeira, por exemplo.

C O enxofre pode ser liberado no ambiente na forma de sulfeto de hidrogênio (H_2S), por meio da atividade vulcânica e pela matéria orgânica em decomposição nos pântanos e brejos, por exemplo. Os vulcões, assim como a queima de combustíveis fósseis, também são responsáveis por liberar dióxido de enxofre (SO_2) no ambiente, o qual, na atmosfera, pode combinar-se com a água e dar origem ao ácido sulfúrico (H_2SO_4).

D As plantas absorvem do solo o enxofre com a água por meio das raízes. Esse elemento químico passa a fazer parte da constituição do corpo desses seres vivos e pode ser transferido para os animais por meio das cadeias alimentares.

E A decomposição da matéria orgânica por microrganismos libera o enxofre novamente no ambiente.

ALEXANDRE DE SOUZA



Representação do ciclo biogeoquímico do enxofre. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

1. Em sua opinião, as atividades humanas podem interferir nos ciclos biogeoquímicos? Em caso afirmativo, de que maneira?

O ser humano e os ciclos biogeoquímicos

Como você estudou anteriormente, os elementos químicos circulam nos ambientes naturalmente. Apesar de o ser humano fazer parte do ciclo de diversos desses elementos químicos, algumas de suas atividades podem interferir negativamente neles, alterando suas concentrações e disponibilidade nos ambientes. Vamos conhecer a seguir algumas atividades humanas que interferem nos ciclos biogeoquímicos.

1. O objetivo desta questão é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito do assunto. Anote as principais informações na lousa e as retome em momento oportuno. Promova uma conversa entre os estudantes de modo que eles exponham suas opiniões e conhecimentos prévios.

A remoção da vegetação, por meio do desmatamento e das queimadas, reduz a absorção e a fixação de carbono pela fotossíntese, bem como prejudica a manutenção de fósforo no solo. Além disso, a queima da vegetação aumenta a quantidade de CO_2 emitido para a atmosfera, e a combustão desses materiais consome gás oxigênio, cuja produção também reduz por causa da remoção da vegetação.

A aragem do solo na agricultura intensifica o processo de decomposição pelos microrganismos, pois favorece a entrada de O_2 no solo, fazendo o carbono do solo retornar para a atmosfera na forma de CO_2, por causa da decomposição.

A aplicação de fertilizantes adiciona elevadas quantidades de nitrogênio e de fósforo no solo. Apesar de serem essenciais para os seres vivos, seu excesso no solo pode prejudicar o desenvolvimento das plantas ou interferir em sua fixação e absorção.

A queima de combustíveis fósseis injeta grande quantidade de carbono na atmosfera terrestre, por meio da emissão do monóxido de carbono (CO) e do dióxido de carbono. Além destes, tal queima emite outros gases, como o dióxido de enxofre e o óxido nítrico (NO).

A queima de combustíveis fósseis a altas temperaturas, como ocorre nas termelétricas, libera no ambiente óxido nítrico, além de outros gases relacionados à queima desse tipo de combustível, como o monóxido de carbono e o dióxido de carbono. Na atmosfera, o NO pode se converter em dióxido de nitrogênio (NO_2) e em ácido nítrico, os quais podem precipitar na forma de chuva ácida. Essa chuva pode alterar o pH de ambientes aquáticos, prejudicando os seres que vivem nele, e pode danificar plantas e construções humanas.

A mineração, como aquela de extração de rochas para a obtenção de fósforo, interfere diretamente na disponibilidade desse elemento químico no ambiente. Além disso, os processos para obter metais das rochas, como o cobre, liberam gases na atmosfera, como o dióxido de enxofre.

Os compostos contendo nitrogênio e fósforo aplicados nas plantações podem escoar na superfície e atingir corpos d'água, contaminando-os. Além disso, o despejo inadequado de esgoto nos ambientes aquáticos adiciona grande quantidade de fósforo e nitrogênio neles.

O aumento dos rebanhos pela pecuária intensifica a liberação de metano na atmosfera terrestre e de nitrogênio, tendo em vista que as excretas nitrogenadas dos animais também sofrem a ação de microrganismos.

Representação de um ambiente com diversas atividades antrópicas que interferem nos ciclos biogeoquímicos. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

RIVALDO BARBOZA

CÓPIA

2. O saneamento básico inclui serviços que, de maneira geral, visam prevenir doenças, promover a saúde humana e melhorar a qualidade de vida. Entre esses serviços, temos o abastecimento de água tratada, a rede de esgoto sanitário, a drenagem urbana, a coleta e o tratamento de resíduos sólidos e o manejo das águas pluviais.

A interferência das atividades humanas na ciclagem da matéria no ambiente não interfere apenas diretamente nesses ciclos, mas também causa outros efeitos, tanto no ambiente como nos seres vivos. Entre esses efeitos estão a poluição do ar, da água e do solo e os prejuízos diretos e indiretos dos seres vivos que vivem e dependem desses ambientes, inclusive o próprio ser humano.

Por exemplo, o aumento da concentração de nutrientes nos ambientes aquáticos, como nitrogênio e fósforo, tem provocado a eutrofização desses ambientes. Esse processo se caracteriza pelo aumento na quantidade de seres vivos autotróficos no meio, como as algas. Ao morrerem, sua decomposição por microrganismos consome o gás oxigênio do meio, prejudicando os demais seres vivos aquáticos e toda a cadeia alimentar local.

Embora esse processo possa ocorrer naturalmente, o aporte excessivo de nutrientes pelas atividades humanas são a principal causa de eutrofização. Esse é apenas um dos inúmeros efeitos que a interferência humana nos ciclos biogeoquímicos pode causar aos ambientes e aos seres vivos. Contudo, o ser humano pode interferir nesses ciclos em diferentes níveis e de diferentes maneiras, mas, também, há muitas formas de reduzir essa interferência humana.

Adubação verde com crotalária (*Crotalaria* sp.) no município de Primavera do Leste, Mato Groso (2018). Graças ao seu crescimento rápido, leguminosas desse gênero são amplamente utilizadas para esse fim. Os integrantes desse gênero podem atingir aproximadamente 3 m de altura.

FABIO COLOMBINI

Para combater o excesso de aporte de nutrientes nos ambientes aquáticos, é possível reduzir a aplicação de fertilizantes na agricultura por meio da adubação verde, por exemplo. Esse tipo de adubação consiste no uso de plantas leguminosas para manter os níveis adequados de nutrientes no solo, como nitrogênio. Nesse caso, as plantas leguminosas, em cujas raízes geralmente são encontradas associações com microrganismos fixadores de nitrogênio, são depositadas sobre o solo, antes do plantio. A decomposição dessas plantas devolve ao solo o nitrogênio fixado, evitando o uso de produtos químicos.

Além da adubação verde, é possível reduzir o uso de fertilizantes por meio da rotação de culturas, a fim de manter a qualidade do solo. Nesse processo, intercala-se o tipo de cultura a cada plantio, alterando, assim, as exigências nutricionais sem exaurir determinados nutrientes do solo.

A redução do aporte de nutrientes nos ambientes aquáticos também pode ser feita com a ampliação da rede de saneamento básico, evitando, assim, o descarte inadequado de esgoto não tratado nesses ambientes.

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

2. Quais serviços estão incluídos no saneamento básico?

3. Que outros prejuízos, além da eutrofização, podem ser relacionados ao descarte inadequado de esgoto não tratado no ambiente?

O esgoto, além de adicionar nutrientes à água, contém substâncias tóxicas e agentes causadores de doenças. Dessa forma, pode prejudicar diretamente os seres vivos aquáticos ou prejudicar a saúde humana com doenças de veiculação hídrica.

FABIO COLOMBINI

Lagoa eutrofizada no município de Jardim do Seridó, Rio Grande do Norte (2014). Além da coloração geralmente esverdeada, a decomposição excessiva nesses ambientes provoca mau cheiro.

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Resposta da questão **1** no **Suplemento para o professor**.

1. Sobre os ciclos biogeoquímicos, reescreva as frases a seguir, substituindo as letras (**A** a **M**) pelos termos corretos apresentados no quadro abaixo.

gás ozônio	autótrofos	evaporação
aeróbicos	transpiração	denitrificação
nitrificação	respiração	gás carbônico
fotossíntese	nitrogênio atmosférico	
radiação ultravioleta	fixação biológica	

a) No ciclo hidrológico, o vapor de água que atinge as camadas superiores da atmosfera provém da **A** de parte da água dos rios, lagos, lagoas e oceanos, e da **B** e **C** dos seres vivos.

b) O carbono é retirado do ambiente por organismos **D** que, por meio da **E**, produzem os carboidratos, utilizados como fonte de energia por seres vivos heterótrofos. A disponibilização da energia dos carboidratos às células resulta na formação de **F**, o qual é liberado no ambiente, podendo ser novamente assimilado pelos organismos autótrofos.

c) O processo de **G** do nitrogênio é realizado por bactérias específicas, que convertem o **H** em compostos assimiláveis pelos seres vivos por meio da **I**. O nitrogênio fixado nos seres vivos retorna ao ambiente pela **J**, processo que converte o nitrogênio orgânico em nitrogênio atmosférico.

d) O gás oxigênio pode ser absorvido da atmosfera e utilizado em processos **K**, como a respiração celular. Além disso, esse gás pode se apresentar na forma de **L**, desempenhando importante papel na absorção da **M**.

2. **(Enem)** O alemão Fritz Haber recebeu o Prêmio Nobel de química de 1918 pelo desenvolvimento de um processo viável para a síntese da amônia (NH_3). Em seu discurso de premiação, Haber justificou a importância do feito dizendo que:

"Desde a metade do século passado, tornou-se conhecido que um suprimento de nitrogênio é uma necessidade básica para o aumento das safras de alimentos; entretanto, também se sabia que as plantas não podem absorver o nitrogênio em sua forma simples, que é o principal constituinte da atmosfera. Elas precisam que o nitrogênio seja combinado [...] para poderem assimilá-lo.

Economias agrícolas basicamente mantêm o balanço do nitrogênio ligado. No entanto, com o advento da era industrial, os produtos do solo são levados de onde cresce a colheita para lugares distantes, onde são consumidos, fazendo com que o nitrogênio ligado não retorne à terra da qual foi retirado.

Isso tem gerado a necessidade econômica mundial de abastecer o solo com nitrogênio ligado. [...] A demanda por nitrogênio, tal como a do carvão, indica quão diferente nosso modo de vida se tornou com relação ao das pessoas que, com seus próprios corpos, fertilizam o solo que cultivam.

Desde a metade do último século, nós vínhamos aproveitando o suprimento de nitrogênio do salitre que a natureza tinha depositado nos desertos montanhosos do Chile. Comparando o rápido crescimento da demanda com a extensão calculada desses depósitos, ficou claro que em meados do século atual uma emergência seríssima seria inevitável, a menos que a química encontrasse uma saída."

HABER, F. **The Synthesis of Ammonia from its Elements**. Disponível em: <https://www.nobelprize.org>. Acesso em: 13 jul. 2013 (adaptado).

De acordo com os argumentos de Haber, qual fenômeno teria provocado o desequilíbrio no "balanço do nitrogênio ligado"?

a) O esgotamento das reservas de salitre no Chile.

b) O aumento da exploração de carvão vegetal e carvão mineral.

c) A redução da fertilidade do solo nas economias agrícolas.

d) A intensificação no fluxo de pessoas do campo para as cidades.

e) A necessidade das plantas de absorverem sais de nitrogênio disponíveis no solo.

Alternativa **d**.

3. **(UFG-GO)** Os ciclos biogeoquímicos ocorrem no planeta envolvendo processos orgânicos e inorgânicos. Entre esses ciclos, cita-se o do carbono e o do oxigênio. Os processos químicos comuns a esses dois ciclos são:

a) respiração e fotossíntese.

b) respiração e nitrificação.

c) fotossíntese e evaporação.

d) carbonatação e evaporação.

e) fotossíntese e desnitrificação.

Alternativa **a**.

4. **(UFF-RJ)** Uma grande indústria siderúrgica, para evitar o desmatamento indiscriminado, mudou o combustível de seus altos-fornos, substituindo carvão vegetal por carvão mineral. Após algum tempo ocorreram alterações ecológicas graves em um lago próximo, observando-se, até mesmo, a morte de peixes.

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

MODERNA

Respostas das questões **5** e **6** no **Suplemento para o professor**.

Tais ocorrências observadas são consequência:

a) da diminuição de resíduos orgânicos na água do lago, o que acarreta menor demanda bioquímica de oxigênio (DBO);

b) do aquecimento da água do lago promovido pela maior formação de dióxido de carbono na combustão (efeito estufa);

c) da formação de ácido clorídrico na água do lago a partir de produtos liberados na combustão, levando à diminuição do pH;

d) do acúmulo, na água do lago, de elementos minerais derivados do combustível utilizado, tais como, selênio e chumbo;

e) da formação de ácido sulfúrico na água do lago a partir de óxidos de enxofre liberados na combustão.

Alternativa **e**.

5. Leia o texto abaixo.

O nitrogênio é o elemento que constitui cerca de 78% do ar atmosférico. Contudo, mesmo com essa superabundância, a falta de nitrogênio é um dos mais importantes limitantes da produtividade na grande maioria dos ecossistemas terrestres e marinhos. Em todos os tecidos vivos, o nitrogênio é parte integrante e indispensável de todas as enzimas e demais proteínas e da molécula que define a vida, o DNA.

ADUAN, R. E.; VILELA, M. de F.; JÚNIOR, F. B. dos R. Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta. *Embrapa*, Planaltina, jun. 2004. p. 16. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/26730/1/doc_119.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2020.

a) Por que, embora disponível em grande quantidade na atmosfera terrestre, o nitrogênio é considerado um nutriente pouco disponível às plantas e aos demais seres vivos?

b) Por que o texto se refere ao nitrogênio como o limitante da produtividade em ecossistemas?

c) Quais são os processos naturais de disponibilização do nitrogênio aos seres vivos, como as plantas?

d) De que maneira o nitrogênio fixado na matéria orgânica é devolvido ao ambiente?

6. Leia os recursos a seguir e responda às questões.

Índios promovem ação de reflorestamento na aldeia Pau Brasil.

SECULODIÁRIO.COM. Índios promovem ação de reflorestamento na aldeia Pau Brasil. *Terras Indígenas no Brasil*, 16 nov. 2007. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/noticia/50868>. Acesso em: 5 jun. 2020.

No ano de 2007, uma área de cerca de 11 mil hectares, antes utilizada para plantio de eucaliptos, passou a ser considerada terra indígena. Após essa posse, os indígenas promoveram ações visando recuperar a área degradada, por meio de medidas como o reflorestamento.

DELFIM MARTINS/PULSAR IMAGENS

Vista aérea da terra indígena Pau Brasil da etnia Tupiniquim, no município de Aracruz, Espírito Santo (2019). Nesta imagem é possível observar parte da área reflorestada e de mata nativa.

a) A atitude dos indígenas tupiniquins pode ser considerada uma medida que ajuda a reduzir as interferências humanas nos ciclos biogeoquímicos? Em caso afirmativo, justifique sua resposta.

b) O reflorestamento na terra indígena foi feito com espécies nativas de plantas. Qual é a importância de as espécies serem nativas?

c) Qual é a importância ambiental e cultural da recuperação da área citada?

d) É possível adotarmos medidas semelhantes à dos indígenas em nosso dia a dia? Em caso afirmativo, de que maneira?

Terra indígena: porção do território nacional habitada por um ou mais povos indígenas, sendo utilizada por eles de modo sustentável, de acordo com seus costumes e tradições. É um tipo específico de posse e cuja propriedade é da União.

7. **(Enem)** O ciclo biogeoquímico do carbono compreende diversos compartimentos, entre os quais a Terra, a atmosfera e os oceanos, e diversos processos que permitem a transferência de compostos entre esses reservatórios. Os estoques de carbono armazenados na forma de recursos não renováveis, por exemplo, o petróleo, são limitados, sendo de grande relevância que se perceba a importância da substituição de combustíveis fósseis por combustíveis de fontes renováveis. A utilização de combustíveis fósseis interfere no ciclo do carbono, pois provoca

a) aumento da porcentagem de carbono contido na Terra.

b) redução na taxa de fotossíntese dos vegetais superiores.

c) aumento da produção de carboidratos de origem vegetal.

d) aumento na quantidade de carbono presente na atmosfera.

e) redução da quantidade global de carbono armazenado nos oceanos.

Alternativa **d**.

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

CAPÍTULO 2

Quantidade de matéria

Cálculo estequiométrico

GREEN ART/SHUTTERSTOCK

Bolo sendo preparado, com seus ingredientes sobre a mesa.

Quando preparamos algum alimento, como um bolo, geralmente seguimos uma receita que apresenta as quantidades necessárias dos ingredientes para que seja preparada uma determinada quantidade de porções.

1. O que aconteceria se dobrássemos as quantidades de ingredientes?
Espera-se que os estudantes respondam que dobraríamos a quantidade de porções de bolo pronto.
2. O que aconteceria se fizéssemos o bolo apenas com a metade da quantidade de farinha indicada na receita? Espera-se que os estudantes respondam que o resultado do bolo não ficaria conforme a receita original.

Nas reações químicas ocorre algo semelhante, pois as substâncias reagem e dão origem a produtos seguindo determinadas proporções. Para investigar como isso ocorre, vamos tomar como exemplo a fotossíntese, que é um dos processos relacionados ao ciclo do carbono, estudado no capítulo anterior. É por meio dessa reação que o carbono (C), presente na atmosfera em forma de dióxido de carbono (CO_2), é absorvido novamente para participar da constituição dos seres vivos.

Vamos retomar a reação geral da fotossíntese:

$$6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6(aq) + 6\ O_2(g)$$

Analisando a equação química, podemos notar que, para produzir uma molécula de glicose $(C_6H_{12}O_6)$ por meio da fotossíntese, são necessárias seis moléculas de dióxido de carbono e seis moléculas de água (H_2O). Nessa reação ainda são produzidas seis moléculas de gás oxigênio (O_2).

Além de obter energia da glicose, as plantas usam esse carbono absorvido para produzir outras moléculas, como carboidratos mais complexos (celulose, por exemplo), aminoácidos e proteínas.

A celulose $(C_6H_{10}O_5)_n$ é um carboidrato formado pela união de centenas ou milhares de moléculas de glicose, que se ligam umas às outras.

Mas quantas moléculas de dióxido de carbono absorvidas durante a fotossíntese são necessárias para produzir uma molécula de celulose? Sabe-se que o processo de fotossíntese segue a seguinte proporção:

6 moléculas de dióxido de carbono ⟶ 1 molécula de glicose

Como cada molécula de celulose é composta de 200 moléculas de glicose, temos:

6 moléculas de CO_2 ——— 1 molécula de $C_6H_{12}O_6$
x ——— 200 moléculas de $C_6H_{12}O_6$
$x = 1\,200$ moléculas de CO_2

Essa proporção vale para qualquer quantidade de moléculas de celulose. Basta multiplicar o número de moléculas de celulose por 1 200 para obter a quantidade necessária de moléculas de dióxido de carbono.

Em Química, os cálculos proporcionais entre os reagentes e os produtos de uma reação química são chamados **cálculos estequiométricos**.

3. A celulose é usada para fabricar um produto muito comum. Qual é esse produto? Comente com os colegas.
Espera-se que os estudantes citem, entre outros exemplos, o papel.

MODERNA

Ao realizar os cálculos estequiométricos, considera-se que a proporção entre reagentes e produtos em uma reação química é dada em mol.

A quantidade de componentes cuja massa pode ser medida com uma balança está associada ao conceito de mol.

Mol é a quantidade de matéria de um sistema que apresenta número de unidades elementares igual ao número de átomos contidos em 12 g de carbono-12 (C-12). No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida da grandeza denominada quantidade de matéria é o mol.

Diga aos estudantes que experimentos comprovam que a quantidade de unidades elementares de matéria, envolvendo a massa de 1 mol de qualquer substância, chegam a um valor numérico próximo de 602 000 000 000 000 000 000 000 unidades da respectiva substância, ou seja, $6{,}02 \cdot 10^{23}$ unidades.

Balanceamento das reações químicas

Nas reações químicas, novas substâncias são formadas (produtos) a partir do rearranjo dos átomos dos reagentes. Dessa forma, antes e depois da reação química, a quantidade de átomos de cada elemento químico permanece constante.

As equações químicas, que representam o que acontece nas reações químicas, devem mostrar que houve a conservação dos átomos de todos os elementos químicos, assim como a conservação das massas, como estudamos no Capítulo **5** da Unidade **1**.

Vamos considerar a formação da água a partir dos gases hidrogênio (H_2) e oxigênio (O_2).

$$H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$$

Do lado dos reagentes, existem dois átomos de hidrogênio (H) e dois átomos de oxigênio (O). Do lado dos produtos, também existem dois átomos de hidrogênio, mas há apenas um átomo de oxigênio. Dessa forma, não ocorre a conservação do número de átomos e, portanto, das massas.

Para que a massa de oxigênio seja conservada, são necessários dois átomos de oxigênio do lado dos produtos. Para fazer esse acerto, consideraremos a formação de duas moléculas de água na reação. Isso é feito acrescentando o número dois na frente da fórmula da água:

$$H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(l)$$

No entanto, surge agora um novo problema. A massa de hidrogênio não se conserva mais, pois há dois átomos de hidrogênio no reagente e quatro átomos de hidrogênio no produto. Faremos um acerto semelhante ao que fizemos com o oxigênio, acrescentando o número dois na frente da fórmula do gás hidrogênio:

$$2\,H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(l)$$

Agora, as massas e as quantidades de átomos se conservam. Temos quatro átomos de hidrogênio e dois átomos de oxigênio tanto nos reagentes como nos produtos. Dizemos que essa reação está **balanceada**. Os números que inserimos na frente das fórmulas para balancear a reação são chamados **coeficientes**.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

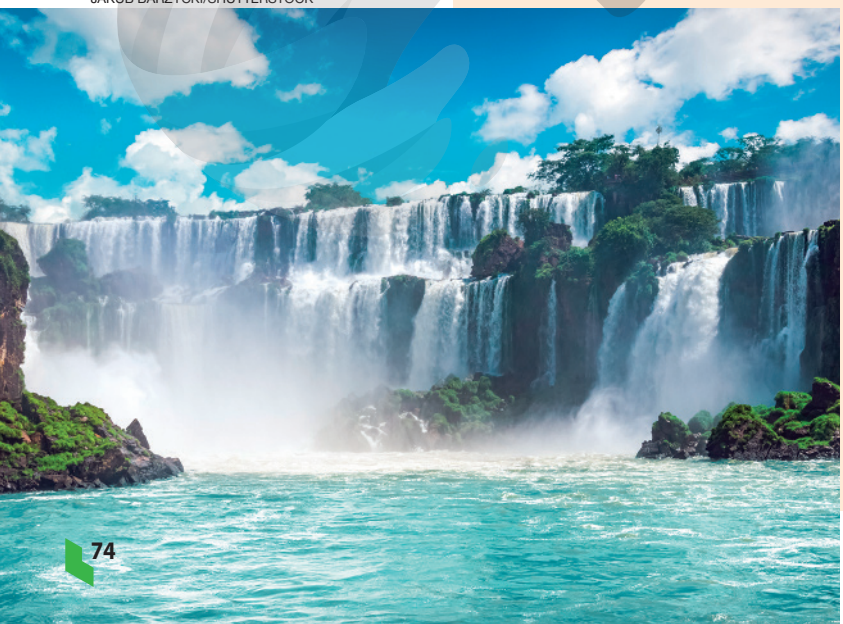
Trocando ideias

Registre em seu caderno.

Embora a água seja um recurso abundante na Terra, a maior parte (cerca de 97%) é salgada, inadequada para o consumo humano. Além disso, dos 3% de água doce, cerca de 2,34% encontra-se em geleiras e o restante, para ser utilizada, precisa passar por tratamento. Ou seja, a água adequada para consumo é escassa.

- Pesquise e converse com um colega se é possível e viável produzir água a partir da reação mostrada acima. Conversem também sobre o que podemos fazer em nosso cotidiano para utilizar a água de forma consciente, evitando o desperdício.

JAKUB BARZYCKI/SHUTTERSTOCK



Cataratas do Iguaçu no município de Foz do Iguaçu, Paraná (2018).

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

Este método para balancear as reações é conhecido como método das tentativas. Ele pode ser usado para muitas reações, algumas delas bastante complexas.

4. Agora, com a ajuda do professor, aplique esse método para balancear a reação global da fotossíntese: Resposta no **Suplemento para o professor**.

$$CO_2(g) + H_2O(l) \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6(aq) + O_2(g)$$

Ao usar esse método, inicie o balanceamento escolhendo o elemento químico que apareça menos vezes nos reagentes e nos produtos.

Relação entre massas

Os cálculos estequiométricos são muito utilizados para resolver problemas reais nas indústrias químicas. Para produzir um material, é necessário conhecer a proporção entre as suas matérias-primas (reagentes) e a quantidade de cada uma delas para obter a quantidade desejada do material (produto).

Como vimos, uma reação balanceada nos fornece a proporção, em mol, entre os reagentes e os produtos. Mas como podemos obter essas proporções em unidades de massa? Afinal de contas, não existem balanças que nos mostrem quantidades em mol. Para responder a essa pergunta, vamos conhecer o conceito de massa molar.

Massa molar

Para compreender a massa molar, é necessário retomar os conceitos de massa atômica e de massa molecular. A massa atômica é a massa de um átomo medida em unidades (u). Cada unidade equivale a 1/12 da massa de um átomo de carbono-12. As massas atômicas podem ser obtidas consultando a tabela periódica.

A massa molecular é a massa de uma molécula em unidades (u). Para obter a massa molecular, basta somar a massa dos átomos que constituem a substância.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R1 Calcule a massa molecular do dióxido de carbono.

Resolução

Consultando a tabela periódica, obtemos a massa do carbono, 12 u, e a massa do oxigênio, 16 u. Para o CO_2, a massa molecular pode ser obtida por:

$$(1 \cdot 12\,u) + (2 \cdot 16\,u) = 44\,u$$

Portanto, a massa molecular do CO_2 é de 44 u.

Mas como é possível calcular a massa de uma substância em uma unidade que possa ser medida em uma balança, como gramas?

Por definição, 1 mol de moléculas de CO_2 equivale a $6{,}02 \cdot 10^{23}$ moléculas de CO_2. A massa contida em 1 mol de unidades elementares de uma substância é chamada **massa molar** (*M*). Ela apresenta o mesmo valor em g/mol, que corresponde a uma unidade elementar da própria substância, em u.

Portanto, a massa molar do CO_2 é de 44 g/mol.

A unidade de medida da massa molar é g/mol. No entanto, para calcular a massa molar, utiliza-se os valores de massa atômica obtidos na tabela periódica, em u.

Cálculo das massas em uma reação química

Na reação global da fotossíntese, temos então a seguinte proporção em massas:

$$\underset{264\,g}{6\,CO_2(g)} + \underset{108\,g}{6\,H_2O(l)} \xrightarrow{luz} \underset{180\,g}{C_6H_{12}O_6(aq)} + \underset{192\,g}{6\,O_2(g)}$$

A ausência de coeficiente equivale ao coeficiente 1.

Para determinar a massa, em gramas, de uma substância que participa de uma reação química a partir da equação balanceada, a massa molar da substância deve ser multiplicada pelo seu coeficiente. Portanto, as massas molares do CO_2, H_2O e O_2 foram multiplicadas por seis.

Essa proporção das massas, que obedece à lei de Proust, não se altera. Utilizando esses valores podemos obter, por meio de cálculos proporcionais, as massas de reagentes e de produtos para qualquer situação desejada.

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

MODERNA

5. Converse com um colega sobre a importância da conservação da vegetação nos ambientes.

Espera-se que os estudantes comentem que a vegetação contribui nos ciclos biogeoquímicos, nos regimes de chuvas, além de fornecer abrigo e alimento a muitos animais e proteger o solo.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R2 Leia a manchete a seguir.

> **Cada árvore da Mata Atlântica chega a tirar 163 kg de gás carbônico da atmosfera**
>
> Cada árvore da Mata Atlântica chega a tirar 163 kg de gás carbônico da atmosfera. *SOS Mata Atlântica,* 15 fev. 2018. Notícias. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/noticias/cada-arvore-da-mata-atlantica-chega-a-retirar-163-kg-de-gas-carbonico-da-atmosfera/>. Acesso em: 4 jun. 2020.

VITOR MARIGO/SHUTTERSTOCK

Vista aérea da Mata Atlântica no município de Itatiaia, Rio de Janeiro (2019).

Considerando as informações da manchete, qual é a quantidade de gás oxigênio liberada na atmosfera por uma árvore da Mata Atlântica?

Resolução

Vamos utilizar a proporção entre as massas de CO_2 e O_2 na equação global da fotossíntese:

$$6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6(aq) + 6\,O_2(g)$$

$$264\text{ g} \qquad\qquad 192\text{ g}$$

Realizando o cálculo proporcional para a quantidade de 163 kg de CO_2, temos:

$$264\text{ g } CO_2 \text{ ——— } 192\text{ g } O_2$$
$$163\text{ kg } CO_2 \text{ ——— } x$$
$$x \simeq 118{,}5\text{ kg de } CO_2$$

Assim, são liberados aproximadamente 118,5 kg de gás oxigênio para a atmosfera.

Relação entre matéria e volume

O número $6{,}02 \cdot 10^{23}$, apresentado na página anterior, é conhecido como **constante de Avogadro** (N_A), em homenagem ao cientista italiano Amedeo Avogadro (1776-1856), que contribuiu para as bases teóricas do conceito de quantidade de matéria.

Segundo Avogadro, volumes iguais de diferentes gases, na mesma temperatura e pressão, apresentam mesma quantidade de moléculas $(6{,}02 \cdot 10^{23})$. Daí surgiu o conceito de volume molar.

GRANGER HISTORICAL PICTURE ARCHIVE/ ALAMY/FOTOARENA – COLEÇÃO EDGAR FAHS SMITH, PENSILVÂNIA, EUA

Amedeo Avogadro

Volume molar

Volume molar é o volume ocupado por um mol de partículas de um gás, ou seja, $6{,}02 \cdot 10^{23}$ partículas desse material, em uma dada temperatura *(T)* e pressão *(P)*.

Os volumes das substâncias gasosas variam de acordo com a pressão e a temperatura em que se encontram. Em experimentos químicos, é comum trabalharmos em Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP). Isto é, a temperatura normal é de 0 °C (ou 273,15 K), e a pressão normal equivale a 1 atm ou 101 325 Pa, que equivale à pressão ao nível do mar. O volume molar de um gás qualquer, nas CNTP, é aproximadamente igual a 22,4 L.

Da mesma forma, os cálculos estequiométricos são utilizados para calcular, por exemplo, a massa molar das substâncias, eles também permitem calcular os volumes para substâncias gasosas. Veja o exemplo na próxima página.

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

MODERNA

ATIVIDADE RESOLVIDA

R3 Considere a informação da manchete da atividade anterior, na qual uma árvore da Mata Atlântica absorve 163 kg de gás carbônico da atmosfera. Qual é o volume de gás oxigênio nas CNTP, em litros, liberado por essa árvore na atmosfera?

Resolução

Vamos utilizar a proporção entre a massa de CO_2 e o volume de O_2 nas CNTP na equação global da fotossíntese. Como ocorre com as massas molares, o volume molar do gás oxigênio deve ser multiplicado pelo seu coeficiente, ou seja:

$$6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6(aq) + 6\,O_2(g)$$

$$264\text{ g} \qquad\qquad 134{,}4\text{ L}$$

Agora, montaremos o cálculo proporcional para a quantidade de 163 kg de CO_2:

$$264\text{ g } CO_2 \text{ ———— } 134{,}4\text{ L } O_2$$
$$163\,000\text{ g } CO_2 \text{ ———— } x$$
$$x \simeq 82\,981{,}8\text{ L de } O_2$$

Assim, são liberados aproximadamente 82 981,8 L de gás oxigênio para a atmosfera. Note que, como o problema traz grandezas diferentes (massa e volume), as massas de CO_2 devem ser expressas na mesma unidade.

6. A reação de pirólise do carbonato de cálcio $(CaCO_3)$ produz óxido de cálcio (CaO) e dióxido de carbono. Esse processo, conhecido como calcinação, pode ser utilizado em escala industrial para a produção de cal. De acordo com essa reação química, determine o volume de dióxido de carbono, nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), produzido com a decomposição de 450 g de carbonato de cálcio.

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(g)$$

Resposta no **Suplemento para o professor**.

Fórmulas químicas

As fórmulas que utilizamos para representar as substâncias nas equações químicas, como CO_2, H_2O, $C_6H_{12}O_6$, são chamadas **fórmulas químicas.** Nelas estão indicadas as quantidades de átomos de cada elemento químico que constitui cada substância.

A **fórmula mínima** ou **fórmula empírica** fornece a proporção mínima, em números inteiros, dos átomos de cada elemento químico que constitui a substância. A fórmula mínima da glicose $(C_6H_{12}O_6)$ é CH_2O, e é obtida dividindo todos os índices da fórmula por 6. As fórmulas CO_2 e H_2O também são fórmulas mínimas, pois não é possível simplificar seus índices.

A **fórmula percentual** ou **centesimal** fornece a porcentagem (%), em massa, de cada elemento químico da substância. Veja como é obtida a fórmula percentual da glicose.

Primeiramente, a massa molar da glicose é calculada da seguinte forma:

Carbono: $6 \cdot 12\text{ g/mol} = 72\text{ g/mol}$

Hidrogênio: $12 \cdot 1\text{ g/mol} = 12\text{ g/mol}$

Oxigênio: $6 \cdot 16\text{ g/mol} = 96\text{ g/mol}$

Massa molar $(C_6H_{12}O_6) = 72\text{ g/mol} + 12\text{ g/mol} + 96\text{ g/mol} = 180\text{ g/mol}$

A porcentagem de cada elemento químico pode ser obtida por meio dos seguintes cálculos:

$$C: \frac{72}{180} \cdot 100\% = 40{,}0\% \qquad H: \frac{12}{180} \cdot 100\% \simeq 6{,}7\% \qquad O: \frac{96}{180} \cdot 100\% \simeq 53{,}3\%$$

Portanto, a fórmula percentual da glicose é $C_{40{,}0\%}\,H_{6{,}7\%}\,O_{53{,}3\%}$.

VINCZE SZABI/SHUTTERSTOCK

Limes do Império romano, localizado na Romênia, classificados pela Unesco como patrimônio mundial. O processo de obtenção do óxido de cálcio (cal virgem) pela pirólise do carbonato de cálcio já era conhecido na Roma antiga. Essa cal foi utilizada na construção dos limes, pequenas fronteiras do Império romano.

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. A equação química é a forma de descrever uma reação química, representando as proporções entre os átomos e as substâncias envolvidas. Faça o balanceamento das equações químicas a seguir.

a) $Mg(s) + HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(s) + H_2(g)$
$Mg(s) + 2\,HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(s) + H_2(g)$

b) $Fe_2O_3(s) + C(s) \longrightarrow Fe(s) + CO(g)$
$Fe_2O_3(s) + 3\,C(s) \longrightarrow 2\,Fe(s) + 3\,CO(g)$

c) $Al(s) + Cl_2(g) \longrightarrow AlCl_3(s)$
$2\,Al(s) + 3\,Cl_2(g) \longrightarrow 2\,AlCl_3(s)$

d) $SO_2(g) + NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_3(s) + H_2O(l)$
$SO_2(g) + 2\,NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_3(s) + H_2O(l)$

e) $N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow NO(g)$
$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,NO(g)$

2. Consultando a tabela periódica, determine a massa molar, em g/mol, dos compostos abaixo.

a) Sacarose $(C_{12}H_{22}O_{11})$. 342 g/mol

b) Sal de cozinha $(NaCl)$. 58,5 g/mol

c) Metano (CH_4). 16 g/mol

d) Sulfato de cálcio $(CaSO_4)$. 136 g/mol

3. O cloreto de potássio (KCl) pode ser utilizado como adubo químico. Um dos processos de obtenção desse sal ocorre por meio da reação de decomposição do clorato de potássio $(KClO_3)$, formando cloreto de potássio e gás oxigênio. Qual é a massa máxima de cloreto de potássio formada com a decomposição de 5 mol de clorato de potássio? Consulte os dados necessários na tabela periódica.
É formado no máximo 372,5 g de KCl.

4. Em 2018, o vulcão Kilauea entrou em erupção, espalhando cinzas e gases na atmosfera. Além disso, essa erupção destruiu cerca de 26 moradias ao seu redor.

ANA PHELPS/SHUTTERSTOCK

Vulcão Kilauea em erupção, no Havaí, Estados Unidos (2018).

O vulcão pode ser uma fonte natural de dióxido de enxofre (SO_2), um gás tóxico. Sobre esse composto, determine as propriedades solicitadas abaixo.

a) A massa molecular.

b) A massa molar.

c) Considere uma amostra contendo 256 g de dióxido de enxofre a 0 °C e 1 atm. Qual é a quantidade de matéria, em mols, da amostra?

d) Com os dados e as mesmas condições do item anterior, qual é o volume, em litros, dessa amostra?

5. **(Unicamp-SP)**

A adição de biodiesel ao diesel tradicional é uma medida voltada para a diminuição das emissões de gases poluentes. Segundo um estudo da FIPE, graças a um aumento no uso de biodiesel no Brasil, entre 2008 e 2011, evitou-se a emissão de 11 milhões de toneladas de CO_2 (gás carbônico).

Adaptado de Guilherme Profeta, "Da cozinha para o seu carro: cúrcuma utilizada como aditivo de biodiesel". *Cruzeiro do Sul*, 10 abr. 2018.

Dados de massas molares em g/mol: H = 1, C = 12, O = 16.

Considerando as informações dadas e levando em conta que o *diesel* pode ser caracterizado pela fórmula mínima (C_nH_{2n}), é correto afirmar que entre 2008 e 2011 o biodiesel substituiu aproximadamente

a) 3,5 milhões de toneladas de *diesel*.

b) 11 milhões de toneladas de *diesel*.

c) 22 milhões de toneladas de *diesel*.

d) 35 milhões de toneladas de *diesel*.
Alternativa **a**.

6. A hidrazina é um combustível de foguetes e apresenta a seguinte composição percentual, em massa, de cada elemento químico:

- Nitrogênio (N): 87,5%;
- Hidrogênio (H): 12,5%.

Sobre essa substância é **incorreto** afirmar que:

I) em 100 g de hidrazina tenha 87,5 g de nitrogênio e 12,5 g de hidrogênio.

II) na hidrazina, a relação entre as quantidades de matéria de nitrogênio e de hidrogênio seja de 2:1.

III) na hidrazina, a relação entre as quantidades de matéria de nitrogênio e de hidrogênio seja de 6,25:12,5.
Alternativa **II**.

MODENA

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

Rendimento das reações químicas

O nitrogênio gasoso (N_2) é o gás mais abundante da atmosfera. Cerca de 78% do ar é composto desse gás. Além disso, o nitrogênio (N) é um elemento químico essencial para os seres vivos, pois participa da composição dos aminoácidos e das proteínas. No entanto, os seres vivos não conseguem absorvê-lo diretamente do ar.

No ciclo do nitrogênio, estudamos que o gás nitrogênio pode ser transformado em amônia (NH_3) pela ação da enzima nitrogenase, presente em alguns microrganismos. A amônia possui diversas aplicações industriais, como a fabricação de fertilizantes, plásticos e detergentes.

CRINIGER KOLIO/SHUTTERSTOCK

Pessoa adubando uma planta com fertilizante feito de amônia.

O aumento no uso de fertilizantes, no início do século XX, fez a produção natural de amônia ser insuficiente para essa demanda. Em 1909, o químico alemão Fritz Haber (1868-1934) propôs um processo de obtenção da amônia com o nitrogênio atmosférico, por meio da seguinte reação:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,NH_3(g)$$

Nos anos seguintes, esse processo foi aperfeiçoado por outro químico alemão, chamado Carl Bosch (1874-1940). Por essa razão, esse processo é conhecido como síntese de Haber-Bosch e até hoje é o processo mais utilizado para a produção industrial da amônia.

Entre outros fatores, Bosch modificou as condições da reação, como pressão e temperatura, para aumentar seu rendimento. Na prática, os reagentes de uma reação química não são totalmente convertidos em produtos. A porcentagem de reagentes convertida em produto é o **rendimento da reação**.

Nos cálculos estequiométricos, pode-se calcular tanto as quantidades de produtos levando em conta o rendimento da reação como o rendimento da reação a partir da quantidade de produto obtido.

Vamos considerar que, no processo de produção da amônia, o rendimento da reação seja de 60%. Qual será a quantidade de amônia obtida ao reagirmos 280 kg de gás nitrogênio?

Inicialmente, precisamos escrever a equação química balanceada e calcular as massas molares dos componentes em questão.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,NH_3(g)$$
$$28\text{ g} \qquad\qquad 34\text{ g}$$

Em seguida, calculamos a quantidade obtida de amônia considerando que todo o gás nitrogênio será convertido. Isso equivale a uma reação no qual o rendimento é 100%.

$$28\text{ g } N_2 \text{ ———— } 34\text{ g } NH_3$$
$$280\text{ kg } N_2 \text{ ———— } x$$
$$x = 340\text{ kg de } NH_3$$

Se o rendimento for de 60%, significa que serão obtidos 60% da massa calculada.

$$\frac{60}{100} \cdot 340\text{ kg} = 204\text{ kg de } NH_3$$

Assim, com 280 kg de N_2 são obtidos 204 kg de NH_3.

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

MODERNA

Agora, vamos considerar que, em diferentes condições de operação dos equipamentos, ainda não seja conhecido o rendimento da reação de produção industrial da amônia. Uma análise em laboratório revelou que, para cada 5 g de gás nitrogênio utilizados, foram obtidos 4 g de amônia. Qual é o rendimento da reação nessas condições?

Novamente precisamos calcular a quantidade de amônia obtida para a situação em que o rendimento seja de 100%.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,NH_3(g)$$

$$28\text{ g } N_2 \text{ ——— } 34\text{ g } NH_3$$
$$5\text{ g } N_2 \text{ ——— } x$$
$$x \simeq 6{,}1\text{ g de } NH_3$$

Agora, podemos calcular o rendimento com o seguinte cálculo:

$$6{,}1\text{ g } NH_3 \text{ ——— } 100\%\text{ de rendimento}$$
$$4\text{ g } NH_3 \text{ ——— } x$$
$$x \simeq 65{,}6\%\text{ de rendimento}$$

Assim, nessas condições de operação, o rendimento da reação é de aproximadamente 65,6%.

Excesso de reagentes

O gás nitrogênio utilizado no processo de produção da amônia é proveniente do ar atmosférico, portanto não tem custo, pois basta filtrar o ar atmosférico e comprimi-lo para ser usado no processo de produção da amônia. Já o gás hidrogênio é adquirido por processos industriais e tem um custo associado, por isso deve ser utilizado com a menor perda possível.

Em uma reação química, quando se deseja forçar que todo o reagente reaja formando o produto, adiciona-se um excesso dos outros reagentes, isto é, uma quantidade acima daquela necessária seguindo a proporção estequiométrica.

Na produção da amônia, por exemplo, o gás nitrogênio é adicionado em excesso, fazendo com que maior quantidade de gás hidrogênio, reaja, aumentando a quantidade de reagentes convertidos em produto.

O reagente totalmente consumido na reação é chamado **reagente limitante**, pois, como será totalmente consumido, seu esgotamento limita a continuidade da reação.

O reagente colocado em quantidade acima da proporção estequiométrica é chamado **reagente em excesso**. Veja no exemplo a seguir como os reagentes limitante e em excesso podem ser identificados e suas quantidades, calculadas.

Em uma fábrica de amônia serão produzidas duas toneladas desse material por meio do processo Haber-Bosch. Sabe-se que o rendimento da reação pode ser maximizado acrescentando-se 500 kg de gás nitrogênio além da proporção estequiométrica. Para determinar a quantidade total de gás nitrogênio que será utilizada na reação, inicialmente, calculamos a quantidade necessária de gás nitrogênio como se não houvesse excesso de reagentes. Para obter duas toneladas de amônia, temos o seguinte cálculo:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,NH_3(g)$$

$$28\text{ g } N_2 \text{ ——— } 34\text{ g } NH_3$$
$$x \text{ ——— } 2\text{ t } NH_3$$
$$x \simeq 1{,}65\text{ t de } N_2$$

Assim, para a reação acontecer em proporção estequiométrica, é necessário aproximadamente 1,65 t de gás nitrogênio. Acrescentando o excesso de 500 kg, que equivale a 0,5 t, temos:

$$1{,}65\text{ t} + 0{,}5\text{ t} = 2{,}15\text{ t de gás nitrogênio.}$$

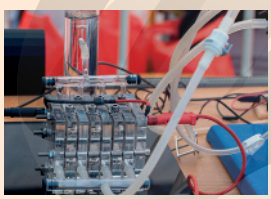
Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Ao contrário do petróleo, o combustível hidrogênio não é encontrado diretamente na natureza, pois geralmente este elemento químico está associado a outros . Dessa forma, são necessários alguns processos para obtê-lo.

A vantagem do combustível hidrogênio é a possibilidade de obter energia elétrica por meio de células de hidrogênio, nas quais ocorrem reações químicas contendo somente água como produto.



KACA SKOKANOVA/SHUTTERSTOCK

Pesquisa com célula de hidrogênio em laboratório.

- Converse com um colega sobre as possibilidades de uso das células de hidrogênio e sobre as principais dificuldades enfrentadas para ser utilizada em larga escala. Se necessário, façam uma pesquisa.

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

MODERNA

Outra situação envolvendo reagentes em excesso ocorre em combinações de quantidades aleatórias de reagentes, fora da proporção estequiométrica, com o intuito de obter uma determinada quantidade de produto.

Na reação para produzir água com gases hidrogênio e oxigênio, foram misturados 20 kg de H_2 e 100 kg de O_2. Qual dos reagentes foi adicionado em excesso e qual é a quantidade de água obtida?

Neste caso, o primeiro passo é descobrir qual dos reagentes está em excesso. Não podemos usar o reagente em excesso para calcular a quantidade de produto, pois nem toda a massa dessa substância reagirá.

Para a reação de formação da água temos:

$$2\,H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(l)$$

$$4\text{ g} \quad 32\text{ g} \quad 36\text{ g}$$

Podemos observar, pela proporção estequiométrica, que a quantidade de gás oxigênio deve ser equivalente a **oito** vezes a quantidade de gás hidrogênio. Portanto, para 20 kg de H_2 seriam necessários 160 kg de O_2. Como foram misturados 100 kg de O_2, este é o reagente limitante, pois está abaixo da quantidade necessária para reagir com todo o H_2. O gás hidrogênio, portanto, está em excesso.

Vamos calcular o excesso de gás hidrogênio. Para isso, calcularemos qual seria a quantidade desse gás na proporção estequiométrica para reagir com 100 kg de O_2:

$$4\text{ g } H_2 \text{ ——— } 32\text{ g } O_2$$

$$x \text{ ——— } 100\text{ kg } O_2$$

$$x = 12{,}5\text{ kg de } H_2$$

Assim, o excesso de H_2 é igual a 20 kg $-$ 12,5 kg $=$ 7,5 kg de H_2 em excesso.

Para calcular a quantidade de água obtida, pode-se usar a quantidade dada de O_2 ou a quantidade de H_2, desde de que seja descontado o excesso. Vamos fazer o cálculo utilizando a quantidade estequiométrica de H_2:

$$4\text{ g } H_2 \text{ ——— } 36\text{ g } H_2O$$

$$12{,}5\text{ kg } H_2 \text{ ——— } x$$

$$x = 112{,}5\text{ kg de } H_2O$$

Assim, a quantidade de água obtida é de 112,5 kg.

Em muitos processos industriais emprega-se o mesmo artifício usado na produção da amônia. Em geral, são feitos testes em laboratório para verificar qual reagente deve ser usado em excesso para obter a maior quantidade possível do produto desejado. Mesmo que esse reagente tenha um custo, após a reação ele é separado do produto, purificado e reutilizado.

Pureza dos reagentes

1. Você já ouviu o termo quilate? Para você, o que significa esse termo?

No ramo das joias, o termo quilate é uma grandeza que informa a pureza do metal usado na fabricação delas. Convencionou-se que um objeto feito em ouro (Au) puro (pureza $= 100\%$) apresenta 24 quilates.

PATTERN 43/ SHUTTERSTOCK

Anel de ouro.

Diga aos estudantes que não é possível obter ouro completamente puro. Dessa forma, o ouro 24 quilates corresponde ao ouro com 99,9% de pureza.

1. O objetivo desta questão é aproximar o conteúdo do cotidiano dos estudantes. Estimule a troca de informações entre eles acerca do termo quilate e verifique se relacionaram esse termo à pureza de metais, como o ouro, por exemplo. Geralmente, esse termo é utilizado no mercado de joias.

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

MODERNA

Em muitos processos industriais, não é possível purificar totalmente os reagentes antes de fazê-los reagir. Dessa forma, ao prever a quantidade de produto que seria obtida, deve-se considerar a parcela de impurezas no reagente, pois essa parte do material não formará o produto.

Esse tipo de problema é frequente na obtenção de metais a partir de seus minérios. Para calcular corretamente as quantidades estequiométricas dos reagentes, as amostras do minério são analisadas no laboratório a fim de conhecer a porcentagem de impurezas contidas na matéria-prima.

Veja a seguir como fazer cálculos envolvendo reagentes que não são puros.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R4 Um dos processos para obter ferro (Fe) é feito por meio da hematita, um minério que apresenta 80% de óxido de ferro(III) (Fe_2O_3). A equação química da reação desse processo é:

MITSUAP/SHUTTERSTOCK

Hematita em estado bruto.

$$Fe_2O_3(s) + 3\ C(s) \xrightarrow{\Delta} 2\ Fe(s) + 3\ CO(g)$$

Qual será a massa de ferro metálico obtida no processamento de uma tonelada desse minério?

Resolução

Como o minério contém 80% de Fe_2O_3, apenas essa parcela sofrerá reação.

$$\frac{80}{100} \cdot 1\ t = 0{,}8\ t$$

Agora, devemos fazer o cálculo estequiométrico usando as massas molares das substâncias envolvidas.

$$Fe_2O_3(s) + 3\ C(s) \xrightarrow{\Delta} 2\ Fe(s) + 3\ CO(g)$$

$$160\ g\ Fe_2O_3 \text{ ——— } 112\ g\ Fe$$

$$0{,}8\ t\ Fe_2O_3 \text{ ——— } x$$

$$x = 0{,}56\ t\ de\ Fe$$

Assim, será obtida 0,56 t de Fe, que equivale a 560 kg de ferro metálico.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Na indústria farmacêutica é comumente necessário que os reagentes utilizados nos processos de fabricação de medicamentos apresentem alto grau de pureza.

- Converse com um colega sobre a importância desses cuidados.

DMITRY KALINOVSKY/SHUTTERSTOCK

Farmacêutica atuando em uma indústria de medicamentos, Estados Unidos (2019).

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

MODERNA

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Quantidade de matéria

REPRODUÇÃO – MUSEU METROPOLITANO DE ARTE, NOVA YORK, EUA

Antoine Laurent Lavoisier e sua esposa. Jacques-Louis David. Óleo sobre tela, 259,7 cm × 194,6 cm. 1788.

Contextualização

"Nada se perde, nada se cria, tudo se transforma." Essa famosa frase é atribuída ao químico francês Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), que resume grande parte de seus estudos sobre a transformação da matéria e sua conservação. Em seus experimentos, Lavoisier pôde constatar que durante uma reação química, em um sistema fechado, a massa total se conserva, pois a massa total do sistema antes da reação química é a mesma da final, ao término da reação.

a) O que é um sistema fechado?

b) É possível prever a quantidade e os produtos formados em uma reação química? Como?

Orientações

Junte-se a três colegas e pesquisem, em livros, revistas ou *sites* confiáveis, uma atividade prática em um sistema fechado no qual seja possível determinar a massa, a quantidade de matéria e o volume do gás produzido pela reação entre vinagre e hidrogenocarbonato de sódio $(NaHCO_3)$.

Elaborem um roteiro da investigação, contemplando as questões a seguir.

- Quais tipos de cálculos estequiométricos precisamos realizar?
- Quais conteúdos estudados neste capítulo vamos aplicar na atividade?
- Quais materiais vamos precisar na atividade?
- Quais cuidados devemos ter durante a investigação?
- Como vamos organizar os dados observados?
- O que devemos fazer com os materiais após a atividade?

Com o auxílio do professor, executem a reação química em pequenas escalas antes de aumentar a quantidade dos reagentes. Montem um quadro com a massa dos reagentes e dos produtos, obtidas em cada experimento. Isso facilitará a análise dos dados.

Realizem a atividade de investigação procurando soluções para os possíveis problemas que surgirem. Durante a execução da investigação, registrem cada etapa do experimento com fotos, anotando no caderno.

! Considere que 100 g de vinagre contêm aproximadamente 4 g de ácido etanoico $(C_2H_4O_2)$.

Análise e divulgação dos dados

Elaborem uma apresentação de *slides* com fotos e dados obtidos no decorrer da investigação. Divulguem as informações relativas à montagem do experimento e aos resultados para o restante da turma.

Apresentem as respostas das seguintes questões.

1. Qual evidência permite afirmar que ocorreu uma reação química?
2. Qual é a equação química da reação que ocorre no experimento?
3. Quais são a massa, a quantidade de matéria e o volume de dióxido de carbono produzidos a partir de 5 g de hidrogenocarbonato de sódio?
4. Quais são a massa, a quantidade de matéria e o volume de dióxido de carbono produzidos caso utilizássemos 10 g de hidrogenocarbonato de sódio?
5. Houve conservação da massa na reação química? Expliquem.

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

MODERNA

ATIVIDADES

Resposta da questão **1** no **Suplemento para o professor**.

Registre em seu caderno.

2. b) O anel possui 1,125 g de ouro. Consultando a tabela periódica, a massa atômica do ouro é de aproximadamente 197 g/ mol.
O anel possui $5{,}71 \cdot 10^{-3}$ mol de ouro.

1. Veja a reação da síntese da amônia.

$$3\,H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow{\text{catalisador}} 2\,NH_3(g)$$

Nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), para produzir 44,8 L de amônia, necessita-se de 67,2 L de gás hidrogênio e 22,4 L de gás nitrogênio. Considere então que uma indústria química disponha de 50,0 m^3 de gás hidrogênio e 11,2 m^3 de gás nitrogênio. Qual será o volume máximo de amônia produzida nas CNTP?

2. Sobre o quilate, responda às seguintes questões.

a) Qual seria a proporção de pureza do ouro se o material tiver 18 quilates? 18 quilates apresentam 75% de ouro puro.

b) Considere um anel de ouro de 18 quilates com massa de 1,5 g. Determine os valores de massa e a quantidade de matéria em mol do ouro nesse anel.

3. Um dos processos na indústria metalúrgica para obter ferro pode ser descrito da seguinte forma:

$$FeO(s) + CO(g) \xrightarrow{\Delta} Fe(s) + CO_2(g)$$

Se o rendimento dessa reação for de 75%, qual é a massa de ferro, em kg, obtida com 576 t de óxido de ferro(II) (FeO)?

A massa de ferro obtida é 336 t.

4. Existe outro processo de obtenção de ferro diferente do citado no exercício anterior, o qual é feito com a hematita, um minério de ferro que apresenta 80% de óxido de ferro(III), (Fe_2O_3). A equação química da reação desse processo pode ser representada por:

$$Fe_2O_3(s) + 3\,C(s) \longrightarrow 2\,Fe(s) + 3\,CO(g)$$

Qual é a massa mínima de hematita, em t, necessária para produzir 280 t de ferro?

A massa mínima de hematita é de 500 toneladas.

5. Um armário no laboratório está com mofo por causa da alta umidade. A assistente testou dois produtos com 100 g contendo substâncias químicas capazes de absorver a umidade do ambiente.

Para conferir qual dos produtos é melhor, no final de cada dia, a assistente observou na balança a massa dos dois produtos expostos à umidade do armário durante uma semana e anotou os dados no seguinte quadro:

Dias	Produto A (g)	Produto B (g)
1	101,50	101,30
2	102,25	101,69
3	103,38	102,20
4	105,06	102,86
5	107,60	103,71
6	110,40	104,83
7	117,09	106,27

Analise os dados do quadro e responda.

a) Qual dos produtos foi mais eficaz para retirar a umidade desse armário? Justifique sua resposta.

b) A pureza dos materiais que compõem os produtos **A** e **B** pode afetar suas eficácias?

c) Se a assistente continuasse a anotar a massa dos produtos, como seria possível analisar quando eles deveriam ser trocados?

6. **(Enem)** Em setembro de 1998, cerca de 10 000 toneladas de ácido sulfúrico $(H_2SO_4(aq))$ foram derramadas pelo navio Bahamas no litoral do Rio Grande do Sul. Para minimizar o impacto ambiental de um desastre desse tipo, é preciso neutralizar a acidez resultante. Para isso, pode-se, por exemplo, lançar calcário, minério rico em carbonato de cálcio $(CaCO_3(s))$, na região atingida.

A equação química que representa a neutralização do $H_2SO_4(aq)$ e $CaCO_3(s)$ com a proporção aproximada entre as massas dessas substâncias é:

$$\underbrace{H_2SO_4(aq)}_{1\text{ tonelada}} + \underbrace{CaCO_3(s)}_{1\text{ tonelada}} \longrightarrow \underbrace{CaSO_4(s)}_{\substack{\text{sólido}\\ \text{sedimentado}}} + H_2O(l) + \underbrace{CO_2(g)}_{\text{gás}}$$

Pode-se avaliar o esforço de mobilização que deveria ser empreendido para enfrentar tal situação estimando a quantidade de caminhões necessária para carregar o material neutralizante.

Para transportar certo calcário que tem 80% de $CaCO_3$ esse número de caminhões, cada um com carga de 30 toneladas, seria próximo de: Alternativa **d**.

a) 100

b) 200

c) 300

d) 400

e) 500

5. a) Foi o produto **A**, pois teve maior aumento de massa, o que significa que mais umidade foi retirada.

5. b) Pode, pois no produto de menor pureza há menos reagentes que retiram a umidade.

5. c) Em determinado tempo a diferença de massa vai se tornando pequena até a massa ser constante, indicando que não há mais substância que reagirá com a água, tornando-se mais impuro e ineficaz para a função de retirar a umidade.

MODERNA

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

CAPÍTULO

3

Introdução à calorimetria

Temperatura

Leia o trecho de reportagem a seguir sobre um evento que ocorreu em Nova Iorque a respeito das mudanças climáticas. Cerca de 600 jovens participaram desse evento para discutir sobre o uso sustentável dos combustíveis fósseis.

> [...]
>
> As emissões globais estão aumentando, as temperaturas estão subindo e os impactos das mudanças climáticas são crescentes.
>
> [...]
>
> De acordo com a Organização Meteorológica Mundial o mundo está enfrentando o período de cinco anos mais quentes já registrado. A temperatura média global entre 2015 e 2019 é a mais quente de todas e está 1,1 °C acima do período pré-industrial. Ondas de calor duradouras e generalizadas, incêndios recordes e outros eventos devastadores, como ciclones tropicais, enchentes e estiagens têm impactado o desenvolvimento sócio econômico e o meio ambiente.
>
> As geleiras marítimas continuam a diminuir, o nível do mar está aumentando e a água marinha está se tornando mais ácida. Insegurança alimentar e impactos na saúde são crescentes mas o mundo continua a investir em combustíveis fósseis. [...]
>
> Cúpula da Juventude pelo Clima da ONU: jovens pedem fim dos combustíveis fósseis. *Nações Unidas Brasil*, set. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/cupula-da-juventude-pelo-clima-da-onu-jovens-pedem-fim-dos-combustiveis-fosseis/>. Acesso em: 20 maio 2020.

1. Por que a utilização dos combustíveis fósseis é o foco da discussão sobre as mudanças climáticas?
2. Cite ações do cotidiano que contribuem para diminuir o ritmo das mudanças climáticas.

1. Os estudantes podem explicar que a queima dos combustíveis fósseis emite gases que contribuem para o aumento do efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2).

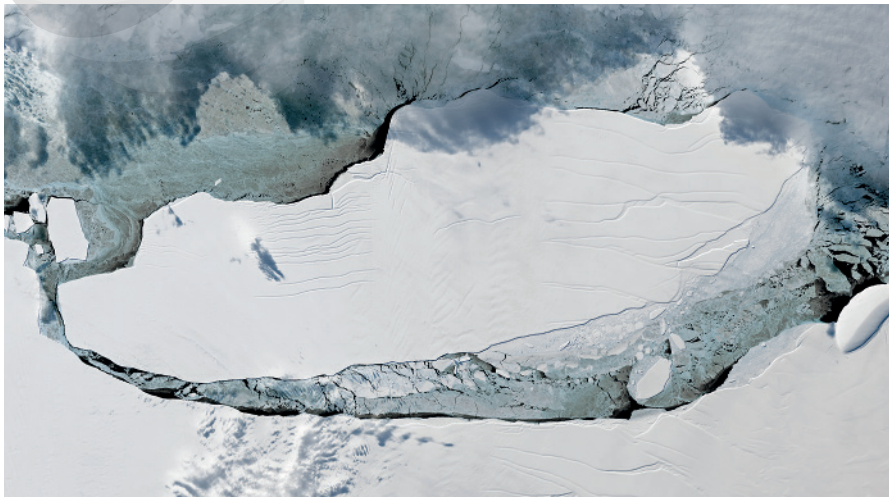
2. Resposta pessoal. Pode-se sugerir veículos que não utilizem combustíveis fósseis, como a bicicleta, os patinetes elétricos etc. Outra opção seria o transporte público, em vez de se locomover em automóveis próprios.

Todos os tipos de combustíveis fósseis possuem uma característica em comum: contêm carbono (C) em sua composição. Assim, eles constituem uma importante fonte de carbono no ambiente.

A queima desse tipo de combustível gera diversos subprodutos, sendo um dos principais o dióxido de carbono (CO_2). Dessa forma, os combustíveis fósseis adicionam uma quantidade cada vez maior de CO_2 na atmosfera da Terra. Como esse gás se comporta como um gás de efeito estufa, o aumento de sua concentração na atmosfera é um dos principais fatores que contribuem para o aquecimento global provocado pelo ser humano. Outro gás que contribui para o aumento do efeito estufa é o metano (CH_4), principal constituinte do gás natural.

A interferência humana nos ciclos biogeoquímicos do ambiente altera a composição do solo, do ar e da água e, consequentemente, os fenômenos naturais, como o efeito estufa, que causa o derretimento de geleiras, por exemplo.

NASA



Desprendimento do *iceberg* A-68 em razão das alterações climáticas e do aquecimento dos oceanos, Antártica (2017).

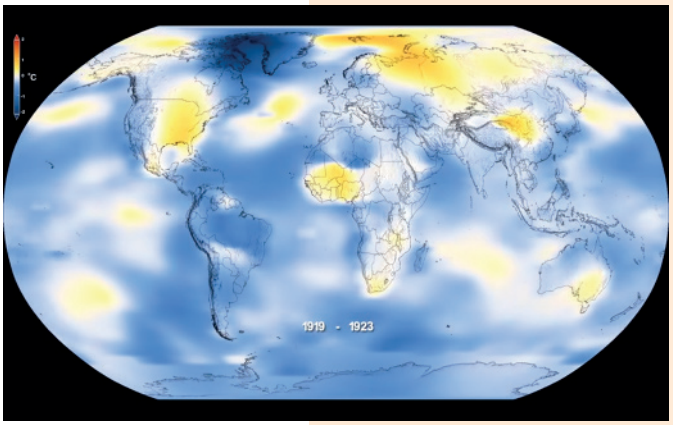
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

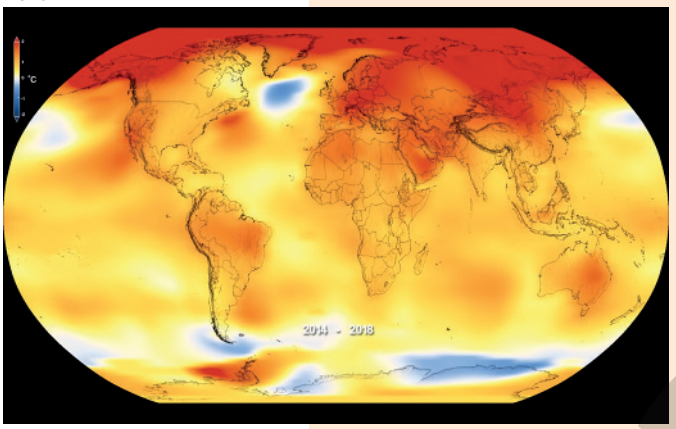
Trocando ideias

Registre em seu caderno.

1919



2019



FOTOS: SCIENTIFIC VISUALIZATION STUDIO/NASA

As imagens ao lado apresentam informações sobre a temperatura da Terra de 1919 e 2019. Com um colega, analisem essas imagens.

Essas imagens foram obtidas por um simulador no *site* da NASA. Acesse esse simulador para observar o aumento progressivo da temperatura média da Terra em outros períodos, entre 1919 e 2019. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine>. Acesso em: 10 jun. 2020.

Representação da temperatura da superfície da Terra em 1919 e 2019. Nessas imagens, a cor azul representa regiões com temperaturas abaixo da média e a cor vermelha, regiões com temperaturas acima da média.

- Ao analisarem as imagens ao lado, o que vocês concluem a respeito da temperatura da Terra? Conversem com seus colegas sobre o assunto, pesquisem possíveis efeitos dessas alterações e proponham soluções para poder ajudar a reduzir esse fenômeno.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Ao refletir sobre alterações climáticas, aquecimento global e suas consequências, você aplicou um conceito muito importante na Física, o de temperatura.

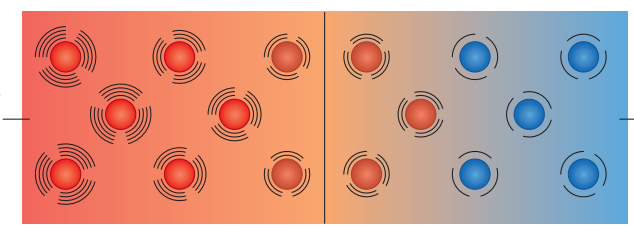
3. Como você conceituaria temperatura?

O objetivo desta questão é verificar a noção que os estudantes têm a respeito de temperatura. Anote as principais respostas na lousa e compare, com a ajuda deles, as semelhanças e diferenças entre as respostas.

Toda matéria presente na natureza, seja na fase sólida, líquida ou gasosa, é constituída de átomos e moléculas que se movem constantemente. Esses movimentos podem ser de translação, rotação ou vibração molecular. A temperatura está relacionada à energia associada ao movimento dos átomos e moléculas, conforme a definição a seguir.

> Temperatura é a medida da energia cinética média de translação (estado de agitação) das partículas que compõem um sistema termodinâmico. Quanto maior for a agitação das partículas (ou seja, quanto maior a energia cinética média de translação), maior será a temperatura, e vice-versa.

No corpo representado abaixo, as partículas na região com maior temperatura têm maior grau de agitação. Na região com menor temperatura, o grau de agitação é menor. Dessa maneira, na região de temperatura intermediária, o grau de agitação também é intermediário, entre o maior e o menor grau.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação de um corpo com regiões em temperaturas diferentes. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

Calor

Os combustíveis fósseis são amplamente utilizados no cotidiano, pois sua queima libera grande quantidade de energia, que pode ser aproveitada de diversas maneiras, por exemplo, para gerar energia elétrica ou para movimentar automóveis.

Para a gasolina (composta principalmente por octano), combustível utilizado em diferentes tipos de automóveis, a reação de combustão pode ser expressa da seguinte forma:

$$2\,C_8H_{18} + 25\,O_2 \rightarrow 16\,CO_2 + 18\,H_2O + \text{energia}$$

A energia dessa combustão é liberada na forma de calor e transformada em outros tipos de energia no interior dos motores dos carros, a fim de produzir o movimento deles.

Sabemos que os motores de automóveis aumentam de temperatura quando estão em funcionamento e que existe um sistema de refrigeração, do qual o radiador faz parte, para controlar a temperatura do motor.

Essas mudanças de temperatura ocorrem pela troca de energia térmica, na forma de calor, entre os componentes do motor.

Para entendermos como ocorre a troca de calor, considere dois corpos com diferentes temperaturas inseridos em um sistema isolado, no qual não há interação do sistema com o meio externo. Por causa da diferença de temperatura, naturalmente o corpo de maior temperatura transfere energia na forma de calor ao corpo de menor temperatura. Esse fluxo de energia ocorre até a temperatura dos corpos se igualar, ou seja, até os corpos atingirem o **equilíbrio térmico**.

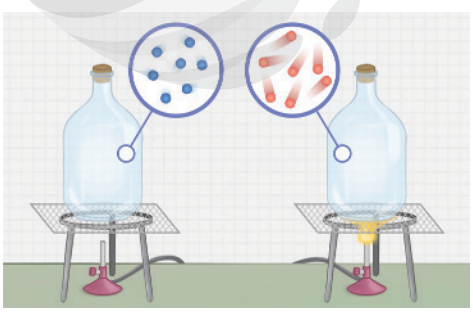
Assim, define-se:

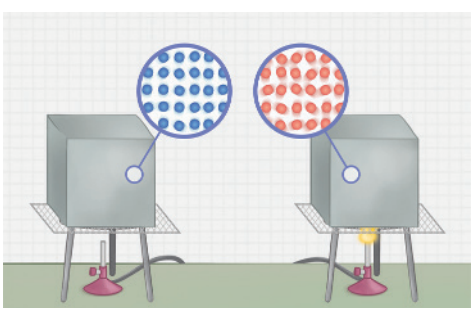
> **Calor** (Q) é a energia térmica em trânsito, que passa naturalmente de um corpo de maior temperatura para um de menor temperatura. Sua unidade de medida, no Sistema Internacional de Unidades (SI), é o joule (J).

Outra unidade de medida geralmente utilizada para a energia térmica em trânsito é a caloria (cal).

Nas trocas de calor, consideramos a quantidade de calor Q positiva quando o corpo absorve o calor e negativa quando o corpo cede (ou perde) calor.

Os esquemas a seguir mostram os estados de agitação das partículas de amostras nas fases gasosa e sólida recebendo calor sem mudar de fase. Observa-se o aumento da energia cinética média das partículas quando o sistema recebe o calor da chama. Portanto, em um corpo que recebe energia na forma de calor, sem mudar de fase, a temperatura aumenta. De modo análogo, em um corpo que cede energia na forma de calor, sem mudar de fase, a temperatura diminui.



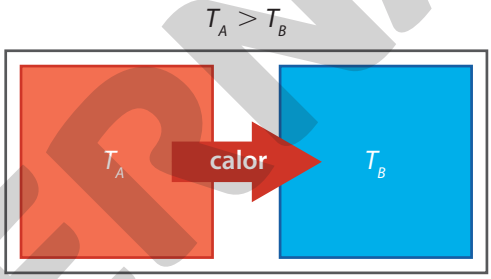


ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

Representação do aquecimento de duas amostras, em que se observa o aumento da energia cinética média das partículas. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

EMIRHANKARAMUK/SHUTTERSTOCK

Carro sendo abastecido com gasolina.



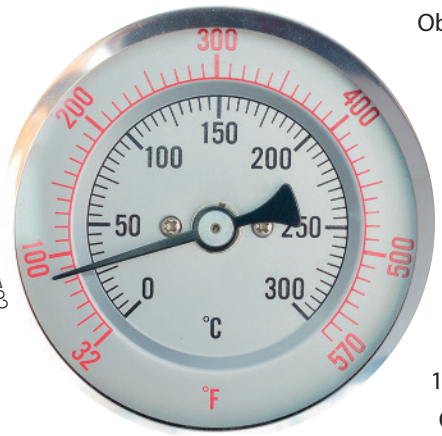
HELOÍSA PINTARELLI

Representação da energia na forma de calor fluindo do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

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

MODERNA

Escalas de temperatura



COZJ/SHUTTERSTOCK

Termômetro de lâmina bimetálica, geralmente utilizado na gastronomia.

Observe o termômetro ao lado.

Você sabe por que existem duas escalas numéricas diferentes?

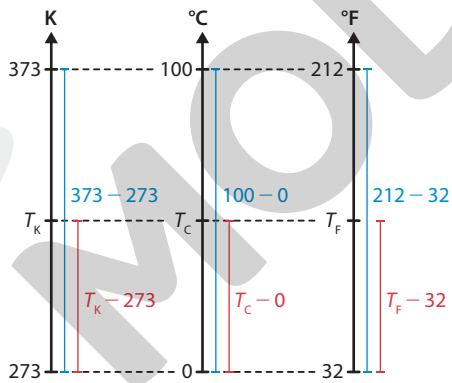
A escala numérica em vermelho corresponde à unidade Fahrenheit, enquanto a escala numérica em preto corresponde à unidade Celsius. Apesar de medir a mesma grandeza física (a temperatura), as escalas Fahrenheit e Celsius não são equivalentes.

A escala de temperatura mais utilizada atualmente no mundo foi idealizada pelo astrônomo sueco Anders Celsius (1701-1744), em 1742. Nessa escala, atualmente considera-se a temperatura de fusão da água (ou de congelamento) equivalente a 0 °C e a temperatura de ebulição da água equivalente a 100 °C, ambas a nível do mar.

Outra escala, utilizada em países como Estados Unidos e Inglaterra, é a escala Fahrenheit. Ela foi proposta em 1724 pelo físico polonês Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), na qual a temperatura de fusão da água equivale a 32 °F e a temperatura de uma pessoa equivale a 96 °F.

Em 1848, o físico inglês William Thomson (1824-1907), conhecido como lorde Kelvin, propôs a escala de temperatura absoluta ou escala Kelvin. Ele já compreendia a temperatura como a energia cinética média de translação das partículas que constituem um corpo ou gás e que a pressão exercida por um gás estava relacionada com as colisões entre as partículas do gás e as paredes do recipiente que o contém.

Portanto, Thomson propôs uma escala na qual a menor temperatura possível (zero absoluto) equivaleria à situação na qual o gás exerce pressão nula, ou seja, as partículas não teriam agitação. O valor encontrado para o zero absoluto ou zero kelvin (0 K) foi de aproximadamente −273 °C. Nessa escala, a temperatura de fusão da água equivale a 273 K e a temperatura de ebulição da água equivale a 373 K.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação da relação entre as escalas Kelvin, Celsius e Fahrenheit.

> **!** A unidade kelvin de temperatura não acompanha o símbolo de grau, logo, lê-se 273 K como "273 kelvins".

Podemos fazer a conversão de valores de temperaturas entre as escalas termométricas da seguinte maneira:

$$\frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

Essa relação de igualdade é válida para qualquer comparação entre escalas de temperatura.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Um termômetro mede a própria temperatura. Essa afirmação está correta? Explique.

b) O que é maior em relação ao grau de agitação das partículas, o aumento de temperatura de 1 °C ou o aumento de temperatura de 1 °F? Explique.

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** a **7** no **Suplemento para o professor**.

1. As afirmativas a seguir referem-se a dois objetos que apresentam temperaturas diferentes, colocados em contato. Escreva no caderno as afirmativas corretas e justifique as incorretas.

I) Não haverá troca de calor e os dois objetos continuarão como estavam inicialmente.

II) Haverá troca de energia térmica na forma de calor do corpo de menor temperatura para o corpo de maior temperatura.

III) Haverá troca de energia térmica na forma de calor do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.

IV) Haverá troca de energia térmica na forma de calor até que a temperatura dos dois objetos se iguale.

2. Por que, para aferir a temperatura, deve-se deixar o termômetro em contato com o corpo durante certo intervalo de tempo?

É necessário esperar certo tempo para que o termômetro troque calor com o corpo e entre em equilíbrio térmico com ele. Dessa maneira, a temperatura atingida pelo termômetro será a mesma que a temperatura do corpo.

3. **(Enem)** Nos dias frios, é comum ouvir expressões como: "Esta roupa é quentinha" ou então "Feche a janela para o frio não entrar". As expressões do senso comum utilizadas estão em desacordo com o conceito de calor da termodinâmica. A roupa não é "quentinha", muito menos o frio "entra" pela janela. A utilização das expressões "roupa é quentinha" e "para o frio não entrar" é inadequada, pois o(a)

a) roupa absorve a temperatura do corpo da pessoa, e o frio não entra pela janela, o calor é que sai por ela.

b) roupa não fornece calor por ser um isolante térmico, e o frio não entra pela janela, pois é a temperatura da sala que sai por ela.

c) roupa não é uma fonte de temperatura, e o frio não pode entrar pela janela, pois o calor está contido na sala, logo o calor é que sai por ela.

d) calor não está contido num corpo, sendo uma forma de energia em trânsito de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura.

e) calor está contido no corpo da pessoa, e não na roupa, sendo uma forma de temperatura em trânsito de um corpo mais quente para um corpo mais frio.

Alternativa **d**.

4. Analise as afirmações a seguir, justificando as falsas em seu caderno.

I) Os combustíveis fósseis contribuem para o aumento do efeito estufa, pois entre os subprodutos de sua combustão estão gases como o dióxido de carbono.

II) Os combustíveis fósseis são fontes inesgotáveis de energia.

III) A utilização dos combustíveis fósseis como fonte de energia se justifica pelo fato de sua combustão fornecer enorme quantidade de energia, não implicando danos ao meio ambiente.

IV) A queima dos combustíveis fósseis libera grande quantidade de energia na forma de calor.

5. Preparando-se para uma viagem, uma pessoa constatou que, em média, a temperatura do local para onde viajaria era 35,6 °F. Essa pessoa deverá levar roupas leves ou casacos grossos? Por quê?

6. Um cientista mediu 313 K para uma amostra experimental. A quantos graus essa temperatura equivale na escala Celsius?

7. Na transmissão de um jogo de futebol americano pela televisão, a repórter anunciou que a temperatura local era de 59 °F. A quantos graus Celsius equivale esse valor?

8. Por que a escala kelvin é chamada de escala de temperatura absoluta?

A escala kelvin é definida em função da energia cinética das partículas que constituem o meio no qual a temperatura é medida. O zero dessa escala (ao contrário das escalas Celsius ou Fahrenheit, por exemplo) não é arbitrário, correspondendo à temperatura cuja energia cinética das partículas é nula.

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

MODERNA

Efeitos das trocas de calor

Quando um corpo cede ou recebe energia na forma de calor, sua temperatura pode variar e ser acompanhada da variação das suas dimensões físicas. Além disso, pode ocorrer mudança de fase da matéria.

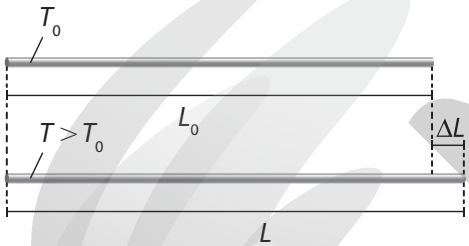
Dilatação térmica

KRIKO/SHUTTERSTOCK

Trilho de trem deformado devido à dilatação térmica.

CHARLES HB MERCER/SHUTTERSTOCK

Torres de transmissão de energia elétrica. Os fios de transmissão de energia elétrica sofrem dilatação linear.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação da dilatação de um fio metálico.

Todas as fases da matéria (sólido, líquido, gasoso) apresentam o efeito da dilatação térmica quando trocam energia na forma de calor. Ceder ou ganhar energia na forma de calor corresponde a variar a energia cinética média das partículas que constituem o corpo. Assim, observa-se o aumento ou a diminuição do espaçamento entre elas.

Esse efeito deve ser considerado em várias situações do cotidiano. Por exemplo, na construção e manutenção dos trilhos de trem, eles são separados por estruturas chamadas juntas de dilatação, para que o ferro seja dilatado nos dias de altas temperaturas sem que os trilhos sofram deformações.

Para os sólidos, analisa-se a dilatação ou a contração relacionada às dimensões que sofreram uma variação mais aparente, classificando o fenômeno como dilatação linear, dilatação superficial ou dilatação volumétrica.

Na **dilatação linear** de um sólido, observa-se a variação somente em uma única dimensão, por exemplo, a variação do comprimento.

Quanto à dilatação dos fios de transmissão de energia elétrica, por exemplo, pode ser considerada, aproximadamente, uma dilatação linear. Nessa situação, o comprimento dos fios diminui (contração) nos dias de baixa temperatura e aumenta (dilatação) nos dias de alta temperatura.

A dilatação linear de um corpo depende diretamente do seu comprimento inicial, da substância que o constitui e da variação de temperatura sofrida. Portanto, a dilatação linear é expressa como:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

em que ΔL é a variação do comprimento e L_0 é o comprimento inicial, ambos com unidades no SI, em metros (m), α é o coeficiente de dilatação linear em $°C^{-1}$ ou K^{-1} e ΔT é a variação de temperatura em °C ou K.

O coeficiente de dilatação linear (α) é característico da substância da qual o corpo é constituído e representa a quantidade dilatada a cada unidade de temperatura variada.

A propriedade da dilatação dos sólidos é utilizada para controlar a temperatura em alguns equipamentos elétricos, como nos ferros de passar roupa. Uma lâmina composta de dois metais diferentes, ao aumentar de temperatura, dilata-se e se curva, desligando o aparelho ao atingir certa temperatura.

Coeficiente de dilatação linear de algumas substâncias

Substância	α ($°C^{-1}$)
Chumbo (Pb)	$29 \cdot 10^{-6}$
Alumínio (Al)	$23 \cdot 10^{-6}$
Cobre (Cu)	$17 \cdot 10^{-6}$
Concreto	$12 \cdot 10^{-6}$

Fonte: HALLIDAY, D. et al. *Fundamentos de Física*: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 9. ed. Trad. e rev. Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 2. p. 190.

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

MODERNA

Na **dilatação superficial** ocorre a variação da área do corpo, portanto consideramos a dilatação em duas dimensões, comprimento e largura. No cotidiano, observa-se a dilatação superficial nas placas de concreto das calçadas ou dos azulejos, por exemplo.

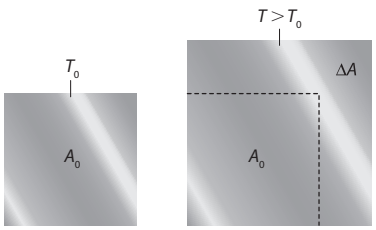
A dilatação superficial, análoga à dilatação linear, é definida por:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

em que ΔA é a variação da área e A_0 é a área inicial, ambas em m^2 no SI, β é o coeficiente de dilatação superficial em $°C^{-1}$ ou K^{-1} e ΔT é a variação de temperatura em °C ou K. Por definição o coeficiente de dilatação superficial é dado por: $\beta = 2 \cdot \alpha$.

344512847/SHUTTERSTOCK

Placas de concreto com espaçamento (juntas de dilatação) para evitar rachaduras por dilatação.



Representação da dilatação superficial de uma chapa de área inicial A_0.

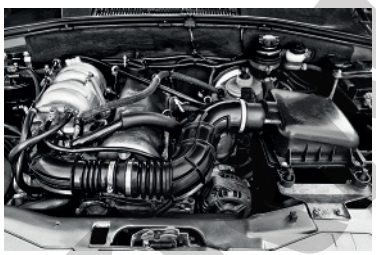
HELOÍSA PINTARELLI

A **dilatação volumétrica** ocorre quando há variação das três dimensões do corpo, ou seja, variação em seu volume, como nas peças de um automóvel, por exemplo.

De forma análoga às dilatações linear e superficial, a relação que representa a dilatação volumétrica é dada por:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

em que ΔV é a dilatação volumétrica e V_0 é o volume inicial, ambos em m^3 no SI, γ é o coeficiente de dilatação volumétrica em $°C^{-1}$ ou K^{-1} e ΔT é a variação de temperatura em °C ou K. Por definição, o coeficiente de dilatação volumétrica é dado por: $\gamma = 3 \cdot \alpha$.



CHERE/SHUTTERSTOCK

Motor de automóvel em funcionamento. O aumento de temperatura faz aumentar o volume das peças do motor.

Os **líquidos** também sofrem dilatação. Como não apresentam forma definida, sofrem somente dilatação volumétrica e possuem somente coeficiente de dilatação volumétrica real (γ), que depende da substância.

Comparando o coeficiente de dilatação dos líquidos com o dos sólidos, percebe-se que $\gamma_{líquidos} > \gamma_{sólidos}$, logo os líquidos dilatam mais que os sólidos.

Com relação à dilatação dos líquidos, há uma propriedade importante relacionada à dilatação do líquido mais bem conhecido por todos, a água. Essa propriedade é conhecida como **comportamento anômalo da água**. Diferentemente do comportamento da maioria das substâncias, as quais expandem quando são aquecidas e contraem quando são resfriadas, a água (H_2O) apresenta um comportamento denominado dilatação anômala.

No resfriamento, ao atingir a temperatura de 4 °C, a água passa a expandir, aumentando seu volume e diminuindo sua densidade.

!

Como os líquidos são aquecidos dentro de recipientes, cuja dilatação também deve ser considerada, a diferença entre a dilatação real do líquido e a dilatação do recipiente é definida como a dilatação aparente, ou seja,

$\Delta V_{real} = \Delta V_{aparente} + \Delta V_{recipiente}$

em que $\gamma_{real} = \gamma_{aparente} + \gamma_{recipiente}$.

VOLUME EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

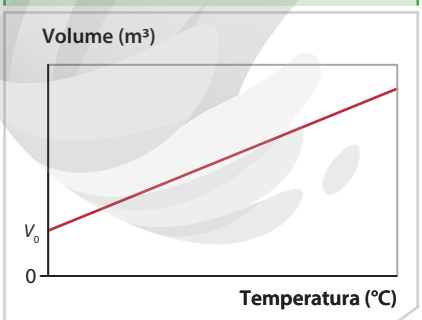


Diagrama do comportamento do volume em função da temperatura da maioria das substâncias.

VOLUME EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

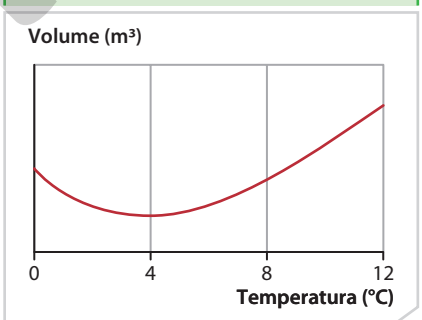


Diagrama do comportamento anômalo do volume em função da temperatura da água.

DENSIDADE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

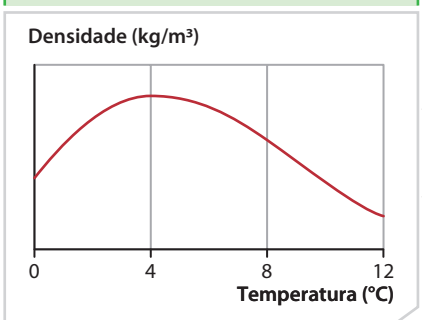


Diagrama do comportamento da densidade em função da temperatura da água.

GRÁFICOS: HELOÍSA PINTARELLI

Esse comportamento anômalo garante que a água à maior temperatura se concentre no fundo de um lago, mesmo que sua superfície esteja congelada, permitindo, portanto, a manutenção da vida nesses ambientes.

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

MODELO

ADILSON A. SILVA/SHUTTERSTOCK

Praia no município de Prado, Bahia (2020).

Variação de temperatura

Observe a fotografia ao lado.

1. Quando dois objetos diferentes absorvem a mesma quantidade de energia na forma de calor, eles sofrem a mesma variação de temperatura?

1. Espera-se que os estudantes respondam que não, pois substâncias diferentes possuem propriedades térmicas diferentes. Portanto, quando a mesma quantidade de calor é fornecida a diferentes substâncias, a variação de temperatura não será a mesma.

Durante o dia, a areia e a água do mar recebem quantidades praticamente iguais de energia na forma de calor proveniente do Sol, mas a areia atinge maiores temperaturas do que a água. Durante a noite, tanto a areia quanto a água cedem energia para o ambiente, mas observa-se que a temperatura da água do mar se torna maior que a da areia.

Em ambos os casos, a energia responsável em variar unicamente a temperatura é denominada **calor sensível** e é representada pela letra *Q*.

Além de serem corpos diferentes, a água do mar e a areia são compostas de substâncias diferentes. Portanto, é preciso levar em conta grandezas físicas que correspondem a propriedades intrínsecas de cada material. Nesse caso, essas grandezas são a **capacidade térmica** e o **calor específico**.

A capacidade térmica é a grandeza que relaciona a alteração de temperatura de um corpo com a quantidade de calor recebida ou perdida por ele, e pode ser calculada por:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

em que C é a capacidade térmica, geralmente, medida em J/K ou J/°C, Q é a quantidade de calor e ΔT é a variação de temperatura. No SI, capacidade térmica é expressa em joule por kelvin (J/K), mas tanto na unidade de J/K como na unidade de J/°C, seu valor será o mesmo, pois uma mudança de 1 K, por exemplo, corresponde exatamente a uma mudança de 1 °C. A capacidade térmica pode ser medida também em cal/°C.

Sendo assim, a capacidade térmica é uma característica do corpo. Na fotografia ao lado, cada volume de água (20 L, 5 L e 500 mL) apresenta um valor de capacidade térmica, embora sejam a mesma substância.

Por outro lado, o calor específico é uma propriedade da substância. Ele é definido como a quantidade de calor necessária para alterar a temperatura de uma unidade de massa da substância em 1 °C. O calor específico é dado pela seguinte relação:

$$c = \frac{C}{m}$$

em que c é o calor específico da substância em J/kg • K no SI, m é a massa do corpo em kg no SI e C é a capacidade térmica do corpo em J/kg. No entanto, comumente se utiliza cal/g • °C para o calor específico, sendo 1 cal/g • °C = 1 000 J/kg • K.

Veja a seguir um quadro com o calor específico de algumas substâncias.

TARASYUK IGOR/SHUTTERSTOCK

Garrafas de água com diferentes volumes.

Calor específico de algumas substâncias à temperatura ambiente (25 °C)

Substância	Calor específico (cal/g • °C)	Substância	Calor específico (cal/g • °C)
Chumbo	0,0305	Vidro	0,20
Prata (Ag)	0,0564	Gelo (−10 °C)	0,530
Cobre	0,0923	Mercúrio (Hg)	0,033
Alumínio	0,215	Água do mar	0,93
Latão	0,092	Água doce	1,00

Fonte: HALLIDAY, D. et al. *Fundamentos de Física*: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 9. ed. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 2. p. 194.

MODERNA

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

Substituindo a definição da capacidade térmica na definição do calor específico, tem-se a equação denominada equação fundamental da calorimetria.

$$c = \frac{C}{m} = \frac{\frac{Q}{\Delta T}}{m} \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T} = m \cdot c \therefore Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

em que no SI, Q é a quantidade de calor em joule (J), m é a massa em quilograma (kg), c é o calor específico em J/kg • K e ΔT é a variação de temperatura em kelvin (K). É bastante comum expressar a quantidade de calor em calorias (cal).

Sendo a massa e o calor específico grandezas positivas, se o corpo perdeu calor $(Q < 0)$, a temperatura diminui $(\Delta T < 0)$. Se o corpo recebeu calor $(Q > 0)$, a temperatura aumenta $(\Delta T > 0)$.

Mudança de fase

Observe a fotografia a seguir.

APHNUSIA/SHUTTERSTOCK

Joalheiro aquecendo uma peça de metal com maçarico.

2. Suponha que uma dada substância está recebendo calor. Em sua opinião, sempre que uma substância recebe calor sua temperatura aumenta?

2. O objetivo desta questão é resgatar o conhecimento prévio dos estudantes sobre a mudança de fase. Eles podem responder que não, pois, se tratando de um material puro, enquanto ele muda de fase a temperatura não se altera.

Consideremos uma situação em que o corpo constituído apenas por uma substância recebe calor. Em temperaturas específicas, a substância pode sofrer uma mudança de fase, na qual a temperatura do corpo permanece constante.

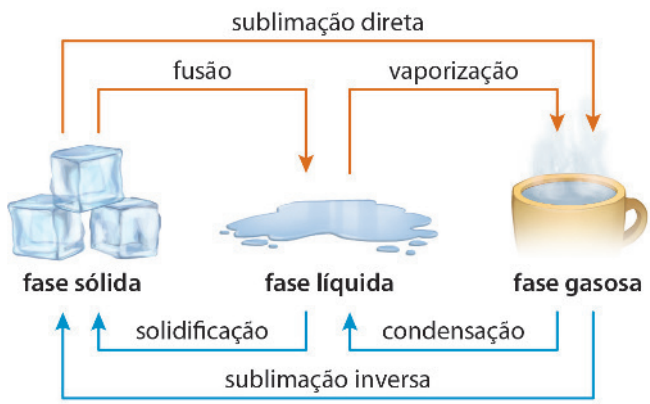
Nesse caso, para onde vai o calor absorvido pelo corpo se a temperatura permanece constante durante a transição de fase da matéria?

As fases sólida, líquida e gasosa se diferenciam pelo estado de agregação da matéria. Na fase sólida, as partículas formam uma estrutura rígida, apresentam mínima mobilidade e baixa energia. Na fase líquida, as partículas formam aglomerados com maior energia e maior mobilidade. Isso possibilita aos líquidos a propriedade de escoar e moldar-se ao recipiente. Na fase gasosa, as partículas não interagem entre si, a não ser por meio das colisões de curtas durações.

Portanto, para que uma substância passe de uma fase para outra, como mostrado na imagem ao lado, é necessário alterar o estado de agregação da matéria.

Dessa maneira, a energia absorvida ou cedida na mudança de fase altera a organização dos componentes, rompendo ou fazendo ligações intermoleculares, mas a temperatura não sofre alteração.

Assim, a equação de calor sensível para quantificar o calor trocado durante a mudança de fase não é válida.



HELOÍSA PINTARELLI

Esquema de transição de fase. 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 quantidade de calor absorvida ou perdida na mudança de fase é chamada de **calor latente** e pode ser calculada pela relação a seguir.

$$Q = m \cdot L$$

em que no SI, Q é a quantidade de calor em joule (J), m é a quantidade de massa em quilograma (kg) e L é o calor latente em joule por quilograma (J/kg).

A grandeza L é o calor latente de mudança de fase e representa a quantidade de calor necessária para mudar o estado de uma unidade de massa de determinada substância, dada em J/kg ou em cal/°C.

Para amostras de substâncias diferentes, além da quantidade de energia necessária para a mudança de fase, a temperatura na qual elas ocorrem é diferente. Para a água, sob pressão de 1 atm, sabe-se que a fusão ocorre quando a temperatura atinge 0 °C, no entanto, a fusão do cobre, por exemplo, ocorre na temperatura de 1 083 °C.

O quadro abaixo apresenta o calor latente de mudança de fase e suas respectivas temperaturas para algumas substâncias, submetidas à pressão de 1 atm.

Temperaturas e calores latentes de mudança de fase de algumas substâncias

Substância	Temperatura de fusão (°C)	Calor latente de fusão L_f (cal/g)	Temperatura de ebulição (°C)	Calor latente de vaporização L_v (cal/g)
Água	0	80	100	540
Álcool etílico (C_2H_5OH)	–114	26	78	210
Chumbo	327	6	1 750	205
Cobre	1 083	49	2 566	1 131
Ouro (Au)	1 063	15	2 808	407
Prata	961	25	2 163	556

Fonte: TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros*: mecânica, oscilações e ondas. Trad. Paulo Machado Mors. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1. p. 432.

É importante notar que os valores mostrados no quadro valem para a pressão de 1 atm e que, se essa pressão for alterada, a temperatura de fusão ou de ebulição de uma substância também muda.

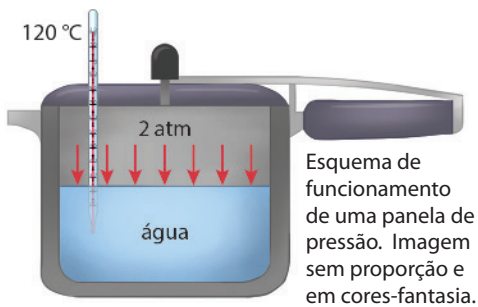
Aumentando-se a pressão sobre o gelo, por exemplo, ele se funde a uma temperatura menor que 0 °C, ao passo que, na pressão abaixo de 1 atm, a temperatura de fusão é maior que a temperatura de 0 °C. Esse efeito pode ser verificado no experimento ao lado, realizado pelo físico irlandês John Tyndall (1820-1893). Abaixo do fio de cobre, a pressão é maior e o gelo se funde. Acima do gelo, como o excesso de pressão deixa de existir, a água se solidifica novamente. Tyndall chamou esse processo de regelo.

CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Experimento que mostra o processo do regelo.

A temperatura de ebulição também se altera com a pressão, de modo que, aumentando a pressão sobre o líquido, eleva-se a temperatura de ebulição.

Um exemplo de aplicação desse princípio é a panela de pressão. O vapor de água é impedido de sair da panela, aumentando assim a pressão na parte interna dela, que pode atingir uma pressão de até 2 atm. Com isso, a água entra em ebulição a uma temperatura de 120 °C, aproximadamente, diminuindo o tempo de cozimento dos alimentos.



HELOÍSA PINTARELLI

Esquema de funcionamento de uma panela de pressão. 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

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Trocas de calor

Contextualização

ALENKADR/SHUTTERSTOCK

Em dias frios, o chá é uma bebida muito consumida.

Em diferentes momentos do dia as pessoas podem presenciar ou sentir as trocas de calor. Quando a temperatura do ambiente em que estamos se torna inferior à do nosso corpo ou quando seguramos uma xícara de chá a uma temperatura maior que nosso corpo, sentimos a transferência de energia.

Já no preparo de alimentos, precisamos aquecê-los, e ao terminar seu preparo eles começam a esfriar até atingirem a mesma temperatura do ambiente. Em todas essas situações é possível perceber as trocas de calor entre os corpos.

a) Qual é a relação entre trocas de calor e temperatura?

b) Em sua opinião, o que ocorre ao colocarmos objetos com temperaturas diferentes em contato?

Orientações

Junte-se a um colega e, utilizando recipientes de materiais e tamanhos diferentes, com água aquecida e com água em temperatura ambiente, investiguem as trocas de calor entre os dois volumes.

Elaborem um roteiro da investigação no caderno, contemplando as seguintes questões.

- Quais conteúdos estudados neste capítulo vamos aplicar nesta atividade?
- Quais materiais vamos precisar para esta atividade?
- Quais cuidados devemos ter durante a investigação?
- De que maneira vamos organizar os dados observados?
- Quais fatores podem influenciar na transferência de energia entre os volumes de água?
- O que devemos fazer com os materiais após a atividade?

Executem a atividade de investigação procurando soluções para os possíveis problemas que surgirem, registrando as etapas e as observações no caderno. Durante a execução da atividade, gravem em vídeo a execução do experimento.

! Peça ajuda a um adulto para manipular os objetos aquecidos ou cortantes.

Análise e divulgação dos dados

O vídeo que vocês fizeram será utilizado para divulgar e compartilhar os procedimentos e os resultados da atividade. Acrescentem ao vídeo suas observações e suas conclusões, bem como as respostas para as seguintes questões.

1. O que ocorreu quando o recipiente com água aquecida foi colocado no recipiente com água em temperatura ambiente?
2. Se os dois volumes de água estivessem à mesma temperatura haveria transferência de calor entre eles?
3. Em que sentido ocorreu a transferência de energia entre os recipientes e os volumes de água?
4. Durante a execução do experimento, quais fatores podem ter influenciado nas trocas de calor entre os corpos?
5. O que ocorreria ao substituir a água quente por água fria, e substituir a que estava em temperatura ambiente por água aquecida?

Apresentem o vídeo produzido para os colegas de outras turmas e, ao final da apresentação, proporcionem um momento para responder às questões ou às 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.

Respostas das questões **3**, **4** e **6** a **8** no **Suplemento para o professor**.

1. Por que os fios de transmissão de energia elétrica não são instalados totalmente esticados entre os postes? O que aconteceria com esses fios se, por um erro na instalação, eles fossem instalados de forma esticada?

Porque no inverno eles podem se contrair sem se romper. Uma instalação com os fios totalmente esticados pode comprometer a distribuição de energia, pois em casos em que os fios se contraem, podem danificar os postes ou se arrebentar.

PHOTO RF/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Garrafa de vidro trincada após ser esquecida dentro de *freezer*.

2. Explique o que ocorre com um volume de água ao ser resfriada de 4 °C a 0 °C. Qual é a relação desse fenômeno com o que ocorre ao esquecer no *freezer* uma garrafa de vidro cheia de água, a ponto de estourar? Converse com seus colegas.

Nesse intervalo de temperatura, o volume da água aumenta conforme a temperatura é diminuída. Esse efeito explica por que uma garrafa de vidro estoura, pois o volume do vidro diminui enquanto o da água aumenta.

3. Cada trilho de ferro (Fe) de uma linha férrea tem 24 m de comprimento à temperatura de 2 °C. Considerando que a dilatação ocorre em apenas uma direção e sabendo que a máxima temperatura na região é de 42 °C, qual deve ser a menor distância entre dois trilhos consecutivos? $(\alpha_{Fe} = 11 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1})$

4. Uma chapa de aço tem lados que medem 20 cm quando a temperatura é 0 °C. Qual será a área da chapa quando sua temperatura for elevada até 200 °C? $(\alpha = 11 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1})$

LIGHTHUNTER/SHUTTERSTOCK

resina

5. No processo de recuperação da saúde bucal utiliza-se a obturação. Trata-se da retirada e limpeza da região do dente afetada por uma cárie. Por fim, a cavidade é preenchida com resina, cujo resultado final está mostrado na fotografia ao lado.

Resina utilizada no processo de recuperação dentária.

Em relação ao coeficiente de dilatação da resina, comparado ao coeficiente de dilatação do dente, explique se ela deve ser maior, menor ou igual. Qual seria a consequência se fosse utilizada uma resina com o coeficiente inadequado? Explique.

5. O coeficiente de dilatação da resina deve ser igual ao do dente. Se fosse maior ou menor, quando houvesse variação na temperatura, a resina causaria lesões no dente, pois as diferentes taxas de dilatação pressionariam a estrutura do dente, causando-lhe fissuras.

6. Qual é a capacidade térmica de uma substância de massa igual a 500 g, cuja temperatura varia de 10 °C para 80 °C ao receber uma quantidade de calor de 5 000 cal? Qual é o calor específico da substância?

7. No litoral, durante o dia, o sentido do vento ocorre do mar para a areia e, durante a noite, o vento inverte seu sentido, da areia para o mar. Isso acontece porque a temperatura da areia aumenta e diminui rapidamente. Com base nisso, julgue cada afirmação a seguir como verdadeira ou falsa, justificando as falsas no caderno.

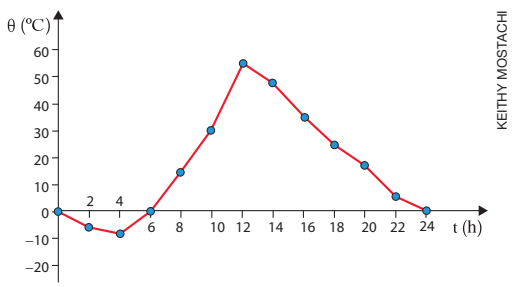
I) A temperatura da areia diminui mais rápido que o mar, pois seu calor específico é maior e sua capacidade térmica é menor.

II) A temperatura da areia aumenta mais rápido que o mar, pois seu calor específico e sua capacidade térmica são maiores.

III) A temperatura do mar diminui mais rápido, pois possui menor calor específico e maior capacidade térmica do que a areia.

IV) A temperatura da areia aumenta mais rápido, pois seu calor específico é menor e sua capacidade térmica é maior do que a água.

8. **(Unesp-SP)** O gráfico representa, aproximadamente, como varia a temperatura ambiente no período de um dia, em determinada época do ano, no deserto do Saara. Nessa região a maior parte da superfície do solo é coberta por areia e a umidade relativa do ar é baixíssima.



KEITHY MOSTACHI

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

Respostas das questões **9** e **11** no **Suplemento para o professor**.

A grande amplitude térmica diária observada no gráfico pode, dentre outros fatores, ser explicada pelo fato de que

a) a água líquida apresenta calor específico menor do que o da areia sólida e, assim, devido a maior presença de areia do que de água na região, a retenção de calor no ambiente torna-se difícil, causando a drástica queda de temperatura na madrugada.

b) o calor específico da areia é baixo e, por isso, ela esquenta rapidamente quando ganha calor e esfria rapidamente quando perde. A baixa umidade do ar não retém o calor perdido pela areia quando ela esfria, explicando a queda de temperatura na madrugada.

c) a falta de água e, consequentemente, de nuvens no ambiente do Saara intensifica o efeito estufa, o que contribui para uma maior retenção de energia térmica na região.

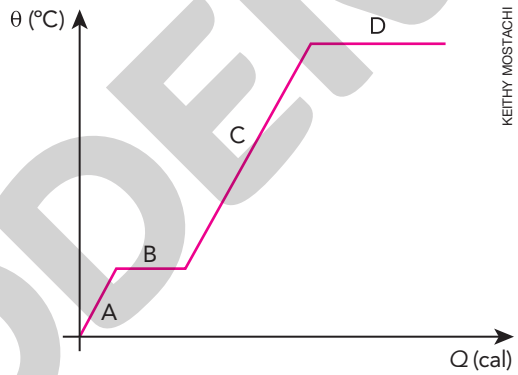
d) o calor se propaga facilmente na região por condução, uma vez que o ar seco é um excelente condutor de calor. Dessa forma, a energia retida pela areia durante o dia se dissipa pelo ambiente à noite, causando a queda de temperatura.

e) da grande massa de areia existente na região do Saara apresenta grande mobilidade, causando a dissipação do calor absorvido durante o dia e a drástica queda de temperatura à noite.

Alternativa **b**.

9. Sobre a superfície externa de um copo com água gelada é comum observar a formação de gotículas de água. Do mesmo modo que é comum a parte interna do vidro dos carros embaçar em dias frios. Qual é a explicação para esses fenômenos? Justifique sua resposta no caderno.

10. **(Uerj-RJ)** Observe no diagrama as etapas de variação da temperatura e de mudanças de estado físico de uma esfera sólida, em função do calor por ela recebido. Admita que a esfera é constituída por um metal puro.



KEITHY MOSTACHI

Durante a etapa D, ocorre a seguinte mudança de estado físico:

a) fusão

b) sublimação

c) condensação

d) vaporização

Alternativa **d**.

11. Considere um cubo de gelo de 800 g de massa a uma temperatura de 0 °C. Qual é a quantidade de calor necessária para liquefazer totalmente sua massa? Considere o calor latente de fusão do gelo igual a 80 cal/g.

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

Respostas no **Suplemento para o professor**.

Refletindo sobre o que estudou nesta unidade, responda às questões a seguir.

1. No período de um minuto, escreva algumas atividades humanas em pedaços de papel, de preferência as referentes ao seu dia a dia, que podem interferir nos ciclos biogeoquímicos. Em seguida, entregue os papéis ao professor e, com os colegas, identifiquem medidas que podem ajudar a reduzir a interferência de cada uma dessas atividades nos ciclos da matéria no ambiente.

2. Explique o que é rendimento de uma reação química.

3. Conceitue massa molar e explique sua importância para os cálculos estequiométricos.

4. Em um período de dois minutos, escreva em pedaços de papel alguns termos que descrevam os efeitos da absorção ou da perda de calor por uma substância. Em seguida, explique por que estruturas como viadutos precisam de juntas de dilatação.

5. Explique qual é a diferença entre calor sensível e calor latente.

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

MODERNA

SER CONSCIENTE Biocombustíveis

Leia a manchete a seguir.

Brasil deve elevar mistura de biodiesel para 15% até 2023; movimento impulsiona demanda por soja

TEIXEIRA, M. Brasil deve elevar mistura de biodiesel para 15% até 2023; movimento impulsiona demanda por soja. *Reuters*, São Paulo, 12 nov. 2019. Disponível em: <https://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN1XM27L-OBRBS>. Acesso em: 21 ago. 2020.

1. O que você sabe sobre biodiesel?
2. Segundo a manchete ao lado, até 2023 deve ocorrer um aumento da mistura de biodiesel ao *diesel* fóssil e, consequentemente, o aumento da demanda por soja. Explique essa relação.

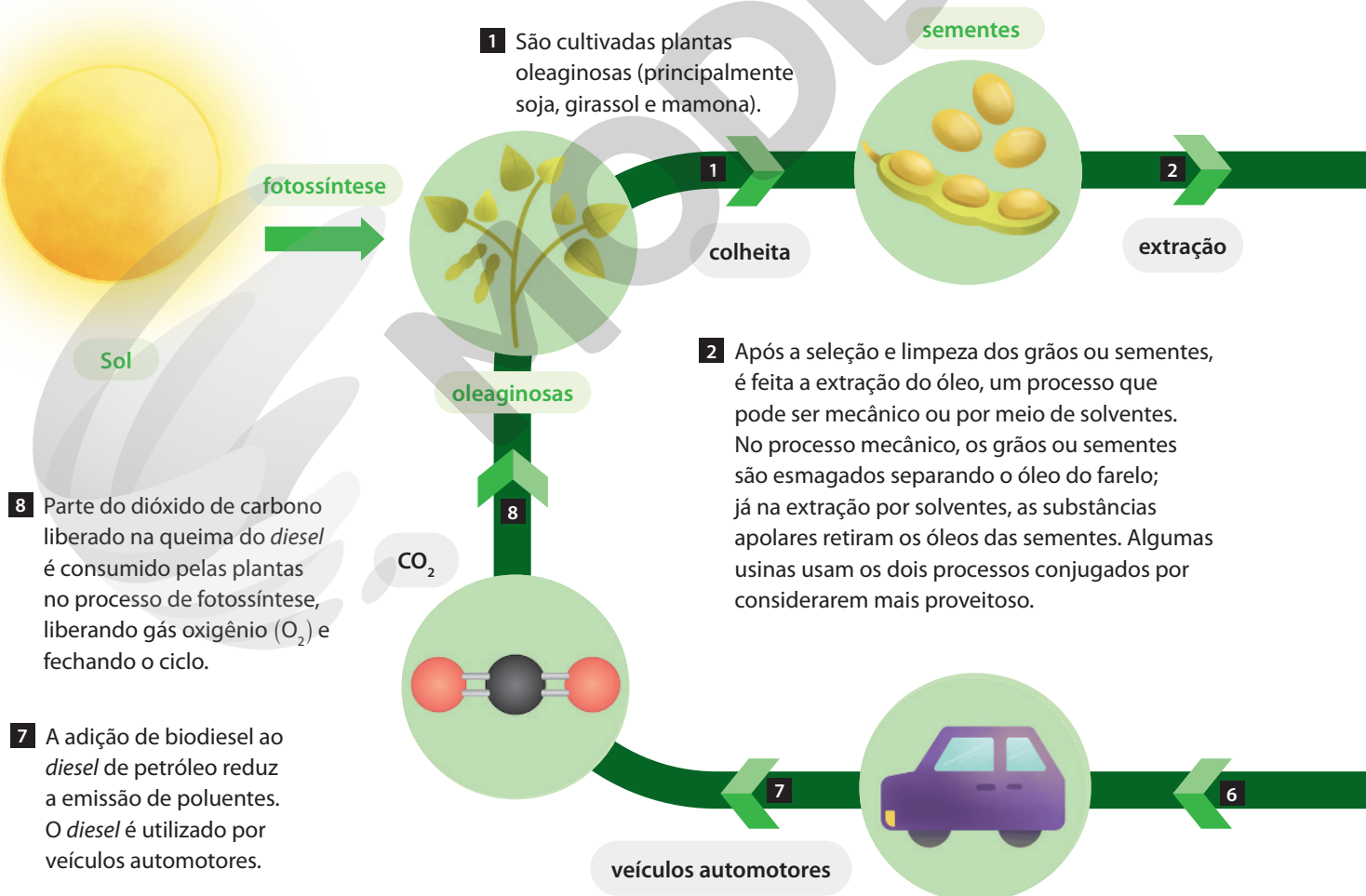
Respostas no **Suplemento para o professor**.

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, como óleos vegetais e gorduras animais. Ele é menos poluente que os combustíveis fósseis, podendo substituir total ou parcialmente o *diesel* derivado do petróleo.

A mistura entre os dois combustíveis é classificada de acordo com a porcentagem de biodiesel adicionado. Por exemplo, uma mistura com 7% de biodiesel e 93% de *diesel* fóssil é chamada B7; já o biodiesel puro é denominado B100, o qual é obrigatoriamente adicionado ao *diesel* fóssil em proporções que variam conforme a legislação em vigor. Essa adição ajuda a reduzir as emissões de gases poluentes.

No Brasil, o biodiesel é produzido principalmente a partir do óleo de soja, mas também pode ser produzido a partir da mamona, do girassol, do amendoim, do dendê, do babaçu e do algodão. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o país

Representação das etapas de produção do biodiesel. Imagens sem proporção e em cores-fantasia.



MODERNA

produziu aproximadamente 115 milhões de toneladas de soja em 2019 e, de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove), em 2020 pelo menos 25 milhões de toneladas de soja serão usados para a produção desse combustível.

De acordo com estudos, o uso do biodiesel reduz até aproximadamente 78% das emissões de dióxido de carbono em relação ao uso do *diesel*. Isso ocorre porque, durante seu desenvolvimento, as plantas oleaginosas cultivadas capturam e consomem o CO_2 emitido pela queima desse combustível, reduzindo o acúmulo desse gás na atmosfera. Assim, o uso da biomassa orgânica não altera o ciclo do carbono, como é observado com o uso de combustíveis fósseis.

No entanto, o custo de produção do biodiesel é mais elevado do que o do *diesel* fóssil, além de aumentar a demanda pelo cultivo de soja, que é utilizada como alimento. Outra desvantagem do uso do biodiesel puro é o aumento da emissão de óxidos de nitrogênio na atmosfera. No entanto, essa emissão pode ser reduzida com o uso de aditivos ou ajustes nos motores. Veja no esquema como o biodiesel é produzido.

VASILIUS/SHUTTERSTOCK

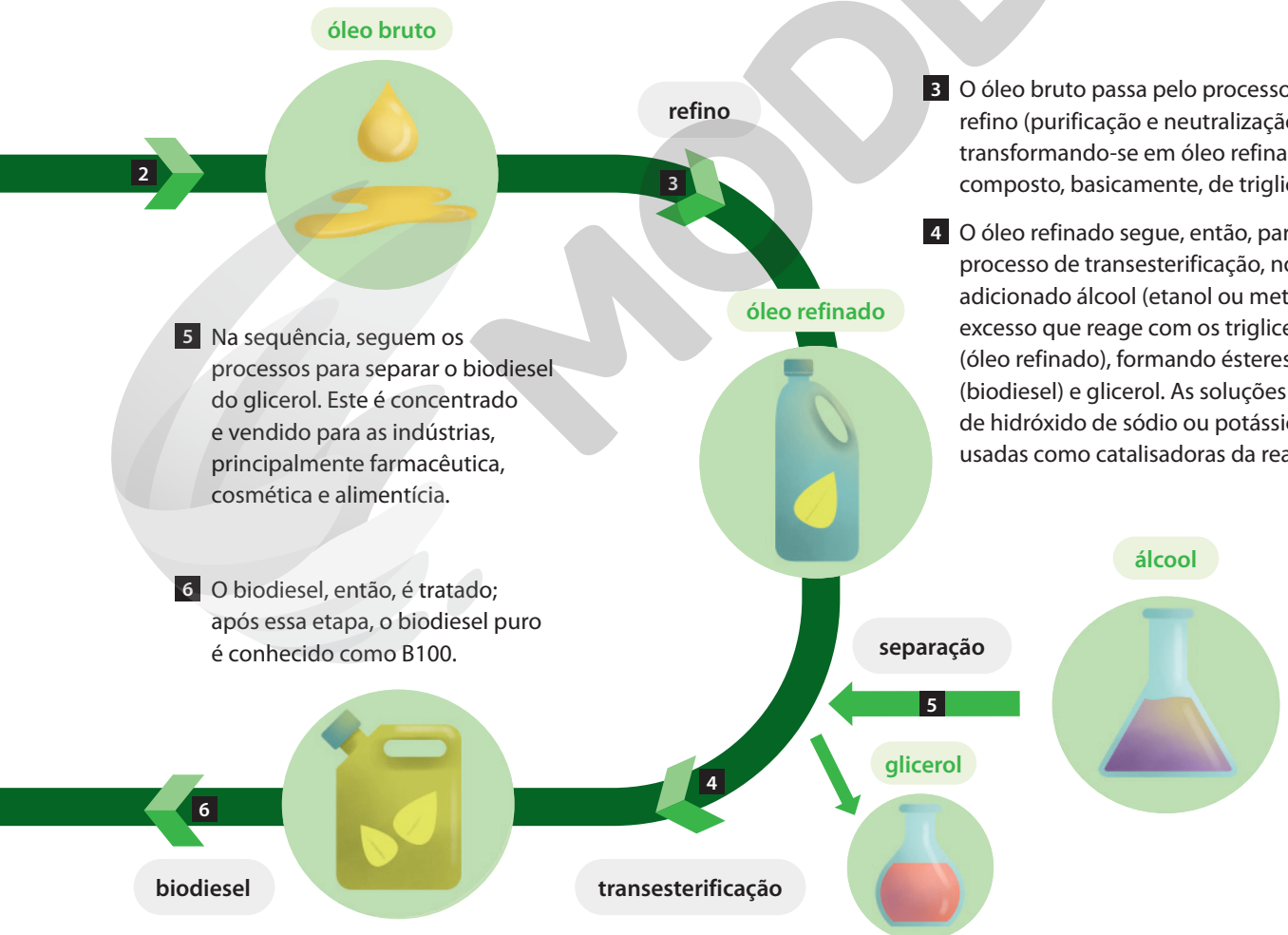
Folhas de soja. A soja é a principal matéria-prima para a produção de biodiesel.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

A Quais são os principais problemas causados pelo uso do *diesel* fóssil?

B Quais são as vantagens do uso do biodiesel como combustível, considerando todas as etapas de produção e consumo?

C Junte-se a três colegas e façam uma pesquisa sobre outras fontes de energia renovável utilizadas no Brasil. Pontuem as vantagens e desvantagens do uso dessa alternativa em relação ao uso de fontes fósseis. Com base nessa pesquisa, produzam um *podcast* para ser divulgado para as outras turmas da escola, para os seus familiares e amigos.



3 O óleo bruto passa pelo processo de refino (purificação e neutralização), transformando-se em óleo refinado composto, basicamente, de triglicerídeos.

4 O óleo refinado segue, então, para o processo de transesterificação, no qual é adicionado álcool (etanol ou metanol) em excesso que reage com os triglicerídeos (óleo refinado), formando ésteres (biodiesel) e glicerol. As soluções alcalinas de hidróxido de sódio ou potássio são usadas como catalisadoras da reação.

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

MODERNA

UNIDADE

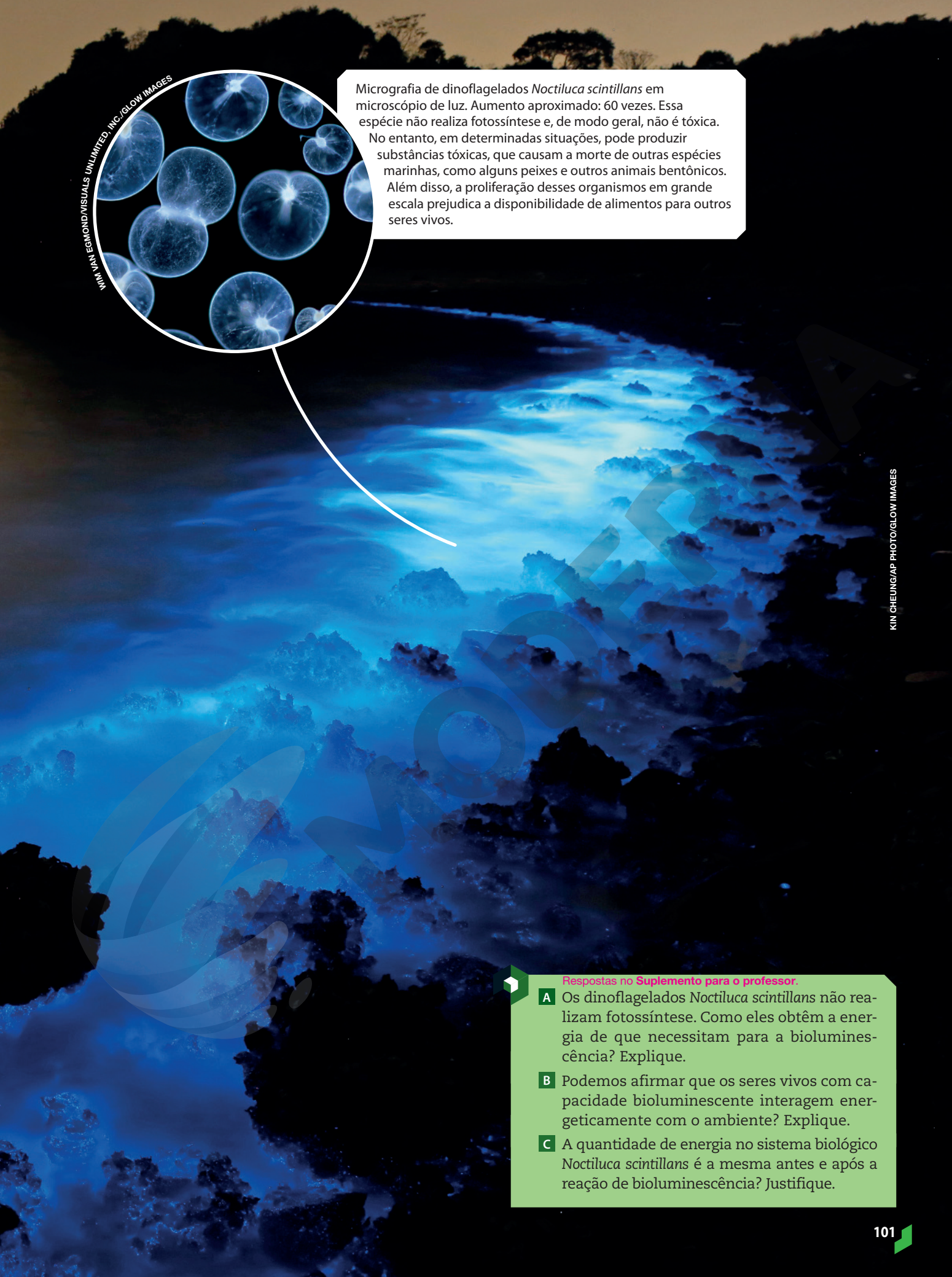
3

Trocas de energia

As luzes azuis na água podem até parecer efeitos especiais, mas são, na verdade, um fenômeno natural resultante da proliferação de organismos dinoflagelados com capacidade bioluminescente, isto é, de produzir e emitir luz. Tal fenômeno ocorre predominantemente em ambientes marinhos e envolve diferentes seres vivos, como os que compõem o plâncton, as bactérias, os invertebrados e alguns órgãos específicos de certos vertebrados.

A bioluminescência resulta de uma reação química que envolve a transformação da substância luciferina pela enzima luciferase. Nessa reação, os organismos transformam energia química em energia luminosa.

Brilho resultante de uma floração de dinoflagelados bioluminescentes (*Noctiluca scintillans*) na região costeira de Hong Kong, China (2015).



WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Micrografia de dinoflagelados *Noctiluca scintillans* em microscópio de luz. Aumento aproximado: 60 vezes. Essa espécie não realiza fotossíntese e, de modo geral, não é tóxica. No entanto, em determinadas situações, pode produzir substâncias tóxicas, que causam a morte de outras espécies marinhas, como alguns peixes e outros animais bentônicos. Além disso, a proliferação desses organismos em grande escala prejudica a disponibilidade de alimentos para outros seres vivos.

KIN CHEUNG/AP PHOTO/GLOW IMAGES

Respostas no **Suplemento para o professor**.

A Os dinoflagelados *Noctiluca scintillans* não realizam fotossíntese. Como eles obtêm a energia de que necessitam para a bioluminescência? Explique.

B Podemos afirmar que os seres vivos com capacidade bioluminescente interagem energeticamente com o ambiente? Explique.

C A quantidade de energia no sistema biológico *Noctiluca scintillans* é a mesma antes e após a reação de bioluminescência? Justifique.

CAPÍTULO 1

A energia e os sistemas ecológicos

Seres vivos como transformadores de energia

Respostas no **Suplemento para o professor**.

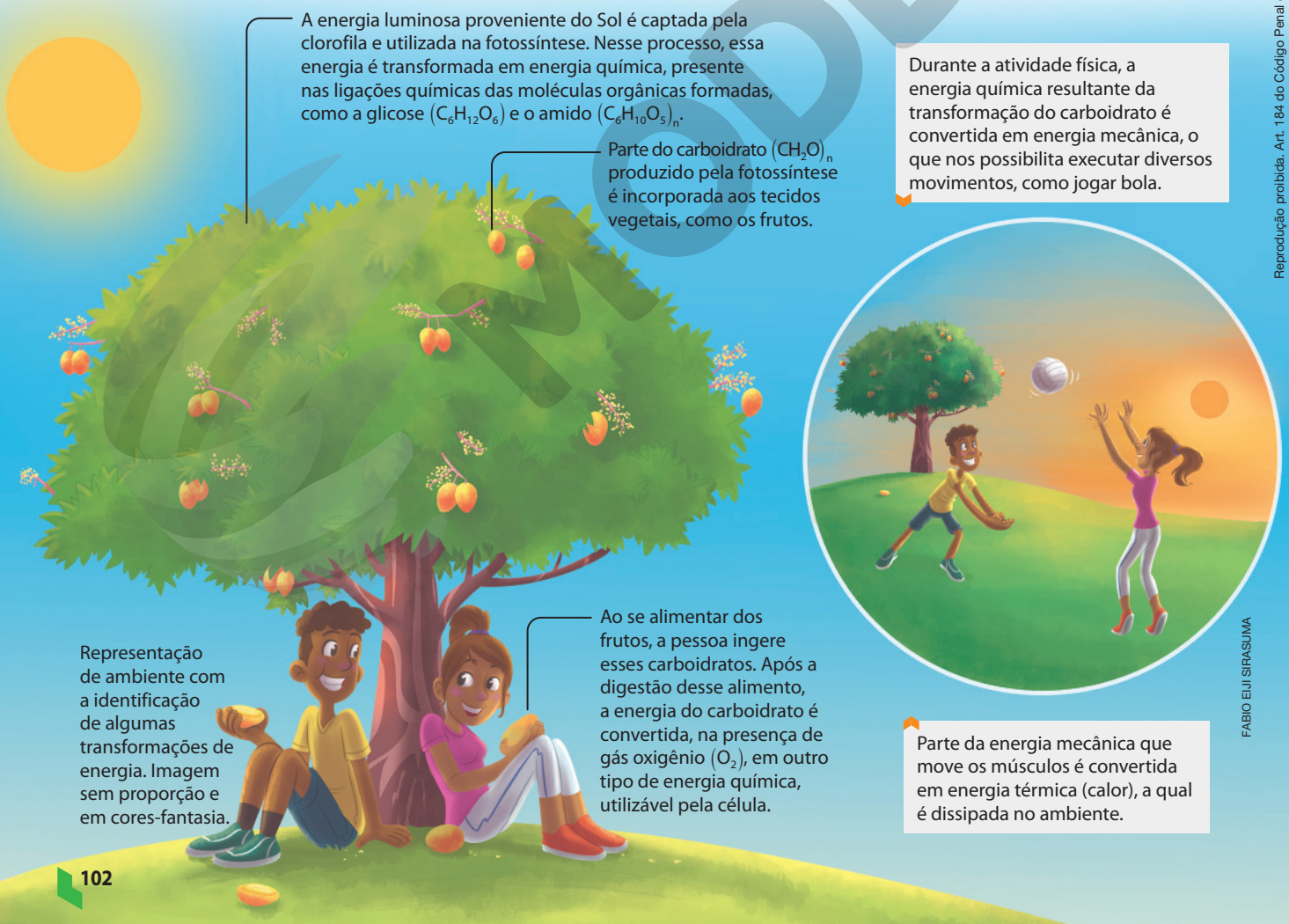
1. Cite duas formas de energia presentes em seu dia a dia.
2. O que você entende como transformar energia? Exemplifique.
3. É comum as pessoas relacionarem a prática de atividades físicas com gasto de energia. Explique com suas palavras essa afirmação.

Para iniciarmos o estudo sobre os seres vivos como transformadores de energia, responda as questões ao lado.

Em nosso dia a dia, utilizamos o termo energia para nos referir a diferentes situações. Provavelmente, você o associa à eletricidade ou à lâmpada elétrica, que ilumina artificialmente os ambientes. Isso está correto, mas a energia está presente em outras diversas situações, inclusive nas que envolvem os seres vivos.

Para um ser vivo crescer, desenvolver-se, reproduzir-se e executar diferentes movimentos, como caminhar, correr, voar e nadar, é necessário ter energia, assim como é necessário para os seres vivos autotróficos realizarem fotossíntese. Todos esses processos envolvem energia e sua transformação.

Existem diferentes tipos de energia, como a luminosa, a química, a cinética, a mecânica e a térmica. Tais energias estão constantemente sendo transformadas no ambiente e nos seres vivos, não podendo ser criadas nem destruídas. Veja o exemplo a seguir.



Representação de ambiente com a identificação de algumas transformações de energia. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

FABIO EIJI SIRASUMA

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

MODERNA

Processos energéticos nos seres vivos

Como citado anteriormente, uma das transformações energéticas em seres vivos ocorre nas células na presença de gás oxigênio, a chamada **respiração celular**. Esse processo é realizado por alguns seres vivos, como plantas e animais, e resulta na transferência da energia contida nas ligações químicas das moléculas orgânicas para ligações químicas de moléculas de adenosina trifosfato (ATP). Essa transferência de energia também ocorre em alguns fungos e bactérias, sem, no entanto, necessitar de gás oxigênio, a chamada fermentação.

As transformações de energia que ocorrem nos seres vivos compõem o metabolismo, que pode ser dividido em anabolismo e catabolismo. De modo geral, no primeiro, as reações químicas produzem moléculas complexas com base em moléculas simples, absorvendo energia. Já no segundo, as reações químicas decompõem moléculas mais complexas em moléculas mais simples, liberando energia.

A transferência de energia que ocorre nas reações metabólicas é altamente organizada e regulada pelas células. Esse controle é exercido principalmente por enzimas e coenzimas, que determinam a quantidade necessária de energia a ser utilizada em cada processo. A energia química liberada na degradação de moléculas da glicose, por exemplo, é armazenada temporariamente em moléculas carreadoras. Essas moléculas apresentam ligações químicas ricas em energia e podem ser transportadas rapidamente pela célula, transferindo sua energia para as reações químicas.

Coenzima: molécula que se une à enzima para atuar nas reações químicas.

Elétron: partícula com carga elétrica negativa.

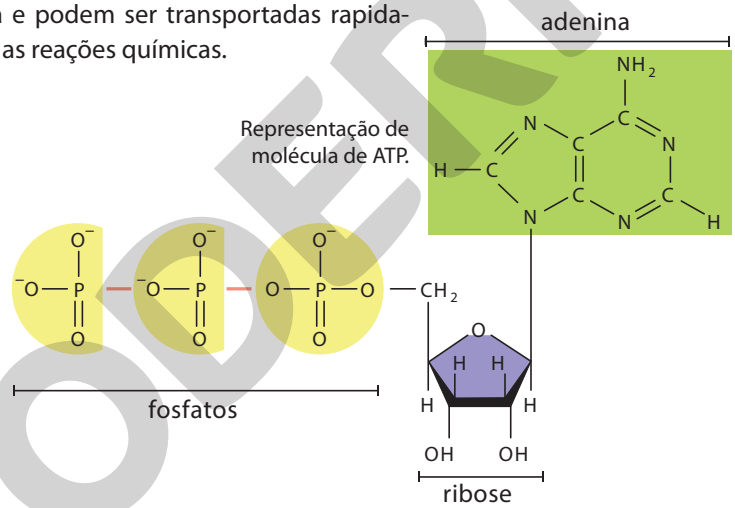
Enzima: molécula, geralmente proteína, que facilita a ocorrência de reações químicas nas células.

Entre as moléculas que participam dos processos energéticos nos seres vivos, podemos citar: ATP, ADP, FAD e NAD.

A **ATP** (adenosina trifosfato) é uma das principais moléculas carreadoras das células. Sua estrutura contém uma base nitrogenada (adenina) ligada a um monossacarídeo (ribose), que se une a três grupos fosfato.

Quando ocorre o rompimento da ligação de um dos grupos fosfato do ATP, ocorre liberação de energia, formando a adenosina difosfato ou **ADP**, e um íon dihidrogenofosfato ($H_2PO_4^{2-}$) ou fosfato inorgânico (Pi).*

Representação de molécula de ATP.



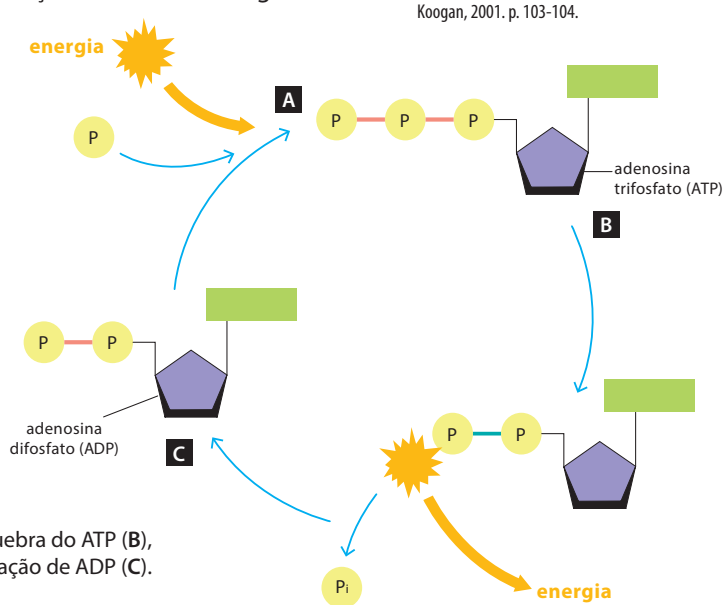
ILUSTRAÇÕES: CARLOS BORIN

Ilustrações produzidas com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 103-104.

Na formação de ATP, um grupo fosfato se liga ao grupo fosfato da molécula de ADP, por meio da utilização de energia. Isso faz que essas reações absorvam energia.

Outra maneira de obter energia no organismo é por meio do transporte de elétrons. Em algumas reações químicas, as substâncias podem perder ou ganhar elétrons. Quando há ganho de elétrons, ocorre redução, e, quando há perda de elétrons, ocorre oxidação. Essas reações, chamadas de oxirredução, ocorrem simultaneamente. Quando uma molécula perde um átomo de hidrogênio (H), ela sofre oxidação, pois também está perdendo um elétron. Já quando uma molécula recebe um átomo de hidrogênio, sofre redução porque também está ganhando um elétron.

*Pi é a abreviatura para a representação do íon fosfato.



Representação da formação do ATP (**A**) e da quebra do ATP (**B**), com consequente formação de ADP (**C**).

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

MODERNA

Moléculas como a glicose, ricas em energia, são metabolizadas por meio de uma série de reações químicas de oxidação. As moléculas intermediárias dessas reações químicas doam elétrons para coenzimas específicas. Entre as mais importantes, estão as coenzimas NAD^+ (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo), $NADP^+$ (fosfato-de-nicotinamida-adenina-dinucleotídeo) e FAD (flavina-adenina-dinucleotídeo).

Enquanto NAD e FAD, geralmente, estão envolvidos em reações de catabolismo, como a fermentação e a respiração, o NADP participa de reações de anabolismo, como fotossíntese e quimiossíntese.

Quando uma molécula de hidrogênio é acoplada ao NAD, FAD ou NADP, essas coenzimas deixam sua forma natural oxidada e passam a se apresentar na forma reduzida: NADH, $FADH_2$ e NADPH. Veja o quadro ao lado.

Forma oxidada		Forma reduzida
NAD^+	→	NADH
$NADP^+$	→	NADPH
FAD^+	→	$FADH_2$

Cada coenzima na forma reduzida pode doar um par de elétrons a carreadores de elétrons, nas chamadas cadeias transportadoras de elétrons. Conforme os elétrons fluem nessa cadeia, eles perdem parte da energia livre. Parte desta energia é captada e armazenada para produzir ATP usando ADP e Pi, na fosforilação oxidativa. A parte da energia não captada é utilizada em outras reações químicas no interior da mitocôndria.

Fotossíntese

A fotossíntese envolve duas etapas. A primeira ocorre nas membranas dos tilacoides, tem a participação de pigmentos fotossintéticos e enzimas e recebe o nome de **etapa fotoquímica** ou fase clara, uma vez que essas reações dependem diretamente da luz.

Nessa etapa, ocorre a conversão da energia luminosa em energia química, com a consequente formação de ATP e de um transportador de elétrons reduzido (NADPH). Essa etapa depende de dois processos: a fotólise da água (H_2O) e a fotofosforilação.

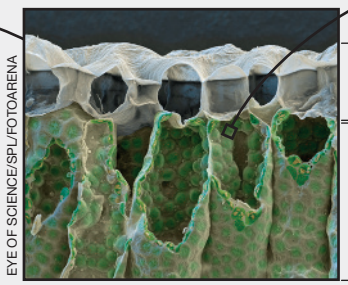
Inicialmente, a energia luminosa é transferida para a molécula de clorofila e, ao mesmo tempo, ocorre a fotólise da água, ou seja, a quebra dessa molécula por ação da luz. Essa reação química promove a liberação de gás oxigênio, átomos de hidrogênio e elétrons (e^-).

$$2\,H_2O \longrightarrow 4\,e^- + 4\,H^+ + O_2$$

Os elétrons liberados na fotólise são capturados por moléculas de $NADP^+$, produzindo NADPH. Já os átomos de hidrogênio e a energia captada da luz solar propiciam condições para que a enzima ATP-sintase realize a fosforilação, na qual uma molécula de ADP se liga a um grupamento fosfato, formando o ATP. Assim, na etapa fotoquímica ocorre a formação de ATP e NADPH.

Erva-moura (*Solanum nigrum*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 1 m de altura.

MARTIN FOWLER/ALAMY/FOTOARENA



EYE OF SCIENCE/SPL/FOTOARENA

Micrografia de folha de erva-moura (*Solanum nigrum*) em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 670 vezes. O mesófilo foliar se refere ao tecido localizado entre as epidermes superior e inferior nas folhas.

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

MODERNA

O Sol é essencial à vida na Terra, mas esse papel não seria desempenhado por completo se não fossem os seres vivos fotoautotróficos, capazes de realizar a fotossíntese. Tal processo energético possibilita que as plantas, as algas e algumas bactérias utilizem a energia luminosa da luz solar na produção de compostos orgânicos altamente energéticos, usando, para isso, componentes inorgânicos simples. As moléculas orgânicas produzidas na fotossíntese podem ser utilizadas pelos próprios organismos fotossintetizantes ou ser transferidas, por meio da alimentação, aos organismos heterotróficos, incapazes de produzir o próprio alimento.

Veja a seguir a equação geral da fotossíntese.

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{luz solar}} O_2 + CH_2O$$

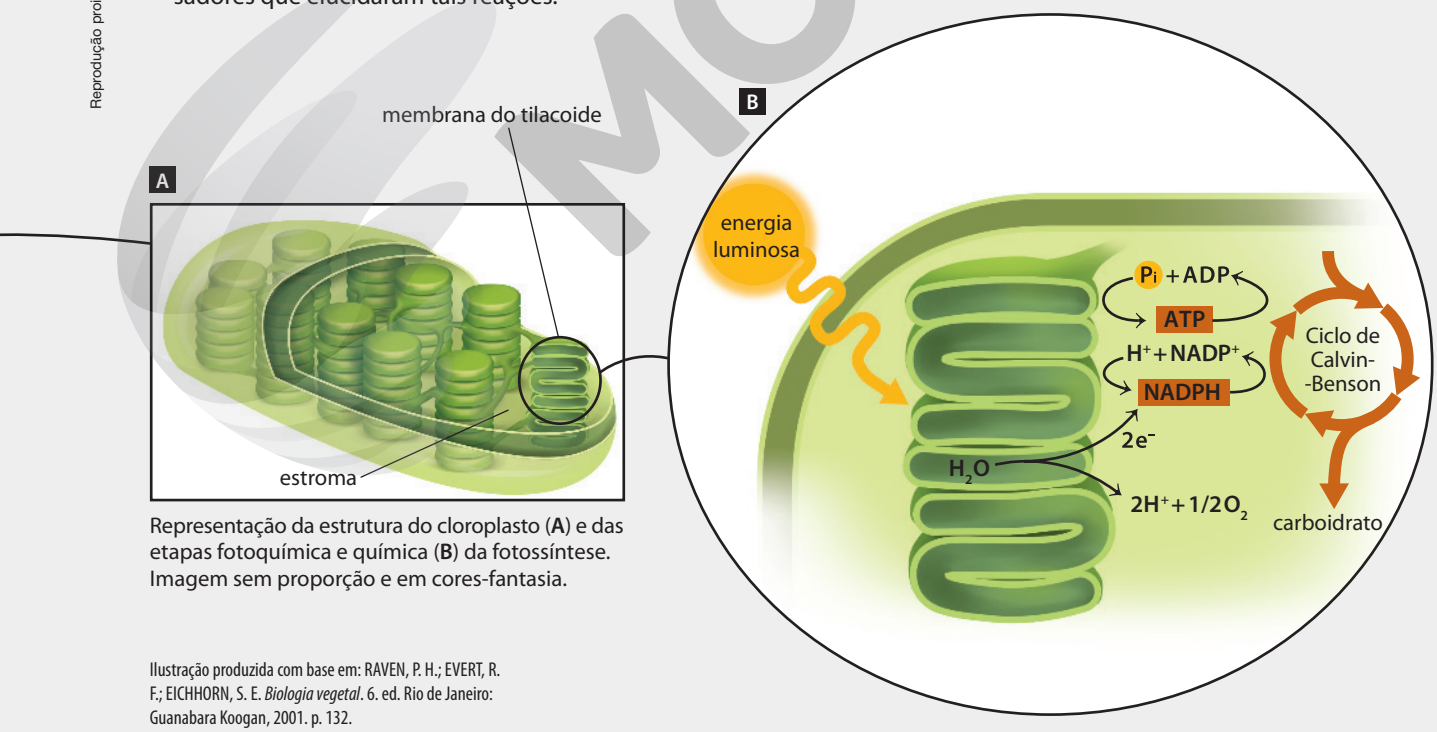
A molécula de água perde dois átomos de hidrogênio e dois elétrons, oxidando-se e formando uma molécula de gás oxigênio. Os átomos de hidrogênio são incorporados à molécula de gás carbônico (CO_2) por meio de uma reação de redução, e se transforma em um carboidrato.

A maioria dos carboidratos formados na reação da fotossíntese são trioses $(C_3H_6O_3)$, ou seja, carboidratos compostos de três carbonos. Apesar disso, essas trioses podem ser utilizadas para produzir a glicose, a qual, normalmente, é apresentada como um produto da reação de fotossíntese. Dessa maneira, a equação da fotossíntese também pode ser representada como mostra a equação química a seguir.

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{\text{luz solar}} 6\,O_2 + C_6H_{12}O_6$$

A segunda etapa ocorre no estroma do cloroplasto e recebe o nome de **etapa química** ou fase escura, pois não depende diretamente da luz. Nessa etapa, ocorre a fixação de gás carbônico e a formação de carboidrato. Para isso, o ATP e NADPH, formados na etapa fotoquímica, são utilizados para fixar e reduzir o carbono (C) presente no gás carbônico, bem como para sintetizar carboidratos, como sacarose $(C_{12}H_{22}O_{11})$ e amido.

A sequência de reações químicas que ocorre nessa etapa recebe o nome de Ciclo das pentoses ou Ciclo de Calvin-Benson. Esse nome é uma homenagem aos bioquímicos estadunidenses Melvin Calvin (1911-1997) e Andrew Benson (1917-2015), pesquisadores que elucidaram tais reações.



Representação da estrutura do cloroplasto (**A**) e das etapas fotoquímica e química (**B**) da fotossíntese. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Ilustração produzida com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 132.

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

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

MODERNA

4. Qual é a importância do sistema respiratório para a respiração celular?

5. Nos seres humanos, qual é o sistema e o processo responsáveis pela quebra do amido em glicose?

4. Espera-se que os estudantes respondam que o sistema respiratório possibilita que o organismo obtenha gás oxigênio, o qual será utilizado nas células para obter energia via respiração celular, bem como eliminar o gás carbônico resultante desse processo.

5. Espera-se que os estudantes respondam que essa quebra ocorre no sistema digestório, durante o processo de digestão, que se inicia na boca.

Respiração celular

A energia da luz solar, absorvida durante a fotossíntese, é armazenada nas células vegetais na forma de amido. Para que essa energia seja liberada, o carboidrato deve passar por uma série de transformações, as quais se iniciam pelo rompimento das ligações químicas do amido, resultando na liberação de moléculas de glicose.

As moléculas de glicose atravessam a membrana plasmática das células, onde serão transformadas por meio da respiração celular, resultando na liberação de energia. Esse processo ocorre na presença de gás oxigênio, sendo, portanto, uma reação química aeróbica.

A respiração celular pode ser resumida na equação química representada a seguir.

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{energia}$$

Uma molécula de glicose é oxidada, resultando em seis moléculas de gás carbônico, seis moléculas de água e energia.

A respiração celular é dividida em três etapas, executadas em diferentes partes da célula.

A **glicólise** ocorre no citosol da célula e é caracterizada pela quebra da molécula de glicose. Trata-se de uma etapa anaeróbica da respiração celular, isto é, o gás oxigênio não é utilizado. Essa etapa também ocorre na fermentação.

Citosol: porção do citoplasma, com exclusão de organelas com membranas, como retículo endoplasmático e mitocôndria.

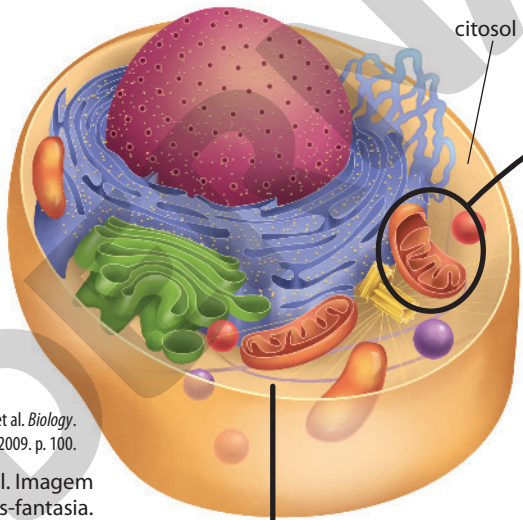
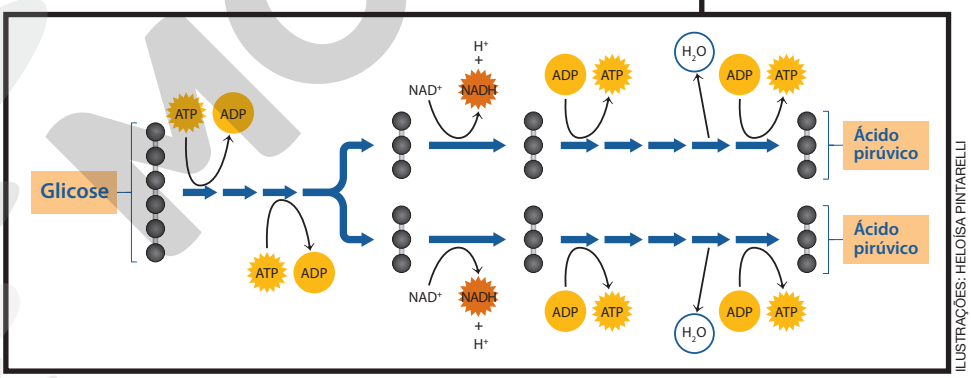


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 100.

Representação de célula animal. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.



ILUSTRAÇÕES: HELOISA PINTARELLI

Ilustração produzida com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 110-111.

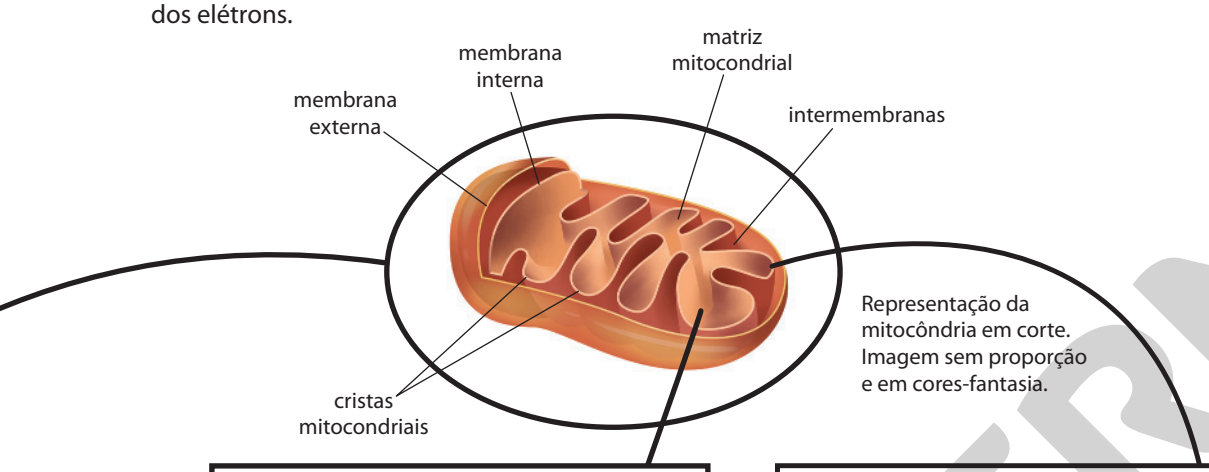
Representação da glicólise.

No citosol, a glicose sofre uma sequência de reações químicas nas quais uma molécula de glicose forma duas moléculas de piruvato, ou ácido pirúvico $(C_3H_4O_3)$. Ao longo da glicólise, duas moléculas de ATP são consumidas enquanto quatro são produzidas. Além disso, duas moléculas de NAD^+ são reduzidas à NADH e há liberação de duas moléculas de água com dois íons hidrogênio.

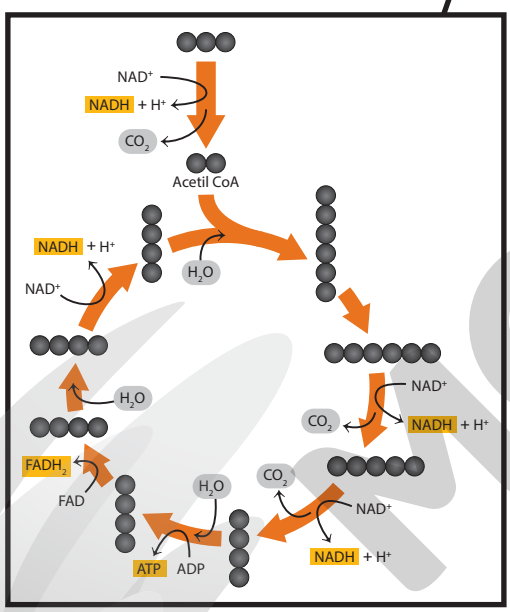
O **Ciclo de Krebs**, também conhecido como Ciclo do ácido cítrico, ocorre na matriz mitocondrial e é a via final de oxidação dos carboidratos, quando são convertidos em gás carbônico. Essa reação química fornece energia para a produção da maior parte do ATP.

Durante a glicólise e o Ciclo de Krebs, parte da energia proveniente da quebra da glicose é utilizada na formação de moléculas de ATP, enquanto a outra encontra-se nos elétrons retirados dos átomos de carbono, acoplados nos carreadores NADH e $FADH_2$. Na etapa da **Cadeia respiratória**, também conhecida como fosforilação oxidativa, esses elétrons são transferidos para o oxigênio molecular, por uma série de transportadores presentes nas membranas da crista mitocondrial, e ao final do processo se combinam a íons hidrogênio, formando água. Além disso, a passagem desses elétrons pelo complexo transportador gera as condições necessárias para a formação de moléculas de ATP.

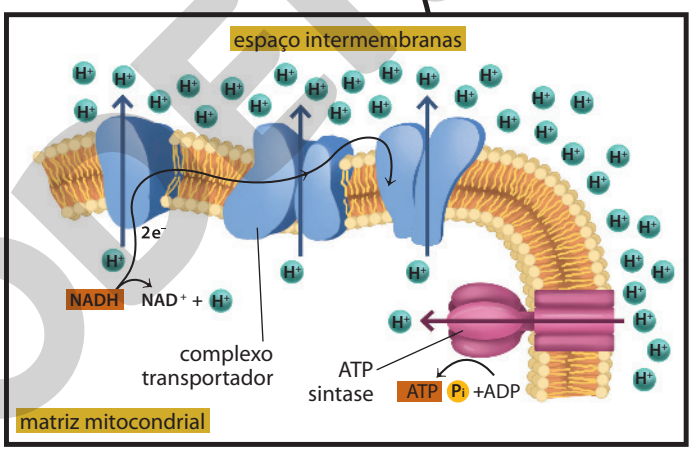
Esse processo trata-se de uma via aeróbica, pois o gás oxigênio é o aceptor final dos elétrons.



Representação da mitocôndria em corte. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.



Representação do Ciclo de Krebs.



Representação da cadeia transportadora de elétrons e do complexo ATP sintase. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

O piruvato, proveniente da glicólise, atravessa as membranas da mitocôndria, atingindo sua matriz. Nessa porção da mitocôndria, o piruvato é oxidado a acetil-CoA (acetil coenzima A), uma molécula de dois carbonos que será incorporada ao intermediário oxaloacetato para ingressar efetivamente no Ciclo de Krebs. Ao longo desse ciclo, a acetil-CoA é oxidada a uma molécula de oxaloacetato regenerada, o que possibilita ser utilizada novamente, caracterizando um ciclo. Elétrons de alta energia são transportados por moléculas carreadoras, como NADH e $FADH_2$.

Moléculas de NADH e $FADH_2$ transferem os elétrons para um complexo transportador, presente na crista mitocondrial.

Os elétrons são transferidos entre complexos e moléculas transportadoras, gerando íons H^+, que são bombeados da matriz mitocondrial para o espaço intermembranas.

O acúmulo de íons H^+ causa um desequilíbrio entre esse espaço e a matriz mitocondrial. Isso leva os íons a retornarem à matriz mitocondrial por meio de um complexo de proteínas formadoras de ATP, chamado de ATP-sintase. Durante sua passagem, os íons H^+ fornecem energia ao complexo para a síntese de ATP, na chamada fosforilação oxidativa.

Ilustrações produzidas com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 110, 112 e 118.

Na cadeia transportadora de elétrons há também uma outra estrutura proteica complexa, presente na membrana interna da mitocôndria e que contém FAD. No entanto, ela não está representada nessa imagem, pois não faz parte da transferência de elétrons do NADH para O_2.

MODERNA

Ao longo da respiração celular, moléculas de ATP são produzidas e, em alguns seres vivos, consumidas. Veja a seguir o balanço energético desse processo.

Glicólise	Ciclo de Krebs	Cadeia respiratória	Total
Nesta etapa, são produzidas quatro moléculas de ATP e duas moléculas de NADH. Como são utilizadas duas moléculas de ATP para oxidar a glicose em piruvato, o saldo final da glicólise é de duas moléculas de ATP.	Duas moléculas de NADH são produzidas durante a oxidação das duas moléculas de piruvato a acetil-CoA. Ao final do Ciclo de Krebs são formadas duas moléculas de ATP, seis moléculas de NADH e duas moléculas de $FADH_2$.	Todos os cofatores produzidos durante a glicólise e o Ciclo de Krebs (NADH e $FADH_2$) são utilizados na cadeia respiratória para a produção de ATP. Como cada molécula de NADH tem energia para sintetizar três moléculas de ATP, e cada molécula de $FADH_2$ tem energia para sintetizar duas moléculas de ATP, o saldo total da cadeia respiratória é de 34 ATP.	Dessa maneira, uma única molécula de glicose resulta na formação de 38 moléculas de ATP.
2 ATP	+ 2 ATP	+ 34 ATP	= 38 ATP

O saldo energético da respiração celular nas células eucarióticas é de 36 moléculas de ATP, pois duas moléculas de ATP são utilizadas para transportar as duas moléculas de NADH, produzidas no citosol da mitocôndria durante a glicólise, para o interior da mitocôndria. Como nas células procarióticas não há mitocôndrias e, portanto, não ocorre o gasto de duas moléculas de ATP, o saldo da respiração celular é de 38 moléculas de ATP.

Fermentação alcoólica

O gás oxigênio não está presente em todos os ambientes, tampouco é utilizado por todos os seres vivos. Como é possível que esses seres vivos obtenham a energia de que necessitam? Isso ocorre por meio da fermentação.

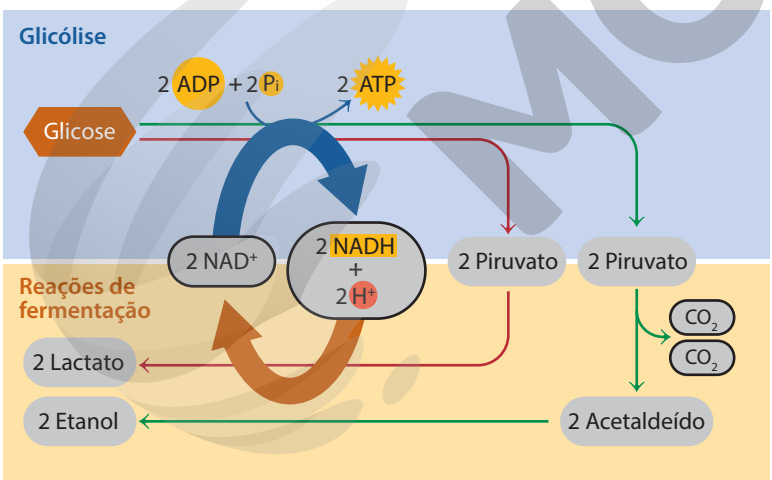
A fermentação é realizada por seres vivos anaeróbicos e como alternativa para obter energia pelos organismos aeróbicos ou por alguns de seus tecidos em condições específicas, como na ausência ou baixa concentração de gás oxigênio.

A fermentação se inicia com a glicólise, que resulta em piruvato e NADH, que não entram na mitocôndria. Na ausência de O_2, o NADH se torna o aceptor final, sendo reoxidado para NAD^+. Quando isso ocorre, o piruvato é reduzido a ácido láctico ou lactato ($C_3H_6O_3$), na chamada fermentação lática.

Em leveduras e algumas células vegetais, existem enzimas que removem CO_2 do piruvato, reduzindo-o a acetaldeído (C_2H_4O). Este é reduzido pelo NADH, produzindo NAD^+ e etanol (C_2H_5OH), na chamada fermentação alcoólica.

O saldo energético da fermentação é de apenas dois ATP, tendo em vista que nesse processo a molécula de glicose não sofre oxidação total, apenas parcial.

HELOÍSA PINTARELLI



Representação da fermentação alcoólica (linhas verdes) e da fermentação lática (linhas vermelhas).

Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. *Vida*: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 130.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Qual é a importância da fermentação para a sociedade? Exemplifique.

b) Por que o álcool, resultante da ação de leveduras presentes no fermento biológico, não se mantém no pão assado, como ocorre nas bebidas alcoólicas?

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 **1** e **3** no **Suplemento para o professor**.

1. O crescimento de ervas daninhas em plantações é considerado um problema para a agricultura, pois elas crescem e se reproduzem em condições semelhantes às das plantas cultivadas, diminuindo a produção na lavoura. Para solucionar esse problema, os agricultores utilizam herbicidas, produtos capazes de matar essas plantas indesejáveis. Alguns desses compostos químicos agem bloqueando a fosforilação oxidativa.

NIGEL CATTLIN/ALAMY/FOTOARENA

Moscas-branca (*Bemisia tabaci*) e ovos em folha de algodoeiro. *B. tabaci* pode atingir aproximadamente 2 mm de comprimento. Além de causarem danos diretamente nas culturas, as plantas daninhas podem abrigar agentes causadores de doenças, como é o caso da mosca-branca, a qual transmite o vírus causador da doença mosaico dourado em culturas de feijão, soja e algodão.

a) Explique qual é a consequência do bloqueio da fosforilação oxidativa para o vegetal.

b) O bloqueio da fosforilação oxidativa pelo herbicida pode gerar consequências para as células animais? Justifique sua resposta.

2. **(Unesp-SP)** Em uma matéria sobre o papel das plantas na redução da concentração atmosférica dos gases do efeito estufa, consta a seguinte informação:

O vegetal "arranca" o carbono, que é o C do CO_2, para usar de matéria-prima para o seu tronco, e devolve para a atmosfera o O_2, ou seja, oxigênio.

(Superinteressante, maio de 2016. Adaptado.)

Tal informação refere-se à

a) respiração celular e está correta, uma vez que, nas mitocôndrias, o carbono do CO_2 é disponibilizado para a síntese de tecidos vegetais e o O_2 é devolvido para a atmosfera.

b) fotossíntese e está correta, uma vez que, através desse processo, a planta utiliza o carbono na síntese de seus tecidos, devolvendo para a atmosfera o oxigênio do CO_2.

c) fotossíntese e está incorreta, uma vez que o carbono do CO_2 é utilizado na síntese de carboidratos que serão consumidos na respiração celular, mas não como matéria-prima do tronco.

d) fotossíntese e está incorreta, uma vez que o oxigênio liberado para atmosfera provém da reação de decomposição da água, e não do CO_2 que a planta capta da atmosfera.

e) respiração celular e está incorreta, uma vez que o O_2 liberado para atmosfera tem origem na quebra de carboidratos na glicólise, da qual também resulta o carbono que irá compor os tecidos vegetais.

Alternativa **d**.

3. A contração muscular envolve gasto energético, ou seja, consumo de ATP. Por isso, durante a realização de atividades físicas o gasto de ATP aumenta, assim como o fluxo sanguíneo e a frequência respiratória, favorecendo a produção de ATP via respiração celular e sua distribuição. No entanto, quando há um esforço muscular intenso, o gás oxigênio disponível não é capaz de suprir as necessidades dos músculos, surgindo sintomas como a câimbra.

BUDA MENDES/GETTY IMAGES

Triatleta espírito-santense Pâmella Nascimento de Oliveira (1987-) comemorando o segundo lugar na prova Ironman, no município de Florianópolis, Santa Catarina, em 26 de maio de 2019. O triatlo é uma prática esportiva que envolve natação, corrida e ciclismo. Uma de suas modalidades é conhecida como Ironman e inclui 38 km de natação, 180,2 km de ciclismo e 42,2 km de corrida.

a) O que é câimbra?

b) Por que, geralmente, durante a prática de atividades físicas intensas, a frequência respiratória e o fluxo sanguíneo aumentam?

c) Explique como a célula muscular gera ATP mesmo na ausência de gás oxigênio.

d) Como o processo descrito no item **c** pode causar câimbra?

e) A glicose pode ser prontamente utilizada para a produção de ATP ou pode ser armazenada sob a forma de glicogênio $(C_6H_{10}O_5)_n$, por exemplo, no fígado e nos músculos esqueléticos. Qual é a importância desse acúmulo de glicogênio para a atividade física intensa?

f) O glicogênio pode ser recrutado pelas células em casos de necessidade de energia. Quais os hormônios humanos estão relacionados ao controle dos níveis de glicose no sangue e como eles atuam?

g) É comum, alguns dias antes de atividades físicas intensas, os atletas ingerirem maior quantidade de carboidratos, a fim de aumentar o estoque de carregamento desse nutriente. Qual é o benefício dessa medida para o atleta?

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

Respostas das questões **6** e **7** no **Suplemento para o professor**.

4. **(Enem)** As proteínas de uma célula eucariótica possuem peptídeos sinais, que são sequências de aminoácidos responsáveis pelo seu endereçamento para as diferentes organelas, de acordo com suas funções. Um pesquisador desenvolveu uma nanopartícula capaz de carregar proteínas para dentro de tipos celulares específicos. Agora ele quer saber se uma nanopartícula carregada com uma proteína bloqueadora do ciclo de Krebs *in vitro* é capaz de exercer sua atividade em uma célula cancerosa, podendo cortar o aporte energético e destruir essas células.

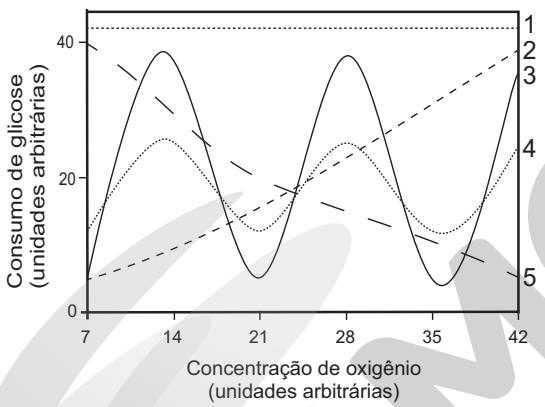
Ao escolher essa proteína bloqueadora para carregar as nanopartículas, o pesquisador deve levar em conta um peptídeo sinal de endereçamento para qual organela?

a) Núcleo.
b) Mitocôndria.
c) Peroxissomo.
d) Complexo golgiense.
e) Retículo endoplasmático.

Alternativa **b**.

5. **(Enem)** Normalmente, as células do organismo humano realizam a respiração aeróbica, na qual o consumo de uma molécula de glicose gera 38 moléculas de ATP. Contudo, em condições anaeróbicas, o consumo de uma molécula de glicose pelas células é capaz de gerar apenas duas moléculas de ATP.

CARLOS BORIN



Qual curva representa o perfil de consumo de glicose, para manutenção da homeostase de uma célula que inicialmente está em uma condição anaeróbica e é submetida a um aumento gradual da concentração de oxigênio?

a) 1 **b)** 2 **c)** 3 **d)** 4 **e)** 5

Alternativa **e**.

6. Reescreva as afirmativas a seguir, substituindo cada número romano pelo termo adequado do quadro abaixo.

matriz mitocondrial	estroma do cloroplasto
Ciclo de Krebs	Ciclo de Calvin-Benson
fotoautotróficos	fermentação lática
glicólise	quimioautotróficos

a) Os organismos capazes de obter energia por meio da oxidação de compostos inorgânicos encontrados no ambiente são chamados (I).

b) O (II) ocorre no (III) e é responsável pela fixação do gás carbônico.

c) Na (IV), o piruvato é convertido em lactato.

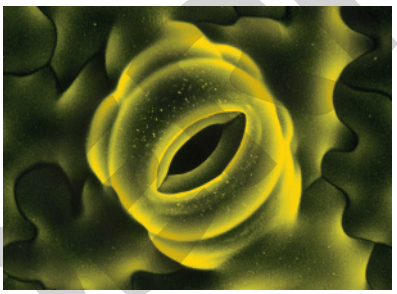
d) Os organismos capazes de obter energia por meio da luz solar são chamados (V).

e) O (VI) ocorre na (VII) e é responsável pela oxidação da acetil-CoA a gás carbônico.

f) O conjunto de reações químicas que ocorrem no citosol da célula e consiste na conversão da glicose em piruvato recebe o nome de (VIII).

7. Os estômatos são estruturas encontradas na epiderme das plantas, principalmente nas folhas. Eles possibilitam a comunicação entre os tecidos vegetais internos e o ambiente e podem mudar sua conformação para aberta ou fechada.

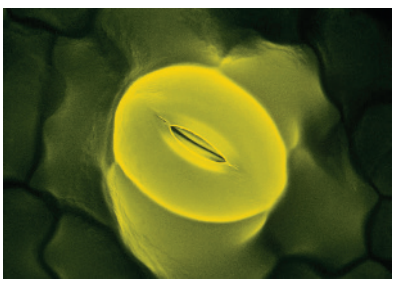
A



DR JEREMY BURGESS/SPL/FOTOARENA

Micrografia de estômato aberto na superfície foliar de tabaco (*Nicotiana tabacum*) em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 343 vezes. Cores artificiais.

B



DR JEREMY BURGESS/SPL/FOTOARENA

Micrografia de estômato fechado na superfície foliar de tabaco (*Nicotiana tabacum*) em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 370 vezes. Cores artificiais.

Pesquise sobre os estômatos e responda às questões a seguir.

a) Qual é a importância dessa estrutura para a fotossíntese e para a respiração das plantas?

b) Como a situação mostrada em **A** e **B** pode interferir na intensidade da fotossíntese e da respiração celular?

c) Em situação de escassez de água no ambiente, qual dos estados do estômato pode ajudar a planta a evitar a perda excessiva de água para o ambiente? Explique.

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

MODELO

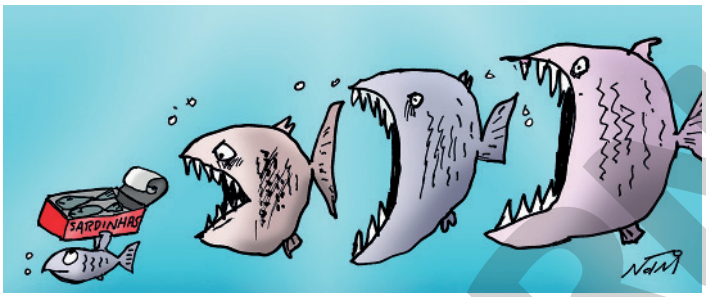
CAPÍTULO 2

Cadeias alimentares

Obtenção de energia pelos seres vivos

Leia o cartum a seguir e responda às questões.

NANI



NANI, D. L. *Nani Humor*, 6 out. 2015. Disponível em: <http://www.nanihumor.com/2015/10/cartum.html>. Acesso em: 15 jun. 2020.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

1. Descreva o cartum ao lado.
2. Que tipo de relação entre os seres vivos está retratado nesse cartum?
3. Qual é a relação entre o cartum e a obtenção de energia pelos seres vivos?

Os seres vivos se relacionam uns com os outros e com o ambiente de diferentes maneiras e com diversas finalidades, como para reprodução, abrigo, alimentação, território e proteção. Por exemplo, a relação alimentar é aquela que possibilita aos seres vivos obter e transferir matéria e energia entre os componentes bióticos e abióticos do ambiente.

Como estudamos anteriormente, os seres vivos necessitam de energia, por exemplo, para crescer, desenvolver-se e realizar diversas atividades. Alguns seres vivos autótrofos obtêm a energia que necessitam da luz solar, por meio da fotossíntese, enquanto os seres vivos heterótrofos obtêm essa energia por meio da alimentação.

Todos os organismos, vivos ou mortos, são potenciais fontes de alimento e, consequentemente, de matéria e energia para outros seres vivos. Assim, quando um ser vivo se alimenta de outro, há transferência tanto de matéria quanto de energia entre eles. No cartum acima, por exemplo, é possível identificar uma relação alimentar entre os peixes, em que um pode servir de alimento para o outro, em uma sequência de indivíduos. Essa sequência possibilita determinar como a matéria e a energia são transferidas de um organismo para outro, o que recebe o nome de **cadeia alimentar**.

O Sol é a principal* fonte de energia inicial nas cadeias alimentares e é fixada pelos seres vivos fotoautotróficos. Tal energia pode ser transferida aos demais seres vivos sob a forma de energia química, armazenada em moléculas orgânicas. Dessa maneira, nas cadeias alimentares essa transferência ocorre dos seres vivos autotróficos aos demais membros dessa relação alimentar. Veja o exemplo a seguir.

*Alguns seres vivos, chamados quimiotróficos, utilizam determinadas moléculas inorgânicas como fonte inicial de energia.

As plantas lenhosas fixam parte da energia da luz solar nos tecidos da madeira, como na forma de lignina e celulose. Esse material pode ser digerido apenas por alguns animais, como os cupins.

LARRY L. MILLER/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Cupins (*Reticulitermes flavipes*) em madeira. Essa espécie pode atingir aproximadamente 6 mm de comprimento.

MICHAEL PATRICK O'NEILL/ SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) se alimentando de cupins. Esse mamífero pode atingir aproximadamente 2,2 m de comprimento.

O tamanduá-bandeira se alimenta basicamente de cupins e formigas. Sua língua é longa e estreita, que usa para alcançar os cupins no interior das galerias do cupinzeiro. Além disso, é coberta por uma secreção pegajosa que ajuda a capturar os insetos.

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

MODERNA

4. Espera-se que os estudantes respondam que sim, pois alguns seres vivos podem se alimentar tanto de produtores como de outros consumidores.

4. Os seres vivos podem ocupar diferentes níveis tróficos em uma única cadeia alimentar?

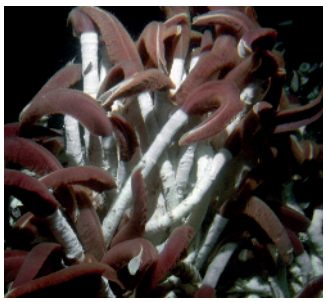
Na cadeia alimentar, os seres vivos ocupam posições específicas que representam as etapas de transferência de matéria e energia. Essas posições são chamadas **níveis tróficos** ou **níveis alimentares**. Dessa maneira, em uma cadeia alimentar, organismos de um determinado nível trófico se nutrem de seres vivos do nível trófico anterior e são consumidos por organismos do nível trófico posterior.

As cadeias alimentares podem envolver número variado de níveis tróficos e incluem, basicamente, três tipos de organismos: produtores, consumidores e decompositores.

Os **produtores** compõem o primeiro nível trófico das cadeias alimentares, uma vez que atuam na produção da matéria orgânica. Nesse nível trófico estão incluídos os organismos autótrofos, como plantas e fitoplâncton, organismos capazes de fixar energia luminosa na forma de energia química e transformar moléculas inorgânicas em moléculas orgânicas por meio da fotossíntese.

Os **consumidores** correspondem ao nível trófico localizado após os produtores. Os consumidores são seres vivos heterotróficos e, por isso, obtêm dos produtores a energia necessária, por meio da ingestão de organismos fotossintetizantes, de outros organismos ou de restos orgânicos. Uma cadeia alimentar pode apresentar um ou vários consumidores, os quais, dependendo da posição que ocupam em relação aos produtores, podem ser considerados primários, secundários, terciários, e assim sucessivamente.

Verme (*Riftia pachyptila*): pode atingir aproximadamente 3 m de comprimento.



WOODS HOLE OCEANOGRAPHIC INSTITUTION, VISUALS UNLIMITED/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Vermes (*Riftia pachyptila*) em fonte hidrotermal no Oceano Pacífico. Em determinados ecossistemas, como nas fontes hidrotermais, as cadeias alimentares têm como base os organismos produtores do tipo quimiossintetizantes. Esses organismos obtêm energia necessária à produção da matéria orgânica da oxidação de compostos químicos inorgânicos. *R. pachyptila*, por exemplo, associa-se a bactérias sulfurosas, que são capazes de produzir matéria orgânica pela oxidação do sulfeto de hidrogênio (H_2S), liberado pelas chaminés das fontes termais.

LUCIANO QUEIROZ/PULSAR IMAGENS

Os organismos que obtêm matéria e energia diretamente dos produtores são chamados consumidores primários ou herbívoros, ocupando o segundo nível trófico da cadeia alimentar.

Veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*) no Pantanal. Esse animal é herbívoro e alimenta-se de gramíneas, frutos e flores. Essa espécie pode atingir aproximadamente 1 m de comprimento.

KANOKRATNOK/SHUTTERSTOCK

Os seres vivos que se alimentam dos herbívoros são carnívoros ou consumidores secundários, ocupando o terceiro nível trófico.

Jacaretinga (*Caiman crocodilus*) no Pantanal. Esse animal é carnívoro e se alimenta basicamente de peixes. Em determinadas situações pode consumir filhotes de veado-catingueiro. Essa espécie pode atingir aproximadamente 2,5 m de comprimento.

ANDREW M. ALLPORT/SHUTTERSTOCK

Os consumidores secundários podem servir de fonte de matéria e energia a outros consumidores, conhecidos como consumidores terciários.*

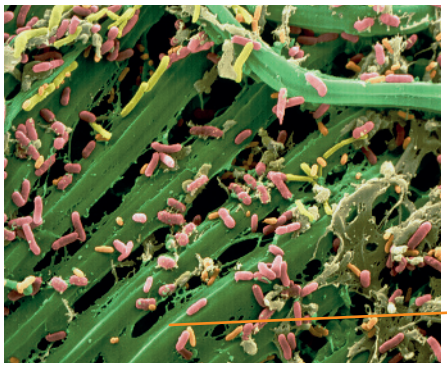
Onça-pintada (*Panthera onca*) no Pantanal. Esse animal é carnívoro e consome diversos outros animais, como veado-catingueiro e jacaretinga. Desse modo, pode atuar como consumidor primário e secundário, respectivamente. Essa espécie pode atingir aproximadamente 1,8 m de comprimento.

*Caso existam consumidores em níveis tróficos posteriores, eles serão classificados como consumidores quaternários, quinquenários, e assim sucessivamente.

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

O último nível trófico das cadeias alimentares é ocupado pelos **decompositores**. Esses seres vivos são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, ou seja, por transformá-la em matéria inorgânica assimilável por outros seres vivos.

A decomposição é resultado da ação de seres vivos como algumas espécies de fungos, protozoários e bactérias. Parte dos nutrientes liberada na decomposição da matéria orgânica permanece no organismo dos decompositores, enquanto o restante é disponibilizado no ambiente.

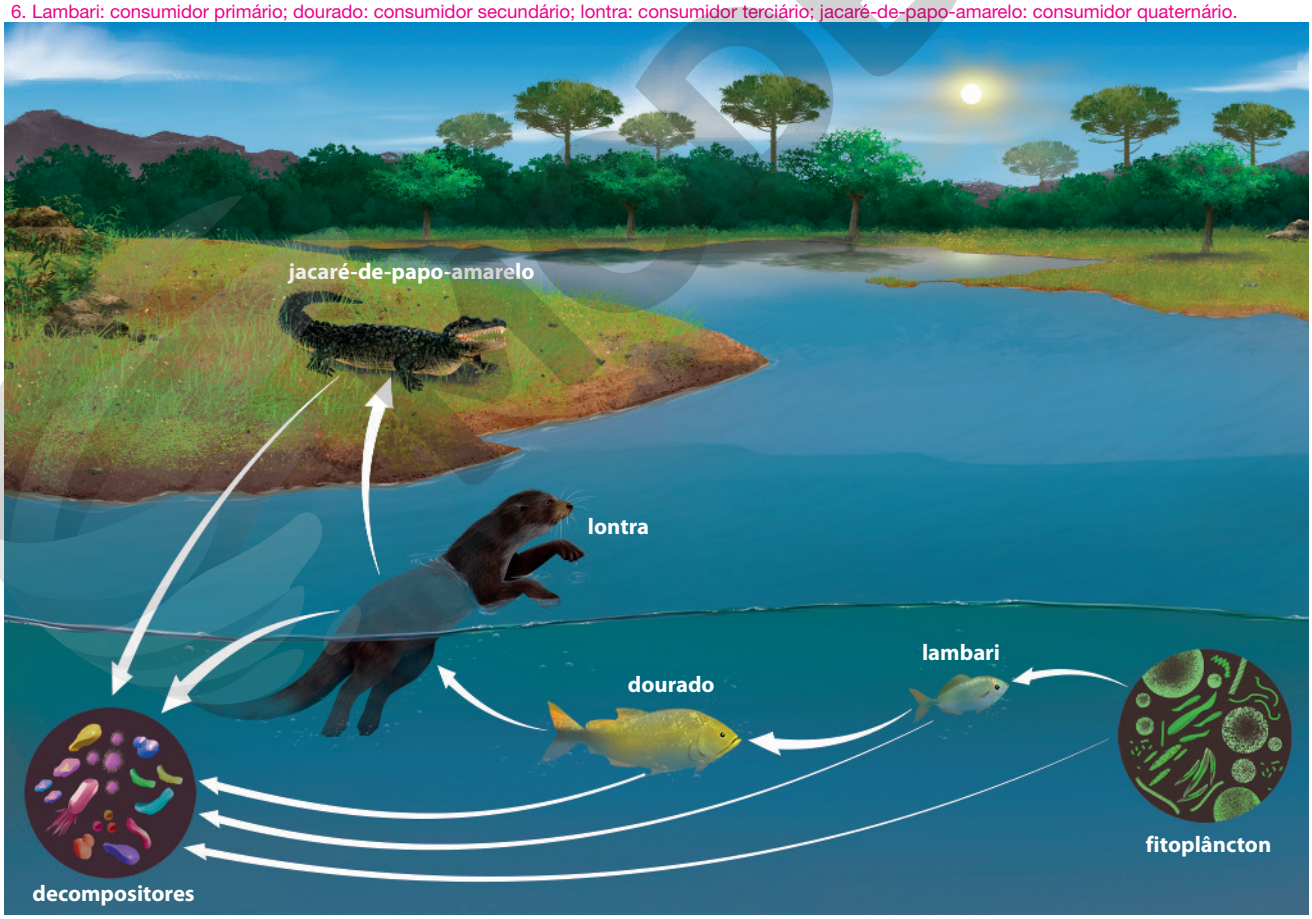


EYE OF SCIENCE/SPL/FOTOARENA

Micrografia de bactérias decompositoras em pedaço de pepino em microscópio eletrônico. Aumento aproximado: 2 500 vezes. Cores artificiais. A decomposição ocorre em diferentes velocidades, dependendo das condições ambientais e da composição química da matéria orgânica. Gorduras, proteínas e açúcares, por exemplo, são prontamente decompostos, enquanto celulose, quitina, lignina e ossos são decompostos mais lentamente, como é o caso das nervuras, na micrografia.

Os decompositores atuam em todos os níveis tróficos da cadeia alimentar, desempenhando papel fundamental no equilíbrio dos ecossistemas ao possibilitar a ciclagem da matéria. Dessa maneira, enquanto os organismos produtores fixam nutrientes em seus tecidos, os decompositores os devolvem ao ambiente.

As relações alimentares entre os seres vivos da cadeia alimentar podem ser representadas por setas, do organismo consumido ao organismo que o consome ou o decompõe.



ALEXANDRE DE SOUZA

Representação simplificada de uma cadeia alimentar aquática. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.*

Ilustração produzida com base em: ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. *Fundamentos de Ecologia*. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. p. 112 e 425.

*Essa cadeia alimentar envolve organismos da Bacia do Rio Paraná, Brasil. Nela, são representadas, do consumidor primário ao quaternário, as seguintes espécies: lambari (*Astyanax scabripinnis*), dourado (*Salminus maxillosus*), lontra (*Lontra longirostris*) e jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*).

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

Diariamente, são produzidas toneladas de resíduos sólidos, entre eles resíduos orgânicos, que são descartados no ambiente.

- Junte-se a dois colegas e pesquisem medidas que ajudem a reduzir o descarte de resíduos orgânicos no ambiente.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

5. Que fator define os seres vivos que farão parte de uma determinada cadeia alimentar?

Suas relações alimentares.

6. Identifique os consumidores da cadeia alimentar apresentada, classificando-os.

6. Lambari: consumidor primário; dourado: consumidor secundário; lontra: consumidor terciário; jacaré-de-papo-amarelo: consumidor quaternário.

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

CÓPIA

Os decompositores e os ciclos biogeoquímicos

FOTOS R52/SHUTTERSTOCK

Matéria orgânica em decomposição.

Você já pensou como seria o planeta Terra caso não existissem os organismos decompositores? O que aconteceria com a matéria orgânica morta? Possivelmente, a Terra seria um amontoado de matéria orgânica, que se acumularia até que os elementos químicos não estivessem mais disponíveis aos seres vivos autotróficos para transformá-los em matéria orgânica. Ou seja, a vida não conseguiria se manter e entraria em colapso.

A matéria está continuamente circulando entre os componentes do ambiente e essa movimentação pode ser verificada nos ciclos biogeoquímicos, por exemplo. Nesses ciclos, parte da movimentação dos elementos químicos no ambiente depende dos seres vivos decompositores, que atuam devolvendo ao ambiente os materiais que foram fixados nos tecidos dos demais seres vivos, por meio de diferentes processos, como a fotossíntese e a alimentação.

Assim, os seres vivos decompositores possibilitam que os nutrientes se mantenham disponíveis no ambiente para serem utilizados por outros seres vivos. Após serem fixados por determinados organismos, os elementos químicos podem então ser transferidos ao longo das cadeias alimentares, reiniciando o ciclo da matéria no ambiente.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

a) Elabore um esquema em seu caderno que represente a ciclagem de um elemento químico específico no ambiente, envolvendo sua fixação, movimentação no ambiente e devolução, via decomposição. Utilize, como exemplo, uma situação do seu cotidiano, como um pedaço de fruta ou verdura ou uma folha que caiu da árvore.

b) Além de auxiliar na ciclagem da matéria, a decomposição é essencial para a produção de biogás. Pesquise esse tema e escreva um texto dissertativo sobre a importância desse tipo de fonte de energia. Em seguida, leia o texto aos familiares e colegas.

DELFIM MARTINS/PULSAR IMAGENS

Vista aérea da Usina de Biogás do Aterro Sanitário Municipal Oeste do município de Caucaia, Ceará (2018).

MODERNA

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

Fluxo de energia nos sistemas ecológicos

Como você estudou anteriormente, a matéria é cíclica, podendo ser transferida ao longo da cadeia alimentar entre os seres vivos e, posteriormente, devolvida ao ambiente por meio da decomposição. E quanto à energia, inicialmente fixada pelos organismos autotróficos, ela também flui de maneira cíclica nos sistemas biológicos?

Incentive os estudantes a responder a essa questão.

O cientista austríaco Alfred James Lotka (1880-1949) foi o primeiro estudioso a considerar as populações e as comunidades dos ecossistemas como sistemas transformadores de energia e relacioná-las às leis da termodinâmica. Em 1942, o ecólogo estadunidense Raymond Lindeman (1915-1942) desenvolveu o conceito de ecossistemas como sistemas transformadores de energia.

A principal fonte de energia primária no planeta é a luz solar, a qual é armazenada como energia química pelos seres vivos autótrofos e parcialmente disponibilizada aos consumidores. Isso ocorre porque, assim como os demais seres vivos, os produtores utilizam parte da energia armazenada na matéria orgânica para a manutenção, o funcionamento e o desenvolvimento do organismo, por meio da respiração celular.

Além disso, sempre há perdas associadas à conversão de energia, como ocorre durante a respiração, em que parte da energia é dissipada como calor. A energia química não utilizada pela planta fica disponível ao nível trófico posterior, isto é, aos consumidores primários, quando estes se alimentam dos produtores.

Parte da energia adquirida por esses consumidores é eliminada na forma de fezes e urina, utilizada na respiração celular e liberada por dissipação de calor. A energia restante é armazenada nos tecidos, constituindo uma fonte de energia para os consumidores secundários.

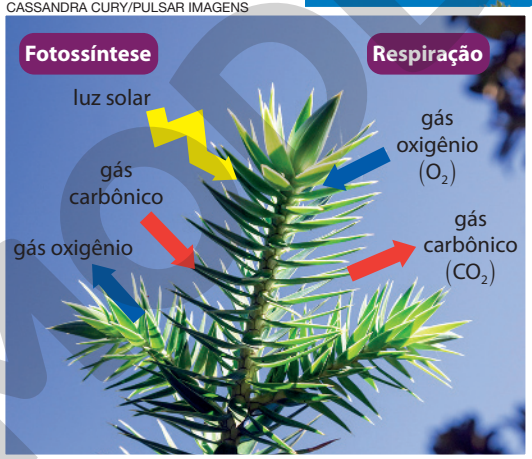
Ao longo da cadeia alimentar, cada nível trófico armazena parte da energia obtida na forma de biomassa, de modo que apenas essa porção de energia está disponível ao nível trófico seguinte. Assim, em todos os níveis tróficos, apenas parte da energia obtida por meio da alimentação é disponibilizada para o nível trófico seguinte.

A transferência de energia ao longo da cadeia alimentar de um ecossistema é chamada **fluxo de energia**, e pode ser representada por meio de setas, com espessuras variadas, direcionadas ao consumidor. Essa espessura é diretamente proporcional à quantidade de energia disponibilizada para o próximo nível trófico.

À medida que se distancia do produtor, a quantidade de energia disponibilizada ao consumidor diminui. Nesse esquema, essa redução de energia está representada pela diminuição da espessura da seta.

Biomassa: massa seca de toda a matéria orgânica contida nos seres vivos.

CASSANDRA CURY/PULSAR IMAGENS



Representação da ocorrência da fotossíntese e da respiração em araucária (*Araucaria angustifolia*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 35 m de altura.

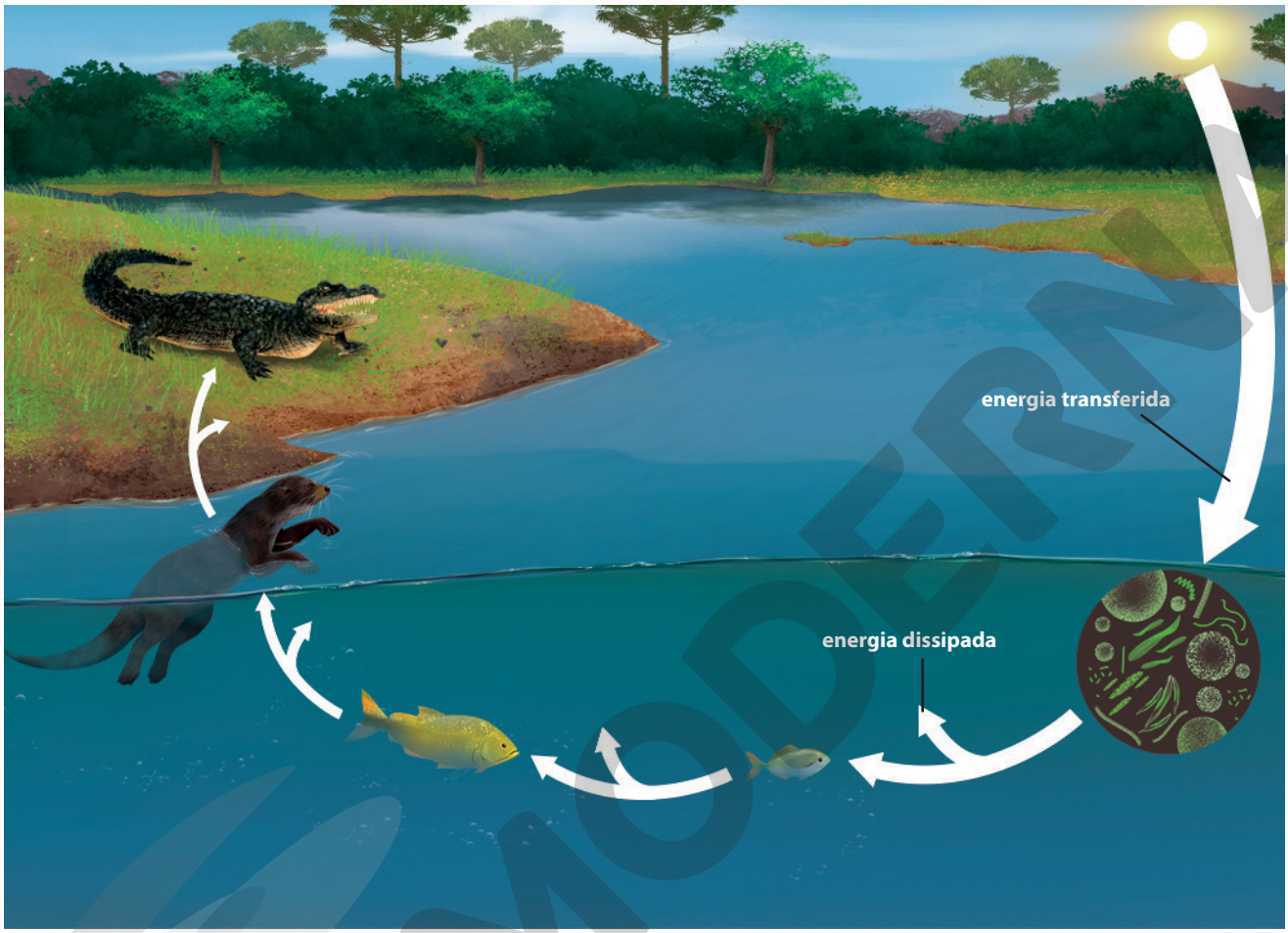
PEDRO MORAES/SHUTTERSTOCK

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

A energia disponibilizada em cada nível trófico varia entre os organismos e ecossistemas. De maneira geral, os produtores disponibilizam maior quantidade de energia na cadeia alimentar (mais de 50% do que assimilam pela fotossíntese).

Entre os consumidores, geralmente 10% da energia adquirida pela alimentação é disponibilizada ao próximo nível trófico. Essa porcentagem de transferência de energia de um nível trófico a outro é chamada **eficiência ecológica**.

Observe no exemplo abaixo.



ALEXANDRE DE SOUZA

Representação parcial do fluxo de energia em uma cadeia alimentar.
Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

7. É possível afirmar que a onivoria favorece a versatilidade alimentar nas cadeias alimentares? Justifique sua resposta.

7. Sim, pois o onívoro pode atuar em diferentes níveis tróficos, tanto consumindo um produtor, um herbívoro, quanto consumidores de níveis tróficos superiores.

8. Como você representaria graficamente o fluxo de energia entre os níveis tróficos? Resposta pessoal. Incentive os estudantes a esboçar a representação no caderno, utilizando uma cadeia alimentar como exemplo.

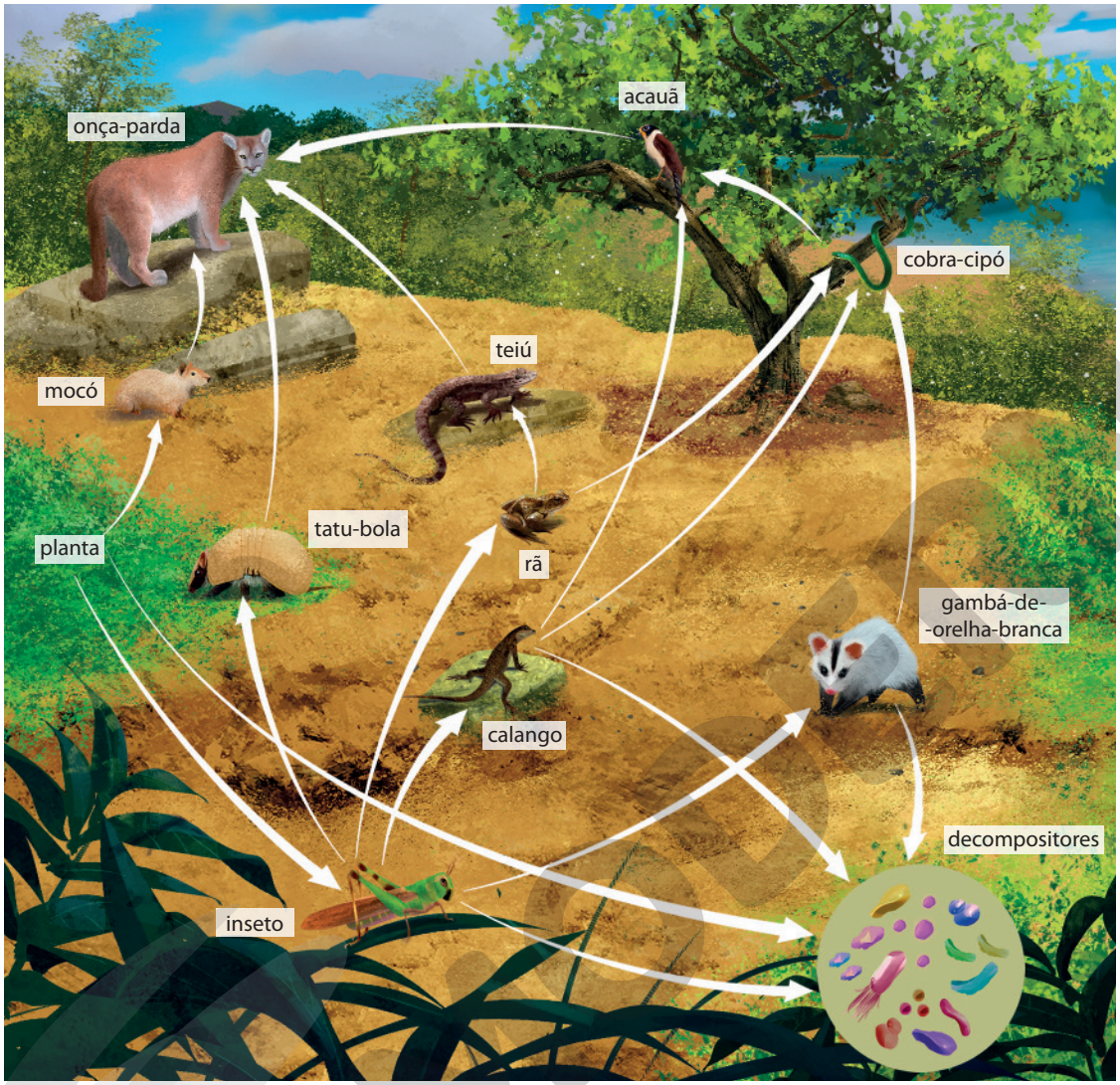
Ao observar o esquema acima, podemos perceber que, diferentemente da matéria, o fluxo de energia nas cadeias alimentares é unidirecional, dos produtores em direção aos consumidores.

As cadeias alimentares não são unidades isoladas no ambiente, mas estão ligadas umas às outras formando conjuntos denominados **teias alimentares**. Isso é possível porque os organismos possuem certa versatilidade alimentar, ou seja, podem utilizar diferentes recursos alimentares e, portanto, participar de diversas cadeias alimentares onde podem ocupar níveis tróficos distintos.

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

As relações tróficas estabelecidas entre os seres vivos em uma teia alimentar também podem ser representadas por setas, como nas cadeias alimentares, por meio das quais é possível identificar produtores, consumidores e decompositores em um determinado ecossistema. Veja a seguir um exemplo de teia alimentar.

ALEXANDRE DE SOUZA



Representação de teia alimentar. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.*

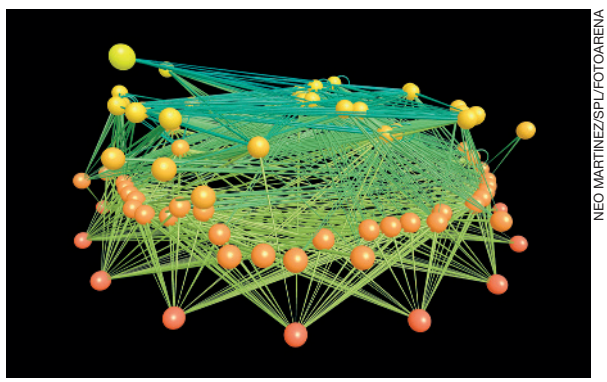
*A teia alimentar representada é do bioma Caatinga, com as seguintes espécies: onça-parda (*Puma concolor*); mocó (*Kerodon rupestris*); tatu-bola (*Tolypeutis tricinctus*); calango (*Tropidurus semitaeniatus*); acauã (*Herptotheres cachinnans*); cobra-cipó (*Philodryas aestivus*); rã (*Pseudopaludicola pocoto*); gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*); teiú (*Tupinambis merianae*). Além destes, está representado inseto, como o gafanhoto.

Ilustração produzida com base em: ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. *Fundamentos de Ecologia*. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. p. 109.
SCARANO, F. R. (Org.). *Biomas brasileiros*: retratos de um país plural. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012. p. 104, 109, 115, 124.

9. Identifique pelo menos uma cadeia alimentar na teia alimentar.
Resposta no **Suplemento para o professor**.

10. Se desconsiderarmos os decompositores, qual organismo não seria fonte de energia para outro ser vivo nessa teia alimentar? Justifique sua resposta.
Os estudantes podem citar a onça-parda, por ser um predador que não é consumido por outras espécies.

Nos sistemas naturais, as relações entre os seres vivos são muito mais complexas do que as apresentadas neste capítulo. Inúmeras espécies podem estar envolvidas em uma única cadeia e um ambiente pode apresentar diversas cadeias alimentares, as quais se intercruzam de diferentes maneiras por meio de variadas relações entre os seres vivos, como mostra o exemplo ao lado.



NEO MARTINEZ/SPL/FOTOARENA

Modelo de teia alimentar de ecossistema aquático em um rio em Denver, Colorado, Estados Unidos. Os seres vivos estão representados pelas esferas coloridas e as linhas representam as relações entre eles. Esse modelo foi elaborado pelo ecólogo Neo Martinez (1958-), no Laboratório de Ecologia Computacional e Ecoinformática do Pacífico (*Pacific Ecoinformatics and Computational Ecology Lab*), nos Estados Unidos.

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

INVESTIGUE

Respostas e orientações no **Suplemento para o professor**.

Transpiração vegetal

Contextualização

FABIO COLOMBINI

Evapotranspiração em bromélia. Esse processo ocorre, principalmente, pelas folhas, por meio de estruturas chamadas estômatos. Em uma planta, aproximadamente 98% da água absorvida pelas raízes é perdida pela transpiração.

De acordo com estudos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), uma árvore, cuja copa apresenta 10 m de diâmetro, é capaz de liberar diariamente mais de 300 L de água (H_2O) para a atmosfera terrestre. Para árvores maiores, como aquelas com 20 m de diâmetro de copa, esse valor pode chegar a 1 000 L diários.

No início do século XIII, o cientista inglês Stephen Hales (1677-1761), ao estudar a fisiologia das plantas e animais, observou que, a cada 24 horas, as plantas absorvem e transpiram 17 vezes mais água que um ser humano.

a) A água eliminada no ambiente pela transpiração encontra-se no mesmo estado de agregação da água absorvida pela raiz? Em caso de negação, o que causa essa mudança?

b) A transpiração pode interferir na quantidade de energia disponível ao nível trófico seguinte, nesse caso, os consumidores primários? Justifique sua resposta.

c) É possível estimar a quantidade de água perdida pela planta durante a transpiração? Em caso afirmativo, de que maneira?

Orientações

Junte-se a cinco colegas e elaborem um roteiro a fim de investigar o processo de transpiração dos vegetais, contemplando as questões a seguir.

- Quais componentes abióticos são necessários para ocorrer a transpiração da planta?
- Como faremos a investigação?
- Quais materiais devemos utilizar para montar o experimento?
- Quais cuidados devemos ter durante a investigação?
- Em que local devemos desenvolver a investigação?
- A luminosidade do ambiente e a temperatura interferem na transpiração das plantas?
- Como vamos estimar a quantidade de água perdida pela planta durante a transpiração?

Executem essa investigação propondo soluções para os possíveis problemas que surgirem durante as etapas, que deverão ser registradas por meio de anotações, gravação de áudios e fotografias.

Análise e divulgação dos dados

As anotações, gravações de áudio e fotografias deverão ser utilizadas para divulgar os resultados do experimento, por meio de uma apresentação de seminário. Para isso, utilizem um *software* de edição e de exibição de apresentações gráficas. Adicionem as informações referentes aos questionamentos sugeridos a seguir.

1. Descrevam os resultados que vocês observaram nesse experimento.
2. As hipóteses levantadas no início da investigação foram aceitas ou refutadas? Expliquem.
3. Houve alguma interferência de fatores, como temperatura e luminosidade?
4. Como esse experimento pode evidenciar que a manutenção da cobertura vegetal é essencial à manutenção do ciclo hidrológico?

MODERNA

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

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

1. a) Falsa. A quantidade de energia dos sistemas reduz à medida que se afasta dos produtores, tendo em vista que apenas parte dela é transferida ao nível trófico seguinte.

1. d) Falsa. Em uma cadeia alimentar, todo ser vivo que se alimenta de um produtor é chamado consumidor primário ou herbívoro.

1. Analise as alternativas abaixo e classifique-as como verdadeiras ou falsas. Em seguida, corrija a(s) afirmativa(s) considerada(s) falsa(s) no caderno.

a) A quantidade de energia nos sistemas biológicos aumenta à medida que se afasta do nível trófico dos produtores, pois os consumidores têm metabolismo mais acelerado e, consequentemente, geram mais energia com a quebra de moléculas orgânicas.

b) Uma sequência na qual um organismo transfere matéria e energia para outro, por meio da alimentação, é chamada cadeia alimentar.

Verdadeira.

c) Os organismos decompositores podem atuar em todos os níveis tróficos e são essenciais para a ciclagem da matéria no ambiente.

Verdadeira.

d) Em uma cadeia alimentar, todo ser vivo que se alimenta de um produtor é chamado consumidor primário ou carnívoro.

e) Não há perda de energia ao longo da cadeia alimentar, ou seja, toda a energia obtida é transferida de um nível trófico ao outro.

1. e) Falsa. Há perda de energia ao longo da cadeia alimentar. Parte dessa energia é dissipada para o ambiente na forma de calor, por exemplo, parte é utilizada pelo organismo em sua manutenção, ou armazenada na forma de matéria orgânica, a qual é energia em potencial para o próximo nível trófico. Sendo a porção restante transferida de um nível trófico ao outro.

2. **(Fuvest-SP)** Considere a situação hipotética de lançamento, em um ecossistema, de uma determinada quantidade de gás carbônico, com marcação radioativa no carbono. Com o passar do tempo, esse gás se dispersaria pelo ambiente e seria incorporado por seres vivos.

Considere as seguintes moléculas:

I) Moléculas de glicose sintetizadas pelos produtores.

II) Moléculas de gás carbônico produzidas pelos consumidores a partir da oxidação da glicose sintetizada pelos produtores.

III) Moléculas de amido produzidas como substância de reserva das plantas.

IV) Moléculas orgânicas sintetizadas pelos decompositores.

Carbono radioativo poderia ser encontrado nas moléculas descritas em

a) I, apenas. **c)** I, II e III, apenas. **e)** I, II, III e IV.

b) I e II, apenas. **d)** III e IV, apenas.

Alternativa **e**.

3. **(Fuvest-SP)** Em relação ao fluxo de energia na biosfera, considere que

- A representa a energia captada pelos produtores;
- B representa a energia liberada (perdida) pelos seres vivos;
- C representa a energia retida (incorporada) pelos seres vivos.

A relação entre A, B e C na biosfera está representada em:

a) $A < B < C$. **c)** $A = B = C$. **e)** $A + C = B$.

b) $A < C < B$. **d)** $A = B + C$.

Alternativa **d**.

4. Elabore quatro cadeias alimentares utilizando os nomes dos seres vivos apresentados no quadro abaixo e setas para representar as relações alimentares. Em seguida, classifique cada ser vivo de acordo com o nível trófico ocupado.

Resposta no **Suplemento para o professor**.

zooplâncton	ave marinha	decompositores
tubarão	ser humano	algas	peixe

5. **(Enem)** Ao percorrer o trajeto de uma cadeia alimentar, o carbono, elemento essencial e majoritário da matéria orgânica que compõe os indivíduos, ora se encontra em sua forma inorgânica, ora se encontra em sua forma orgânica. Em uma cadeia alimentar composta por fitoplâncton, zooplâncton, moluscos, crustáceos e peixes, ocorre a transição desse elemento da forma inorgânica para a orgânica.

Em qual grupo de organismos ocorre essa transição?

a) Fitoplâncton. **b)** Zooplâncton. **c)** Moluscos. **d)** Crustáceos. **e)** Peixes.

Alternativa **a**.

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

MODERNA

6. Leia o texto a seguir.

De acordo com a Secretaria de Saúde do Ceará (Sesa), o estado teve 6587 incidentes com animais peçonhentos, incluindo o escorpião-amarelo (*Tityus serrulatus*).

Alguns estudos indicam que a grande quantidade de casos envolvendo esse animal está relacionada ao aumento da incidência de escorpiões em áreas urbanas, em decorrência da destruição do hábitat natural deles.

FABIO COLOMBINI

Escorpião-amarelo (*Tityus serrulatus*). Essa espécie pode atingir aproximadamente 7 cm de comprimento.

Sobre essa situação, responda às questões a seguir.

Respostas dos itens **c**, **d** e **e** no **Suplemento para o professor**.

a) A barata é um dos alimentos dos escorpiões-amarelos. Com base nessa informação, escreva um cuidado que as pessoas devem ter para evitar a incidência desses escorpiões em áreas urbanas.

b) Ações relacionadas à preservação de inimigos naturais do escorpião-amarelo, como lagartos, sapos e aves de hábitos noturnos, como corujas, também contribuem para reduzir a incidência desses escorpiões nas áreas urbanas. De que forma isso ocorre?

c) Pode-se afirmar que o texto acima trata de relações alimentares? Justifique sua resposta.

d) Como o ser humano pode ser responsável pelo aumento no número de acidentes com escorpiões?

e) Elabore três cadeias alimentares com base nos animais citados nesta atividade. Considere que as baratas se alimentam de cadáveres de animais, fungos, madeira, flores, fezes de aves e mamíferos, além de açúcar.

6. a) Os estudantes podem responder que as pessoas devem adotar algumas medidas que evitem a proliferação de baratas, como armazenar os resíduos em sacos plásticos bem fechados e manter a casa e o quintal sempre limpos e organizados.

6. b) Espera-se que os estudantes respondam que a preservação dos inimigos naturais dos escorpiões-amarelos leva ao aumento da população de animais que se alimentam deles, reduzindo, por consequência, a população desses escorpiões.

7. **(USP-SP)** Como consequência do aquecimento global, criaram-se condições favoráveis para o aumento da incidência de um fungo que parasita anfíbios. Esse fungo causa a quitridiomicose, uma doença que já resultou no desaparecimento de muitas espécies de pererecas, sapos e rãs. A cadeia alimentar apresentada abaixo é a de um ecossistema aquático hipotético.

alga → inseto → anfíbio → peixe → ave

Suponha que a população de anfíbios, dessa cadeia, tenha sido seriamente afetada pela quitridiomicose, e que parte de seus indivíduos tenha morrido. Como consequência desse fato, espera-se

a) diminuição da população de insetos, que se alimentam de algas, e aumento da população de aves.

b) diminuição da população de peixes, que se alimentam de anfíbios, e de aves, que se alimentam de peixes.

c) aumento da população de algas, assim como da população de insetos, que delas se alimentam.

d) diminuição da população de anfíbios e manutenção do tamanho das demais populações que participam da cadeia.

e) aumento da população de algas e manutenção do tamanho das demais populações que participam da cadeia, exceto da população de anfíbios.

Alternativa **b**.

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

Pirâmides ecológicas

As pirâmides ecológicas são uma maneira de representar graficamente as contribuições dos diferentes níveis tróficos de uma cadeia alimentar, pelos quais a matéria e a energia são transferidas. Essas representações são formadas por barras sobrepostas, as quais podem representar a quantidade de indivíduos, de biomassa ou de energia nos diferentes níveis tróficos de uma cadeia alimentar. A altura das barras geralmente é constante, enquanto o comprimento varia proporcionalmente ao valor representado por elas.

A base das pirâmides ecológicas representa o primeiro nível trófico da cadeia alimentar, formada pelos produtores. As camadas superiores correspondem aos níveis tróficos dos consumidores. Os decompositores não são representados nas pirâmides ecológicas. Com exceção da pirâmide de energia, as pirâmides ecológicas podem ser invertidas, dependendo da cadeia alimentar.

Pirâmide de energia

A pirâmide de energia foi idealizada pelo ecólogo estadunidense Raymond Lindeman e representa a quantidade de energia armazenada em cada nível trófico, na forma de matéria orgânica, por unidade de área (m^2) ou volume (m^3) e em determinada unidade de tempo. Essa quantidade de energia é expressa em caloria (cal), quilocaloria (kcal) ou joule (J).

HELOÍSA PINTARELLI

Representação de uma pirâmide de energia.

As camadas superiores são sucessivamente menores. Lembre-se de que a transferência de energia é unidirecional entre os níveis tróficos e que parte dela é dissipada para o ambiente ou utilizada pelo ser vivo. Dessa maneira, quanto mais afastada estiver da base, menor será a quantidade de energia disponível ao próximo nível trófico.

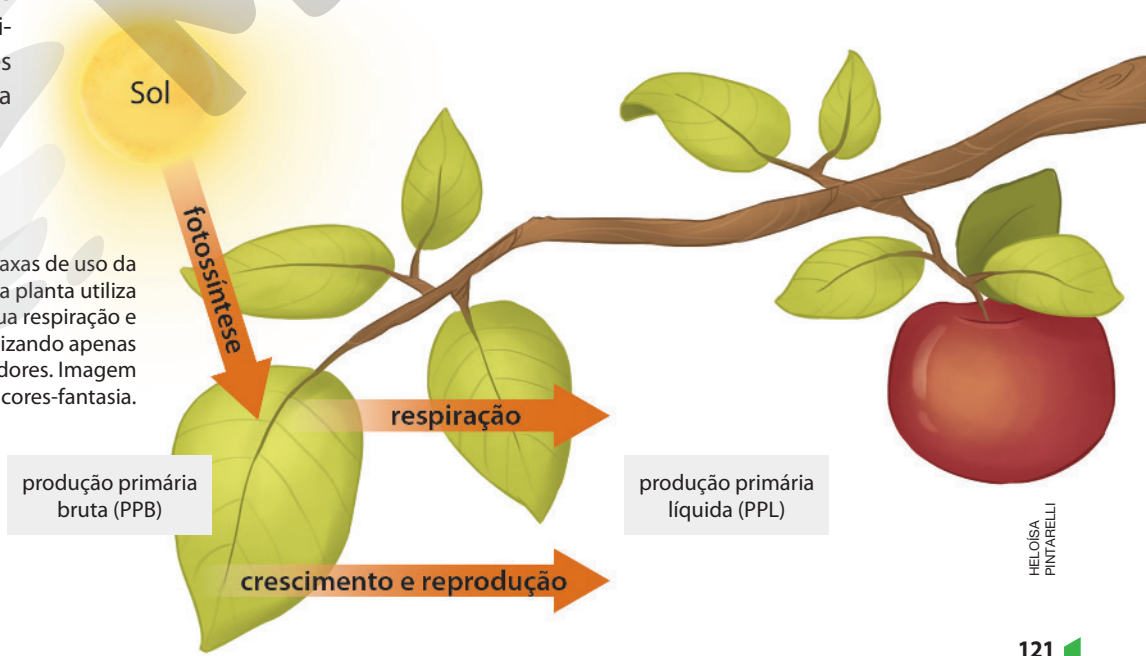
O comprimento da base de uma pirâmide de energia é determinado pela chamada **produtividade primária líquida** (PPL), ou seja, pela quantidade de energia, sob a forma de matéria orgânica, que está disponível para o nível trófico seguinte. A PPL é determinada com base em outras taxas. Veja a seguir.

A taxa com que um produtor converte energia solar em energia química na forma de biomassa, isto é, a quantidade de matéria orgânica que ele é capaz de produzir, é chamada **produtividade primária bruta** (PPB).

Parte da energia contida na matéria orgânica é utilizada pelo próprio ser vivo na respiração celular, representada por (R), para se manter vivo, crescer e se reproduzir. Essa taxa inclui também a quantidade de energia dissipada para o ambiente na forma de calor. Ou seja, essa parte da energia não está disponível aos consumidores.

Assim, a quantidade de energia disponibilizada aos consumidores pode ser calculada da seguinte forma:

$$PPL = PPB - R$$



HELOÍSA PINTARELLI

Representação das taxas de uso da biomassa. Note que a planta utiliza parte da PPB em sua respiração e manutenção, disponibilizando apenas parte dela aos consumidores. 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

Quando a produtividade se refere à formação de matéria orgânica por meio da fotossíntese ou da quimiossíntese pelos produtores, ela é denominada produtividade primária. Quando se refere à quantidade de matéria orgânica formada por meio da energia obtida pela alimentação, no caso dos consumidores, ela é chamada produtividade secundária.

A produção se refere tanto ao processo de formação de matéria orgânica pela fotossíntese, no caso dos autótrofos, quanto à incorporação da matéria orgânica, obtida pela alimentação, nos tecidos dos heterótrofos. Assim, o comprimento das barras referentes aos consumidores pode ser determinado de modo semelhante:

$$PL = PB - R$$

em que PB representa a matéria orgânica fixada nos tecidos dos consumidores, R se refere à energia utilizada na respiração celular e dissipada no ambiente e PL corresponde à energia disponível ao próximo nível trófico.

1. Ao observar uma pirâmide de energia, a que corresponde a diferença de comprimento entre as barras da pirâmide de energia?

A relação entre produtividade bruta e produtividade líquida pode variar entre diferentes ecossistemas e depende das taxas de uso e assimilação da energia pelos organismos. Essas taxas interferem diretamente na produção, isto é, na quantidade de matéria orgânica armazenada em cada nível trófico e que se torna disponível ao nível trófico seguinte.

A tabela abaixo fornece dados aproximados da proporção de energia assimilada em cada nível trófico (produção) e a quantidade energética desviada para o uso do próprio organismo (respiração).

Produção e respiração por nível trófico		
Nível trófico	**Produção (%)**	**Respiração (%)**
Produtores	60-70	30-40
Consumidores primários	40-50	50-60
Consumidores secundários	5-10	90-95

Fonte: ODUM, E.; BARRET, G. W. *Fundamentos de Ecologia*. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 110.

2. O que é possível afirmar a respeito da produção e da respiração em cada nível trófico?

3. Que nível trófico apresenta uma transferência de energia mais eficiente? Justifique sua resposta.

A eficiência ecológica mede a quantidade de energia transferida de um nível trófico a outro, sendo um fator limitante da quantidade de níveis tróficos na cadeia alimentar. A eficiência da transferência depende da produção líquida consumida pelos seres vivos do nível subsequente e de como a energia é usada para a produção e a manutenção das atividades metabólicas desses organismos.

Os mamíferos e as aves, por exemplo, apresentam baixa eficiência de produção, já que gastam grande parte da energia para manter a temperatura corporal. Animais carnívoros apresentam maior eficiência do que os herbívoros, pois a digestão de tecidos vegetais demanda mais energia do que a de tecidos animais. Porém, os herbívoros necessitam de menor produção primária do que os carnívoros para se manterem.

MARTIN PROCHAZKACZ/SHUTTERSTOCK

Baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Essa espécie pode atingir 16 m de comprimento. As baleias são mamíferos aquáticos e, por isso, mantêm a temperatura corporal relativamente constante (aproximadamente 37 °C), embora a temperatura do mar possa atingir valores negativos em determinadas épocas do ano.

1. Corresponde à quantidade de energia que não foi transferida de um nível trófico a outro.

2. Quanto mais elevado for o nível trófico, maior será a quantidade de energia utilizada pelo próprio organismo na respiração celular. Como consequência, a produção é menor, ou seja, a quantidade de energia é armazenada e disponibilizada ao próximo nível trófico.

3. O nível trófico dos produtores, pois eles utilizam menos energia na manutenção do próprio organismo, transferindo uma porcentagem maior de energia aos demais níveis tróficos, quando comparado aos consumidores.

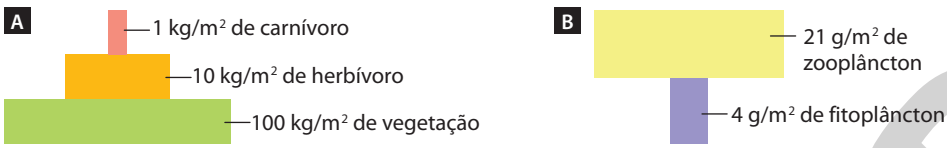
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Pirâmide de biomassa e de números

As pirâmides de biomassa e de números também possibilitam compreender as contribuições de cada nível trófico na transferência de matéria e de energia ao longo da cadeia alimentar.

A biomassa consiste na quantidade de matéria orgânica do corpo de um organismo, ou seja, sua massa corpórea, em um determinado nível trófico da cadeia alimentar, e é transferida ao longo dos diferentes níveis tróficos. Ela é expressa em peso seco, pois a água refere-se a uma molécula inorgânica e, portanto, não é utilizada como fonte de energia. Além disso, a biomassa é apresentada por unidade de área (g/m^2 ou kg/m^2) ou volume (g/m^3) em determinado momento ou por um período de tempo.

A pirâmide de biomassa pode ser invertida, dependendo dos organismos envolvidos e das relações estabelecidas entre eles. No caso das cadeias alimentares aquáticas, por exemplo, o peso seco do fitoplâncton é menor do que o do zooplâncton, mas como a reprodução desses produtores é muito rápida eles conseguem sustentar a biomassa dos consumidores.

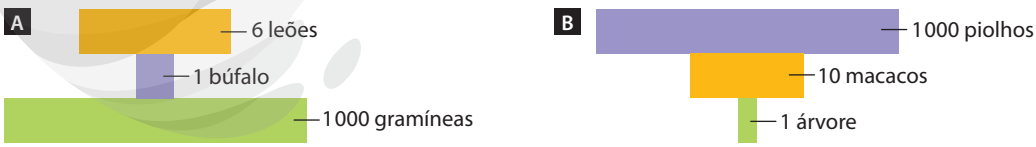


Representação de pirâmides de biomassas hipotéticas em posição normal (**A**) e invertida (**B**).

A pirâmide de números representa a quantidade de organismos existentes em cada nível trófico de uma cadeia alimentar e mostra a quantidade necessária de organismos para a dieta de cada um desses seres vivos envolvidos. Em muitas cadeias alimentares, quanto mais elevado for o nível trófico, maior será o tamanho corporal dos organismos envolvidos e, consequentemente, mais energia eles precisarão consumir. Assim, é necessário grande número de organismos em um nível trófico mais basal para alimentar uma quantidade cada vez menor de organismos nos níveis tróficos superiores.

Representação de uma pirâmide de números hipotética.

As pirâmides de números podem apresentar formatos variados, dependendo dos organismos que compõem a cadeia alimentar e das relações entre eles.



Representação de pirâmides de números hipotéticas, em número de indivíduos/m^2, com formatos variados. **A** - Alguns herbívoros, como os búfalos, são maiores que seus predadores, os leões, os quais muitas vezes caçam em bando. Por isso, um único búfalo pode servir de alimento a vários leões. **B** - Uma única árvore pode ceder frutos para diversos macacos, os quais são parasitados por uma quantidade elevada de piolhos, resultando em uma pirâmide invertida.

Ilustrações produzidas com base em: ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. *Fundamentos de Ecologia*. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. p. 103.

4. Por que as pirâmides de biomassa e de número podem ser invertidas, mas a de energia não pode?

Espera-se que os estudantes respondam que isso ocorre porque, na pirâmide de energia, a quantidade de energia disponível para os níveis tróficos superiores na cadeia alimentar sempre é menor, por causa do uso e perda de parte da energia, principalmente pela respiração, ou seja, o fluxo é unidirecional.

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

ILUSTRAÇÕES: HELOÍSA PINTARELLI

MODERNA

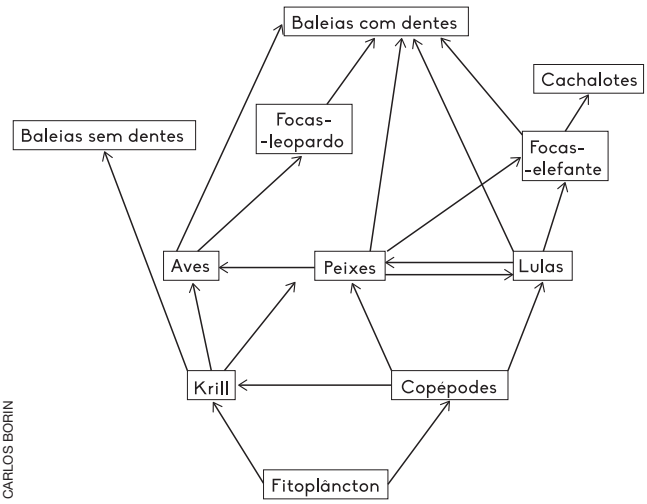
ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **3** a **5** no **Suplemento para o professor**.

1. **(UFSC-SC)** O diagrama abaixo representa uma possível teia alimentar marinha antártica.

Com base nas informações contidas no diagrama, bem como em conceitos ecológicos, indique em seu caderno a soma da(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.



CARLOS BORIN

01. O fitoplâncton configura o grupo dos produtores e os seres que se alimentam dele são consumidores secundários.

02. As baleias com dentes participam de três níveis tróficos diferentes.

04. Cerca de 10% da energia armazenada na matéria orgânica de cada nível trófico é convertida em matéria orgânica no nível trófico seguinte. Este fato é considerado relevante para a inexistência de cadeias alimentares muito longas.

08. Os decompositores, não representados na teia alimentar acima, têm papel fundamental na ciclagem de nutrientes.

16. O *krill* e a lula podem ser consumidores secundários ou terciários.

32. A biomassa da população de baleias é menor do que a biomassa da população de fitoplâncton no ecossistema antártico.

64. Na teia representada, existe apenas um indivíduo ocupando o topo da cadeia alimentar.

Soma: 2 + 4 + 8 + 32 = 46

2. **(Unicamp-SP)** Em uma pirâmide de energia, as plantas têm importante papel na captação e transformação da energia luminosa e são responsáveis pela produtividade primária líquida. Nessa pirâmide, aparecem ainda os herbívoros e os carnívoros, que acumulam energia e determinam assim a produtividade secundária líquida. Sobre as pirâmides de energia, é correto afirmar que

a) a energia é conservada entre os níveis tróficos.

b) a respiração dos autótrofos é uma fonte de energia para os heterótrofos.

c) a produtividade primária líquida é representada na base da pirâmide.

d) a excreção é uma fonte de energia para os níveis tróficos superiores.

Alternativa **c**.

3. Observe os dados da tabela abaixo e responda às questões propostas.

Estimativa de PPL em floresta úmida tropical e oceano

	Área (m^2)	Média de produtividade primária líquida ($g/m^2/ano$)
Floresta úmida tropical	$17 \cdot 10^{12}$	2 200
Oceano	$332 \cdot 10^{12}$	125

Fonte: ODUM, E.; BARRETT, G. W. *Fundamentos de Ecologia*. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 89.

a) Qual dos dois ecossistemas (floresta úmida tropical e oceano) apresenta maior produtividade primária líquida (PPL) por unidade de área? O que isso significa, considerando a produção de matéria orgânica?

b) Qual é a quantidade de matéria orgânica produzida e disponibilizada na cadeia alimentar por esses ecossistemas, durante um ano, considerando toda sua extensão?

c) Com base nos resultados obtidos no item **b**, o que você pode concluir sobre a PPL e a quantidade de matéria orgânica produzida na Terra?

4. Diferencie produtividade primária bruta de produtividade primária líquida.

5. Se fizermos uma analogia dos seres vivos com sistemas térmicos, eles serão considerados sistemas abertos ou fechados? Justifique sua resposta.

MODERNA

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

CAPÍTULO 3

A energia nos sistemas termodinâmicos

Sistemas termodinâmicos

1. Resposta pessoal. O objetivo desta questão é incentivar os estudantes a expor seus conhecimentos prévios sobre os sistemas termodinâmicos. Espera-se que eles relacionem sistemas termodinâmicos aos dispositivos que trocam, ou não, energia e matéria com o meio, a fim de realizar o trabalho, ou não. Eles poderão citar o funcionamento do motor de um automóvel, por exemplo.

1. O que você sabe sobre sistemas termodinâmicos?

LUCKY BUSINESS/SHUTTERSTOCK

Pessoas durante refeição.

Quando nos alimentamos, nosso organismo transforma a energia química armazenada nos alimentos em outros tipos de energia. Essa energia transformada possibilita ao ser humano desenvolver atividades essenciais do organismo, como a manutenção de funções vitais, a locomoção etc.

Quanto à interação entre os seres vivos e o ambiente, observamos que parte da energia obtida dos alimentos é dissipada na forma de calor para o meio. Portanto, em razão dessa troca de energia na forma de calor, os seres vivos são considerados elementos de um sistema termodinâmico.

Um sistema termodinâmico é definido como uma região do espaço composto de uma determinada quantidade de matéria e energia, delimitada por fronteiras que separam o sistema do ambiente. Essas fronteiras limitam a região do espaço a ser estudada.

! Consulte os capítulos **1** e **2** da unidade **2** para maiores detalhes sobre os ciclos de matéria e energia.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

Além dos seres vivos, diferentes sistemas termodinâmicos fazem parte do nosso cotidiano.

- Junte-se a dois colegas e pesquisem outros tipos de sistemas termodinâmicos, o seu funcionamento e como ocorrem os processos de interação com o meio. Em seguida, apresentem aos outros colegas.

Para a análise de um sistema termodinâmico é necessário obter as informações de um conjunto de variáveis que o descreve. Trata-se das variáveis termodinâmicas ou variáveis de estado, como massa, volume, temperatura, pressão, entre outras características, que definem o estado físico do sistema, ou seja, definem sua configuração em determinado instante.

Os sistemas termodinâmicos são classificados em abertos, fechados e isolados. Essa classificação é definida conforme a maneira com que o sistema interage com o meio, dissipando ou conservando suas propriedades internas.

Um sistema termodinâmico aberto é caracterizado por obter limites que permitem a troca de matéria e energia com o meio. O ser humano pode ser considerado um exemplo de um sistema aberto, pois recebe matéria e energia por meio dos alimentos que ingere, absorve parte dessa energia e cede outra parte na forma de calor para o ambiente, além de eliminar uma parcela da matéria que ingeriu.

MODERNA

LICVIN/SHUTTERSTOCK

Garrafa com água sob a incidência de radiação solar.

Um sistema fechado é caracterizado por possuir limites que impedem a troca de massa com o meio, isto é, a quantidade de matéria não varia. Entretanto, esses limites não impedem a interação por meio de energia. Neste caso, ocorrem trocas de energia do sistema com a vizinhança, o que pode ser por meio de trabalho, de calor ou de outra forma de energia.

Uma garrafa com água que recebe a energia solar é um exemplo de sistema fechado. A água contida no interior da garrafa absorve a energia recebida pelo Sol, aumentando sua temperatura. Entretanto, a quantidade de água não é alterada, ou seja, não há trocas de massa entre o sistema e o meio, apenas trocas de energia.

Assim como o exemplo anterior, um termômetro de álcool se comporta como um sistema fechado. Ao medir a temperatura de um ambiente, o termômetro troca energia na forma de calor com o meio externo. Entretanto, o líquido contido no interior do termômetro, o qual sofre expansão do seu volume (quantidade de matéria), permanece constante.

BARAT ROLAND/SHUTTERSTOCK

O balão de ar quente troca energia na forma de calor com o meio, mantendo constante a massa de ar no seu interior.

Outro exemplo de sistema fechado são os balões de ar quente utilizado no transporte de pessoas.

Esse dispositivo é inicialmente preenchido com ar à temperatura ambiente, até preencher 60% do seu volume, quando o ar é aquecido por um maçarico localizado na sua base.

A elevação da temperatura do gás em seu interior faz a velocidade média de suas moléculas aumentar, causando a expansão do volume a fim de deixá-lo menos denso que o ar fora do balão, o qual passa a flutuar. Assim como um navio que flutua na água, o balão de ar quente (menos denso) flutua no ar com menor temperatura (mais denso).

Os voos de balão não são realizados com o sol a pino, pois tanto o solo quanto o ar acima dele estão muito aquecidos. Isso diminui a diferença de densidade entre o ar interno do balão e o ar do meio externo, prejudicando a flutuação.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R1 Um grupo de amigos resolveu passear em um balão de ar quente. Após o operador aquecer o ar no interior do balão e soltar as amarras que o prendiam ao solo, ele começou a flutuar e subir. Um dos amigos a bordo questionou o seguinte: Qual é o fenômeno físico que explica o funcionamento do balão? O que o operador deve fazer para que o balão retorne ao solo?

Resolução

A temperatura de um corpo está relacionada ao nível de agitação das moléculas que o compõem. Assim, quando a temperatura do gás no interior do balão aumenta, as moléculas desse material adquirem maior energia cinética. Conforme o gás é aquecido, as moléculas se chocam cada vez com mais energia contra as paredes do balão, fazendo o volume dele aumentar. Isso provoca a diminuição da densidade nessa região, fazendo o balão flutuar, uma vez que a densidade do ar no exterior é maior. Para o balão retornar ao solo, basta diminuir a temperatura do gás em seu interior, aumentando assim sua densidade.

MODERNA

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

Quanto ao sistema isolado, nem matéria nem energia cruzam sua fronteira, ou seja, o sistema não é influenciado pelo ambiente. Podemos dizer que os sistemas isolados constituem um tipo especial de sistema fechado, que não interage com o ambiente ao seu redor. Nesse caso, a temperatura é sempre constante.

É muito difícil obter um sistema totalmente isolado, pois todos os sistemas possuem alguma interação com o ambiente ao seu redor por meio de trocas de energia. Diferente do sistema fechado, cuja característica principal é ser completamente vedado, impedindo o fluxo de matéria, a construção de um sistema isolado requer materiais que não permitam a passagem de energia, ou que, no máximo, permita um fluxo considerado desprezível.

Há alguns dispositivos, muito comuns, que atuam praticamente como sistemas isolados. Como exemplo, podemos citar a garrafa térmica, geralmente usada para armazenar água quente, e a caixa térmica, em que se armazenam produtos como sucos, água, sanduíches e sorvetes para serem consumidos durante o dia.

JOY BROWN/SHUTTERSTOCK

A caixa térmica mantém bebidas e alimentos em temperatura menor que a do ambiente.

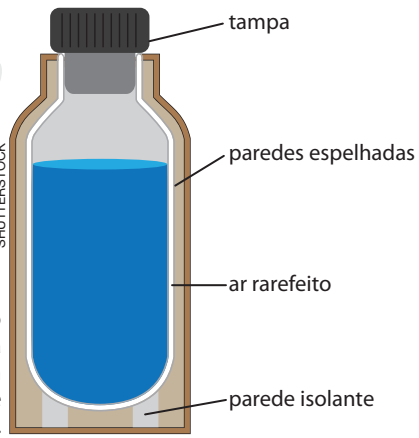
MIRKO VIGNA/SHUTTERSTOCK

A garrafa térmica mantém a água quente, em temperatura maior que a do ambiente.

Esses dispositivos são desenvolvidos com o objetivo de impedir a troca de calor do seu interior com o meio externo. Neles, as bebidas e os alimentos armazenados permanecem em temperatura menor ou maior que a do ambiente por um longo período de tempo, conservando suas propriedades físicas e químicas.

A garrafa térmica, por exemplo, é composta de um recipiente interno com as paredes interna e externa espelhadas, contendo ar rarefeito entre elas. Envolto ao recipiente espelhado, há uma proteção com paredes isolantes e uma tampa para vedação.

As paredes espelhadas evitam a troca de calor com o ambiente por meio da radiação térmica. Já as paredes isolantes e o ar rarefeito evitam a troca de calor por meio da condução e da convecção térmica.



STEVE CYMRO/SHUTTERSTOCK

Representação de uma garrafa térmica. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

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

ATIVIDADE RESOLVIDA

R2 Uma pizzaria se preocupa com a qualidade dos produtos e com a satisfação do consumidor. Para isso, estabelece que nenhuma *pizza* deve ser entregue ao cliente com temperatura inferior a 37 °C.

O entregador desse estabelecimento colocou duas *pizzas* na caixa térmica e esperou o sistema atingir o equilíbrio térmico. Em seguida, ele verificou que a temperatura das *pizzas* no interior da caixa térmica era de 47 °C. Chegando ao primeiro endereço, em 7 minutos, mediu novamente a temperatura.

a) Supondo que a caixa seja um sistema termodinâmico isolado, qual foi a temperatura medida no momento da entrega?

b) Após entregar a primeira *pizza*, o entregador constatou um problema que impedia de vedar completamente a caixa. Então, concluiu que a segunda entrega deveria ser efetuada rapidamente, antes que a temperatura da *pizza* ultrapassasse o valor mínimo estabelecido pela empresa.

Supondo que o valor da temperatura da segunda *pizza* na caixa térmica diminua a uma taxa constante de 1,1 °C/min, quanto tempo haveria para entregá-la conforme as normas da empresa?

c) Sabendo que após a primeira entrega se passaram mais 8 minutos para entregar a segunda, qual é a temperatura da *pizza* no momento dessa entrega?

Resolução:

a) Considerando a caixa térmica como um sistema isolado, a temperatura no seu interior é constante, pois não há troca de calor com o ambiente. Assim, a temperatura é 47 °C.

b) Considerando a taxa de diminuição da temperatura constante, tem-se uma função de primeiro grau, do tipo $T(t) = T_0 - 1{,}1 \cdot t$, em que $T(t)$ é a temperatura em função do tempo, T_0 é a temperatura inicial e t é o tempo. Assim, para que a entrega seja realizada na temperatura adequada, tem-se:

$$T(t) = T_0 - 1{,}1 \cdot t \Rightarrow 37 = 47 - 1{,}1 \cdot t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{37 - 47}{(-1{,}1)} = \frac{10}{1{,}1} \therefore t \simeq 9 \text{ min}$$

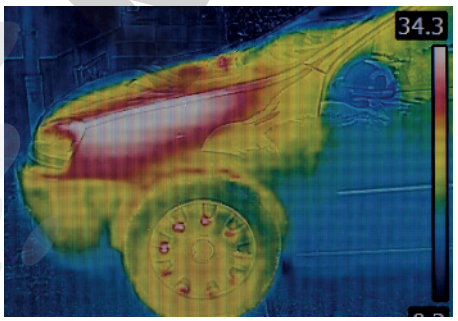
c) Utilizando a lei da função definida no item anterior, após 8 minutos, tem-se:

$$T(t) = T_0 - 1{,}1 \cdot t \Rightarrow T(8) = 47 - 1{,}1 \cdot 8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T(8) = 47 - 8{,}8 \therefore T(8) = 38{,}2\,^{\circ}\text{C}$$

Sistemas dissipativos

Sistemas termodinâmicos classificados como dissipativos são caracterizados por processos envolvendo trocas de energia, em que parte dessa energia é dissipada em algum processo e não pode ser aproveitada para realização de trabalho. Entenda-se por dissipação uma situação em que parte da energia é transformada em algum tipo de energia que não seja o objetivo do sistema (não é útil), mas que, de fato, a energia total do sistema é conservada quando todas as formas de energia são consideradas.



DARIO SABLJAK/SHUTTERSTOCK

Imagem em infravermelho de um automóvel, em que é evidenciado o aquecimento do motor.

O motor a combustão de um automóvel é um exemplo de sistema dissipativo. Ele converte a energia química armazenada no combustível em energia de movimento transmitida para as rodas do veículo, fazendo-o se deslocar. Contudo, grande parte da energia é dissipada em outras formas que não são úteis para fazer o veículo se mover, como o ruído do motor (energia sonora), o aquecimento dele (energia térmica) etc.

O planeta Terra também pode ser classificado como um sistema termodinâmico dissipativo. Grande parte da energia recebida do Sol é utilizada para a manutenção da vida e da biodiversidade do planeta, como o aquecimento da água dos rios, mares e lagos, evaporando-a e dando início ao ciclo da água, enquanto o aquecimento da atmosfera forma os ventos, responsáveis pela distribuição das chuvas para todas as regiões do planeta.

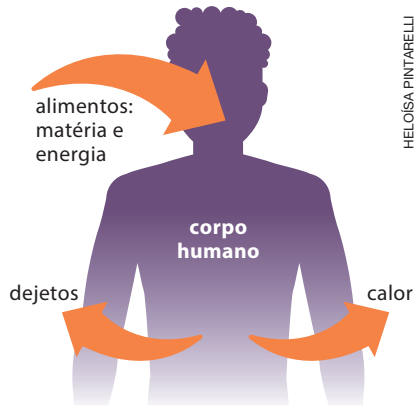
Embora a energia utilizada para o aquecimento do motor seja uma quantidade dissipada do sistema, ela é importante para o bom funcionamento do motor, principalmente na melhoria da lubrificação de suas peças, em que o óleo automotivo também se aquece.

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

Por outro lado, o planeta Terra dissipa parte de sua energia na forma de calor para o espaço. Essa parcela de energia dissipada que escapa do planeta não contribui de forma útil para o sistema termodinâmico terrestre. No entanto, se considerarmos a energia dissipada somada à energia útil do sistema termodinâmico terrestre, verifica-se que a energia total é conservada, ou seja, é equivalente a toda energia recebida pelo Sol.

Consulte a página **102** para maiores detalhes sobre o fluxo de energia na Terra e nos seres vivos.

Um organismo vivo, tal como o corpo humano, é outro exemplo de sistema termodinâmico dissipativo. Podemos notar que a energia proveniente do alimento não é completamente aproveitada e convertida em energia para manter as funções vitais do organismo ou para ser utilizada em alguma atividade cotidiana, como andar ou correr. Em vez disso, parte dela acaba sendo dissipada para o ambiente e não pode ser aproveitada para executar tarefas.



HELOÍSA PINTARELLI

Representação do corpo humano, um exemplo de sistema termodinâmico dissipativo aberto, pois realiza trocas de matéria e energia com o ambiente.

Considerando os exemplos de sistemas termodinâmicos dissipativos citados, podemos classificar tanto o organismo vivo (ser humano, por exemplo) quanto o motor do automóvel como um sistema aberto, pois ambos trocam matéria e energia com o ambiente. Já o sistema terrestre pode ser considerado um sistema fechado, pois praticamente não troca matéria com o espaço em volta dele, contudo troca energia absorvendo energia do Sol e emitindo energia térmica para o espaço.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R3 Uma determinada marca de automóveis deseja melhorar o desempenho de seus veículos para que consumam menos combustível. Para isso, ela desenvolveu um motor modelo *B* para substituir o antigo modelo *A* nos novos veículos que serão produzidos. Ambos são de 1 000 cilindradas (1.0). Para comparar os dois modelos, ambos foram submetidos a uma série de testes. Os resultados obtidos foram resumidos da seguinte maneira:

I) Não foi observada nenhuma diferença de potência entre os modelos.

II) O modelo *B* apresentou um ruído médio cerca 20% menor que o modelo *A*.

III) A temperatura média do modelo *A* foi cerca de 10% maior que a do modelo *B* após o mesmo período ligado.

a) Considerando o motor do automóvel como um sistema termodinâmico, em qual classe de sistema ele se encaixa? Por quê?

b) Analisando as três características dos modelos *A* e *B*, qual deles consumirá menos combustível?

Resolução:

a) O motor do automóvel trata-se de um sistema termodinâmico aberto, pois o combustível (matéria) é inserido no interior da câmara de combustão pela válvula de admissão e expele os gases após a combustão pela válvula de escape. Ele também é um sistema dissipativo, pois apenas uma fração da energia armazenada no combustível é aproveitada para fazê-lo se mover.

b) O modelo *B* consome menos combustível, pois dissipa menos energia na forma de calor e ruído, fornecendo a mesma potência que o modelo *A* fornece.

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

MODERNA

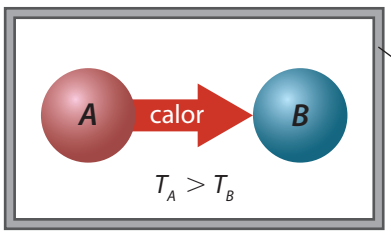
Sistemas conservativos

Sistemas conservativos são caracterizados por processos envolvendo trocas de energia totalmente aproveitadas para a realização de trabalho. Em outras palavras, nos sistemas conservativos nenhuma quantidade de energia é dissipada. Os sistemas conservativos são fundamentados no princípio de conservação de energia, segundo o qual a energia total interna do sistema se mantém constante.

Consideremos a situação ideal apresentada abaixo. Trata-se de dois objetos com temperaturas diferentes que trocam energia na forma de calor e estão inseridos em um recipiente perfeitamente isolado, sem trocar energia com o meio externo.

Comente com os estudantes que não existe um sistema perfeitamente isolado na natureza.

HELOÍSA PINTARELLI



Representação de um sistema termicamente isolado, com dois objetos de temperaturas diferentes em seu interior, que trocam energia na forma de calor até atingirem a mesma temperatura.

Observa-se a troca de calor entre eles até que suas temperaturas sejam as mesmas (equilíbrio térmico). Após atingir o equilíbrio térmico, o calor total perdido $(-)$ pelo corpo de maior temperatura é igual ao calor total recebido $(+)$ pelo corpo de menor temperatura, de maneira que a soma algébrica dos calores trocados seja nula. Assim:

$$\sum Q = 0 \text{ ou } Q_{\text{perdido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

Nessa situação não consideramos a troca de energia com o recipiente, entretanto, nos experimentos realizados em laboratório, nem sempre é possível desprezar essas parcelas de calor trocadas com o recipiente, sobretudo quantidades que são da ordem de grandeza da energia trocada entre os corpos.

O recipiente utilizado em experimentos de trocas de calor é o calorímetro. Trata-se de um dispositivo constituído de um recipiente interno envolvido por paredes isolantes que impedem as trocas de calor com o meio externo, assim como a garrafa térmica, mencionada anteriormente. Na tampa, há um orifício para inserir um termômetro. Desse modo, considera-se que o calorímetro é termicamente isolado.

Todavia, o calorímetro também participa das trocas de calor com os objetos colocados em seu interior. Assim, é necessário conhecer sua capacidade térmica para conhecer o calor perdido ou recebido por ele.

$$Q = C \cdot \Delta T$$

Portanto, nas situações em que se considera a energia na forma de calor trocada com o recipiente, ele deve ser incluído como mais um elemento na equação.

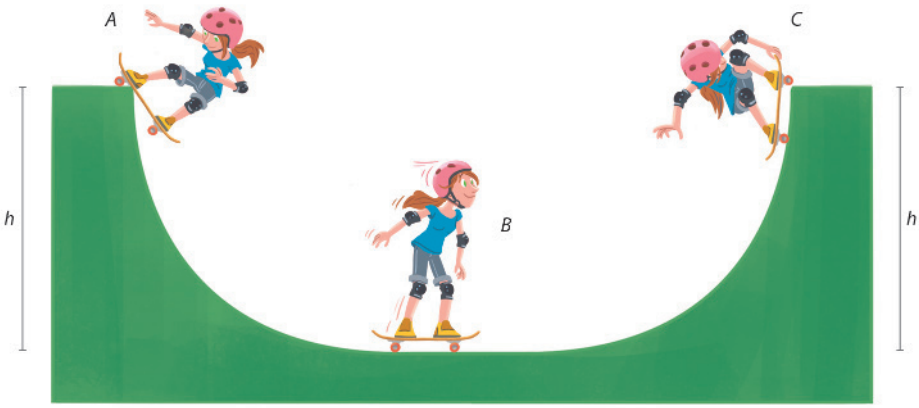
ANDREI NEKRASSOV/ SHUTTERSTOCK

Calorímetro.

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

MODERNA

Em relação à energia mecânica, um sistema é considerado conservativo quando os efeitos das forças dissipativas são desconsiderados, como a força de atrito, por exemplo. Para isso, considere uma esqueitista descendo uma rampa livre de qualquer força que possa dissipar energia, como mostra a figura abaixo.



Representação de uma esqueitista se movendo sobre uma rampa. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

FABIO EIJI SIRASUMA

Nota-se que, durante a descida, ocorre a transformação total da energia potencial gravitacional armazenada (quando a esqueitista está em *A*) em energia cinética (quando ela está em *B*). Observa-se também que, durante a subida, toda energia cinética em *B* é transformada novamente em potencial, em *C*. Como o sistema é conservativo, a esqueitista atinge a mesma altura inicial. Com isso, a energia total do sistema é conservada, ou seja, a energia mecânica é a mesma em qualquer momento do movimento da esqueitista sobre a rampa.

Relembre os estudantes de que energia mecânica está relacionada à capacidade de um corpo em realizar trabalho. Se essa capacidade estiver relacionada ao movimento, refere-se à energia cinética. Já, se estiver relacionada à posição do corpo, refere-se à energia potencial.

2. Caso a esqueitista estivesse em um sistema dissipativo, isto é, considerando as forças dissipativas, como seu movimento se descreveria?

Espera-se que os estudantes considerem que a energia mecânica do sistema diminuiria, portanto a velocidade adquirida na descida seria menor e a altura adquirida na subida seria menor que a altura inicial.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R4 Leia o trecho de reportagem a seguir sobre como os iglus protegem os esquimós contra o frio. Depois, responda às questões.

> [...]
>
> Como o ar quente sempre sobe, com uma cama alta é possível aproveitar a parte mais aquecida do espaço, que fica próxima do teto.
>
> Tradicionalmente, uma pequena lamparina a óleo ajuda a esquentar o ambiente [...]
>
> A entrada é um túnel que começa na parte interna da parede do iglu. Esta é a parte mais fria [...]

O gelo que esquenta: os engenhosos segredos dos iglus. *BBC Brasil*, 21 fev. 2017. News. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-38970141>. Acesso em: 15 jun. 2020.

Iglu na região do Ártico (2017).

VITALII_MAMCHUK/SHUTTERSTOCK

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

MODERNA

a) Considerando o iglu como um sistema termodinâmico, avalie as afirmações abaixo como verdadeiras ou falsas, justificando as falsas.

I) Trata-se de um sistema termodinâmico aberto e dissipativo.

II) A parte interior do iglu é um sistema perfeitamente isolado, sem interagir de nenhuma maneira com o exterior.

III) A parte interior do iglu é um sistema fechado, trocando calor apenas com o exterior.

b) A parte interior do iglu pode ser considerada um sistema termodinâmico conservativo? Justifique sua resposta.

Resolução:

I) Falsa. No iglu não há trocas de matéria com o ambiente.

II) Falsa. Na prática não é possível construir um sistema perfeitamente isolado do ambiente.

III) Verdadeiro.

b) Sim. Essa região do iglu atua aproximadamente como um sistema isolado, retendo o calor liberado pelo corpo do esquimó e evitando que seja liberado para o exterior, mantendo a habitação com uma temperatura mais agradável.

R5 **(Enem)** Em dias com baixas temperaturas, as pessoas utilizam casacos ou blusas de lã com o intuito de minimizar a sensação de frio. Fisicamente, essa sensação ocorre pelo fato de o corpo humano liberar calor, que é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles.

A utilização de vestimenta de lã diminui a sensação de frio, porque

a) possui a propriedade de gerar calor.

b) é constituída de material denso, o que não permite a entrada do ar frio.

c) diminui a taxa de transferência de calor do corpo humano para o meio externo.

d) tem como principal característica a absorção de calor, facilitando o equilíbrio térmico.

e) está em contato direto com o corpo humano, facilitando a transferência de calor por condução.

Resolução:

A opção **c** é a correta. A lã é um material considerado isolante térmico.

R6 O corpo humano coberto pelo casaco pode ser considerado um sistema isolado e conservativo? Explique.

Resolução:

Não. Apesar de diminuir a sensação de frio ao reduzir a taxa de calor do corpo para o ambiente, o corpo humano é considerado um sistema aberto e dissipativo.

R7 Um reservatório térmico utilizado para conservar bebidas possui um revestimento nas paredes capaz de evitar trocas de calor com o ambiente, mantendo praticamente constante, durante algum tempo, a temperatura dos corpos contidos em seu interior. Levando isso em consideração, é possível afirmar que esse sistema se comporta como um sistema conservativo?

Resolução:

Sim. Como impede as trocas de calor com o ambiente, esse sistema pode ser classificado como isolado e conservativo.

R8 Um calorímetro caseiro pode ser produzido com materiais simples, seja um copo de vidro, de isopor, seja por meio de outros recipientes capazes de impedir as trocas de calor com o ambiente. Contudo, em um laboratório de pesquisas, esse tipo de dispositivo não é suficiente para obter os dados com a precisão necessária para as pesquisas dos cientistas, pois

I) O calorímetro caseiro não é capaz de medir qualquer variação de temperatura dos corpos em seu interior.

II) O calorímetro feito com material de baixo custo não é capaz de impedir as trocas de calor com o ambiente de forma suficientemente eficaz, deixando parte do calor ser transferido para o ar em volta dos corpos, por exemplo.

III) Esse tipo de calorímetro pode muito bem ser utilizado em qualquer tipo de experimento.

Resolução:

A opção II está correta.

MODERNA

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**.

Trocas de calor em sistemas abertos e isolados

Contextualização

Como vimos anteriormente, a garrafa térmica pode ser classificada praticamente como um sistema isolado, pois reduz a troca de massa e de energia com o meio externo. Diferentemente, uma panela de pressão é classificada como um sistema aberto porque troca tanto massa quanto energia com o meio externo.

CARLOS RESTREPO/ SHUTTERSTOCK

Panela de pressão.

DESIGN56/SHUTTERSTOCK

Garrafa térmica.

a) Como ocorrem as trocas de massa e energia por meio de uma panela de pressão? Explique.

b) Cite outros exemplos de dispositivos comuns classificados como sistema aberto ou isolado.

Orientações

Junte-se a três colegas e pesquisem uma maneira de construir, com materiais recicláveis, um dispositivo simples de sistema aberto e outro de sistema isolado.

Em seguida, usem esses dispositivos para conferir como ocorre a interação entre as substâncias em seu interior e o meio externo. Para isso, elaborem no caderno um roteiro de investigação, contemplando as seguintes questões.

- Como faremos essa investigação?
- Quais materiais devemos utilizar para construir cada dispositivo?
- Quais substâncias podemos colocar no interior de cada dispositivo?
- Como vamos comparar os dois sistemas termodinâmicos?
- Quais grandezas físicas devemos observar durante o experimento?
- Quantas vezes vamos repetir as medidas?
- Como vamos organizar os dados observados?

Executem a atividade de investigação procurando soluções para os possíveis problemas que surgirem. Durante a execução da atividade, gravem cada etapa em vídeo.

Análise e divulgação dos dados

O vídeo gravado será utilizado para divulgar e compartilhar os procedimentos e resultados da atividade. Por isso, gravem também as explicações a respeito das hipóteses levantadas durante o experimento, das etapas desenvolvidas, de suas observações e conclusões, além de incluir as respostas das seguintes questões.

1. Quais foram os materiais utilizados para construir os dispositivos classificados como sistemas termodinâmicos aberto e isolado?
2. Em quais características desses materiais vocês se basearam para escolhê-los?
3. Como vocês compararam os dois dispositivos para classificá-los como aberto ou isolado?
4. Quais grandezas físicas foram analisadas nessa comparação?

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

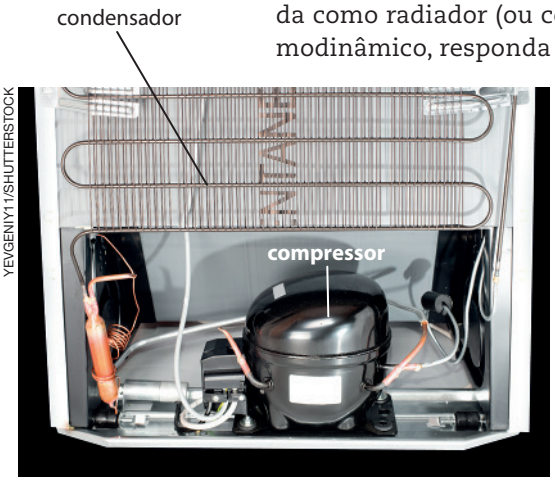
MODERNA

ATIVIDADES

Registre em seu caderno.

Respostas das questões **1**, **2** e **3** no **Suplemento para o professor**.

1. Um refrigerador utiliza um compressor alimentado por uma fonte de energia externa (energia elétrica) para promover o fluxo de gases ao longo de um circuito fechado. Nesse processo é retirado calor do interior do aparelho e levado para a parte posterior, conhecida como radiador (ou condensador). Considerando o refrigerador como um sistema termodinâmico, responda às questões abaixo.



YEVGENIY11/SHUTTERSTOCK

Compressor e condensador de um refrigerador.

a) Qual é o tipo de sistema termodinâmico desse refrigerador? Explique.

b) O refrigerador pode ser considerado um sistema isolado? Por quê?

c) Se faltar energia elétrica e houver consequentes interrupções do funcionamento do compressor, o refrigerador é capaz de manter a temperatura constante em seu interior? Por quê?

d) Considere a seguinte situação: a temperatura no interior do refrigerador, antes de faltar energia elétrica, era de 2,00 °C, mas, por causa de um defeito na vedação das portas, esse aparelho está perdendo rapidamente a capacidade de manter essa temperatura por longos intervalos de tempo. Supondo que a temperatura nessa geladeira esteja aumentando a uma taxa constante de 0,02 °C por minuto, calcule a temperatura nesse aparelho após duas horas e meia. $T(150) = 5{,}00$ °C

e) Alguns alimentos como carnes, peixes e derivados de leite são perecíveis e precisam ser guardados no refrigerador para serem conservados em boas condições de consumo por mais tempo. Segundo a portaria de vigilância sanitária, os laticínios precisam ser mantidos a uma temperatura máxima de 4,00 °C. Nessas condições, qual é o tempo máximo para manter um iogurte na geladeira desligada apresentada no item **d**, sem que ele estrague? $t = 100$ minutos

f) Com o compressor desligado, o ato de abrir e fechar a porta da geladeira constantemente altera a forma como sua temperatura varia ao longo do tempo? Mas se ele estiver ligado enquanto a porta for aberta e fechada repetidamente, pode haver aumento na conta de energia elétrica? Explique.

2. Explique por que há vácuo entre as paredes espelhadas de uma garrafa térmica.

3. Em uma locomotiva a vapor, o carvão é colocado em uma fornalha para ser queimado. Essa fonte de energia é utilizada para aquecer a água em uma caldeira que, ao ser aquecida, libera vapor. Esse vapor é coletado por uma estrutura no topo da caldeira e direcionado por tubulações até os cilindros que contêm pistões fazendo um movimento oscilatório, transmitindo essa energia aos eixos da locomotiva que a fazem se mover. Considerando a locomotiva a vapor um sistema termodinâmico, em que classe de sistemas ela pode ser classificada?

4. **(UCPEL-RS)** Diversos recordes foram quebrados nesta olimpíada [2016] em que o Brasil ganhou 19 medalhas: 7 de ouro, 6 de prata e 6 de bronze. Elas foram conquistadas em modalidades variadas como tiro, judô, ginástica artística, canoagem, vela, salto com vara, dentre outras. Entretanto, sob o ponto de vista físico existe algo em comum entre estes diferentes esportes. Escreva em seu caderno a alternativa correta.

a) A conservação de energia é um princípio teórico de validade restrita a sistemas mecânicos que não pode ser usado de maneira prática para organismos vivos. O fato de que os atletas ficam muito cansados após as provas constitui forte evidência de que a energia foi perdida, mostrando que princípios físicos de conservação da energia não se aplicam aos seres vivos. Por causa dessa restrição, não se estuda física em cursos de medicina ou em cursos relacionados à área da saúde. Apesar disso, as transformações de energia sempre podem ser verificadas, não somente nos diferentes tipos de esportes olímpicos, mas também em nosso cotidiano.

MODERNA

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

b) Embora a energia de um sistema fechado nem sempre se conserve, a transformação de energia está presente em qualquer modalidade esportiva. Por exemplo, no tiro, a energia cinética armazenada na pólvora é convertida em energia potencial de impacto, o que provoca o deslocamento da bala em alta velocidade e sua capacidade destrutiva.

c) Sempre se observa o fenômeno da transformação da energia em todas as modalidades. Entretanto, a energia somente se conserva em um sistema fechado quando condições especiais são estabelecidas em laboratório. Por isso, o princípio de conservação de energia é teórico e não se aplica a situações práticas.

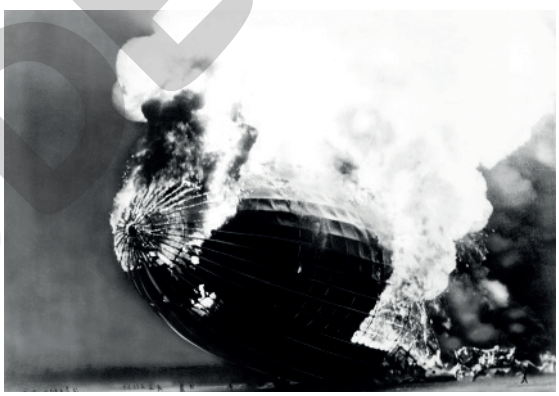
d) A conservação de energia é um princípio teórico que muitas vezes não pode ser usado de maneira prática tanto em sistemas mecânicos quanto biológicos. Por exemplo, nas olimpíadas, notou-se que os atletas ficam muito cansados após as provas, alguns chegam até a passar mal, indicando que eles perderam muita energia, demonstrando assim que não há conservação de energia na prática. Apesar disso, as transformações de energia sempre podem ser verificadas, não somente nos diferentes tipos de esporte como também no nosso cotidiano.

e) Em todas as modalidades sempre se observa o fenômeno da transformação da energia, que se conserva em um sistema fechado. Por exemplo, na modalidade vela, observa-se a conversão da energia eólica em energia cinética, na ginástica artística a energia química, armazenada nos músculos do atleta, é convertida em energia cinética e energia potencial quando ele realiza seus movimentos precisos. O que pode determinar o desempenho de um atleta, em alguns casos, é o quanto mais eficientemente ele consegue converter uma forma de energia em outra.

Alternativa **e**.

5. Leia o trecho de reportagem a seguir sobre o dirigível zepelim Hindenburg e responda às questões.

> [...]
>
> Às 19h25, como que do nada, o dirigível pegou fogo. Começando pela parte de trás, o furioso incêndio começou a trazer o colosso para o chão, perdendo sustentação primeiro atrás e empinando, em sucessivas explosões de cada uma de suas câmaras de gás. Em segundos, restava uma carcaça flamejante no solo.
>
> [...]
>
> LIMA, V.; BERNARDO J. V. 82 anos da tragédia do dirigível Hindenburg. *Aventuras na História*, São Paulo, Grupo Perfil, 6 maio 2020. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/almanaque/historia-83-anos-desastre-do-hindenburg.phtml>. Acesso em: 15 jun. 2020.



EVERETT COLLECTION/SHUTTERSTOCK

Incêndio no dirigível zepelim Hindenburg, em Nova Jersey, Estados Unidos (1937).

a) Um dirigível é uma aeronave que se assemelha a um balão, mas possui formato diferente. Ele é preenchido com um gás menos denso que o ar, o que o faz flutuar e levantar voo. No dirigível é acoplado um motor com propulsor que permite movimentos e manobras e um leme para direcionar esses movimentos. Há compartimentos menores preenchidos com ar comum. O piloto pode fazer a nave subir ou descer ao controlar a quantidade de ar nesses compartimentos menores. Tendo isso em mente e considerando o dirigível um sistema termodinâmico, julgue as afirmações abaixo como verdadeira ou falsa e justifique as falsas.

I) O dirigível, assim como um balão, pode ser classificado como um sistema fechado.

II) O dirigível é um sistema isolado, pois não realiza trocas de energia ou matéria com o ambiente.

III) Um dirigível consiste em um sistema aberto, pois realiza trocas de matéria e energia com o ambiente.

b) Apesar de ser altamente inflamável, o gás hidrogênio (H_2) era utilizado para preencher o zepelim Hindenburg. Além dos motivos políticos e econômicos, que propriedades físicas do hidrogênio fizeram com que os alemães escolhessem esse gás para essa finalidade?

O princípio de funcionamento de um dirigível se dá por meio do preenchimento de seu compartimento principal com um gás que o permita flutuar, isto é, que seja mais leve que o ar. Uma vez que o hidrogênio é o elemento químico mais leve da tabela periódica, ele é ideal para essa função.

5. a) I. Falsa. Quando o piloto precisa fazer o dirigível descer ou subir, ele preenche ou remove ar (matéria) dos compartimentos menores da aeronave, fazendo esse sistema trocar matéria com o ambiente.
II. Falsa. O dirigível realiza trocas de matéria com o ambiente. Além disso, a temperatura em seu interior não é isolada da temperatura do exterior, ocorrendo, assim, trocas de calor.
III. Verdadeira.

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

6. **(Enem)**

Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento de energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. *Física Térmica*. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.

b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.

c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.

d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.

e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

Alternativa **c**.

7. Classifique os seguintes sistemas listados abaixo como aberto, fechado ou isolado.

I) Café quente em uma garrafa térmica de ótima qualidade.

II) Líquido refrigerante na serpentina de um refrigerador.

III) Um calorímetro de laboratório.

IV) Motor de automóvel durante seu funcionamento.

V) Planta viva.

VI) Mistura de água e álcool utilizada como indicador em termômetros clínicos.

São sistemas termodinâmicos abertos: IV e V.
São sistemas termodinâmicos fechados: II e VI.
São sistemas termodinâmicos isolados: I e III.

8. Um balão de ar quente é constituído de um cesto de vime, para o transporte de passageiros e de cargas, de uma fonte de calor e de um envelope, feito de material sintético com a capacidade de conter o ar aquecido, como mostra a imagem a seguir.

PIO3/SHUTTERSTOCK

Balão de ar quente.

Para o voo do balão, o ar no interior do envelope é aquecido. Explique por que ocorre essa flutuação.

Espera-se que o estudante mencione que o aquecimento do ar no interior do envelope faz suas moléculas se distanciarem umas das outras, assim sua densidade diminui. Quando a força de empuxo (vertical e para cima) for maior que a força peso (vertical e para baixo), o balão inicia o voo.

9. Em um calorímetro ideal, cuja capacidade térmica pode ser desprezível, foram misturadas duas quantidades de água: 200 g e 400 g, com temperaturas iniciais de 20 °C e 80 °C, respectivamente. Qual é a temperatura da mistura ao atingir o equilíbrio térmico?

$T \simeq 46{,}66$ °C

10. Para um motor térmico foram fornecidos 1 000 J de energia na forma de calor e observa-se a transformação de 700 J em trabalho. Qual é a energia dissipada pelo sistema? O que essa quantidade representa? 300 J

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

CAPÍTULO 4

Termoquímica

Entalpia

1. Qual é a importância da fotossíntese para o desenvolvimento da vida como conhecemos hoje? A fotossíntese possibilitou a fixação da energia proveniente do Sol e a produção do gás oxigênio.

O Sol é a fonte de energia primordial para o planeta Terra e para os seres vivos que nela habitam. Por meio do processo de fotossíntese, seres vivos autotróficos absorvem energia solar e a transformam em energia química. Essa energia química é transmitida aos animais herbívoros e onívoros, e destes, aos carnívoros. Sem a fotossíntese, a vida como conhecemos não seria possível.

Seres vivos autotróficos: aqueles que produzem o próprio alimento. São exemplos as plantas, as algas e algumas bactérias.

Relembre a seguir a equação química simplificada do processo de fotossíntese:

$$6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) + \text{energia solar} \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6\,O_2(g)$$

Observe que a energia solar está localizada ao lado esquerdo da equação, ou seja, é um reagente da reação. Isso significa que foi necessária a absorção de energia para formar os produtos. As reações que absorvem energia, como a da fotossíntese, são chamadas de **reações endotérmicas**.

O consumo ou a absorção de energia geralmente é indicado em cima da seta das equações químicas, por não se tratar de um reagente químico participante da reação. No entanto, nessa página será representado dessa forma para facilitar a visualização dos processos endotérmicos e exotérmicos.
Além disso, muitas vezes, as palavras energia e calor nas equações químicas podem ser representadas por símbolos, como o Δ.

Durante a fotossíntese, a energia solar é responsável por romper as ligações químicas das moléculas de dióxido de carbono (CO_2) e de água (H_2O), e por formar as ligações químicas da glicose $(C_6H_{12}O_6)$ e do gás oxigênio (O_2). A glicose é um carboidrato que armazena grande quantidade de energia em suas ligações.

Registre em seu caderno.

Trocando ideias

A energia solar é proveniente da luz e do calor do Sol, sendo uma energia sustentável que possibilita, por exemplo, gerar energia elétrica.

- Junte-se a um colega e pesquisem outras aplicações da energia solar, bem como as vantagens e desvantagens dessa energia em relação às não renováveis.

Resposta e orientações no **Suplemento para o professor**.

WOLFGANG FILSER/SHUTTERSTOCK

energia solar

absorção de dióxido de carbono e liberação de gás oxigênio

absorção de água e sais minerais

Ambiente natural, com destaque aos componentes participantes do processo de fotossíntese.

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

MODERNA

A origem dos termos "endotérmico" e "exotérmico" vem do grego. Nesta língua, *endo* significa "dentro", *exo* significa "fora", e *termos* significa "calor" ou "temperatura". Assim, uma reação *endotérmica* é aquela que traz calor para dentro, e uma reação *exotérmica* é aquela que leva calor para fora.

A energia armazenada nas ligações químicas da glicose é eventualmente usada pelos próprios seres autotróficos ou por outros seres da cadeia alimentar, por meio do rompimento das ligações químicas. Como exemplo, veja a equação química da reação de combustão da glicose a seguir.

$$C_6H_{12}O_6(aq) + 6\,O_2(g) \longrightarrow 6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) + \text{energia}$$

Nesta reação, inversa à da fotossíntese, ocorre a liberação de energia. As reações em que a energia é liberada após formar os produtos são chamadas de **reações exotérmicas**.

A combustão da glicose, formando dióxido de carbono e água e liberando energia, é a reação simplificada do processo que acontece no organismo quando necessita de energia.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

2. Imagine uma macieira que, por meio da fotossíntese, deu origem a maçãs, que, posteriormente, serviram de alimento a um atleta. Esse atleta, pouco tempo depois de ingerir a maçã, realizou uma atividade física intensa. Descreva como a energia solar foi transportada até ser gasta no exercício do atleta.

3. Em sua opinião, quais são as semelhanças e as diferenças entre a energia absorvida na reação de fotossíntese e a liberada na combustão da glicose?

TITLESTOCK/SHUTTERSTOCK

Pessoa segurando cubos de gelo. A sensação de queimadura nessa situação deve-se à transferência de calor das mãos para o gelo.

Assim como as reações químicas, os processos físicos também podem ser classificados como endotérmicos ou exotérmicos. A evaporação da água, por exemplo, é um processo endotérmico. É por isso que, para evaporarmos água, é necessário fornecermos calor.

$$H_2O(l) + \text{energia} \longrightarrow H_2O(g)$$

Do mesmo modo, ao segurarmos cubos de gelo, estamos transferindo a eles o calor das mãos, que aos poucos se transforma em água líquida. A fusão também é um processo endotérmico.

$$H_2O(s) + \text{energia} \longrightarrow H_2O(l)$$

A solidificação, processo inverso da fusão, é um processo exotérmico. Por isso, para produzirmos gelo, colocamos água líquida no congelador. A temperatura baixa do aparelho promove a perda de calor da água, formando o gelo.

$$H_2O(l) \longrightarrow H_2O(s) + \text{energia}$$

Outro exemplo é a luz projetada no abdome do vaga-lume, principalmente na fase de acasalamento. Esse inseto se alimenta de vegetais e de outros insetos menores e, nesse processo, ingere carboidratos que servem como reserva energética.

E. R. DEGGINGER/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

O vaga-lume (*Photuris pennsylvanica)* pode atingir aproximadamente 1 cm de comprimento.

Assim como ocorre com os organismos dinoflagelados abordados na abertura desta unidade, a luz projetada no abdome dos vaga-lumes é resultado de uma reação exotérmica entre o oxigênio e uma substância chamada luciferina. Observe que o reagente não é a glicose, o que significa que a energia contida no carboidrato foi transportada para outros componentes, até ser eventualmente liberada pela decomposição da luciferina.

Todo material possui um valor de calor próprio, que pode ser entendido como uma energia inerente ao material. Esse calor, em termos químicos, é denominado **entalpia** (*H*). Essa é uma definição simplificada da entalpia, que também leva em consideração as condições de volume e pressão do sistema. A entalpia é uma propriedade termodinâmica que reflete as características térmicas de um material. Quando um sistema troca energia térmica com o ambiente, essa energia em trânsito é chamada de troca de calor ou de troca de entalpia.

MODERNA

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

Variação de entalpia

No tópico anterior, estudamos que as reações químicas podem absorver ou liberar energia. Dessa maneira, existe uma diferença na quantidade de energia entre os reagentes e os produtos de uma reação, a qual é denominada **variação de entalpia** (ΔH). Essa variação é determinada pela diferença entre a soma da entalpia dos produtos (H_P) e a soma da entalpia dos reagentes (H_R), sendo expressa pela seguinte fórmula:

$$\Delta H = \sum H_P - \sum H_R$$

Em geral, o valor da variação de entalpia de uma reação é disposto à direita da equação química da reação. Veja novamente a equação da reação de fotossíntese, com seu respectivo valor de ΔH.

$$6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6\ O_2(g) \qquad \Delta H^\circ = 2\ 803\ kJ/mol$$

Perceba que não é mais necessário constar o termo "energia" na equação, já que isso é informado pelo valor de ΔH.

Note que o valor de variação de entalpia informado não é simplesmente ΔH, e sim ΔH°. Esse valor é chamado de **entalpia-padrão** e equivale à variação de entalpia nas condições padronizadas do sistema. Nessas condições, a temperatura é 25 °C, a pressão é 1 atm, e a substância está na sua forma mais estável. Caso as condições fossem diferentes, o valor de ΔH também seria. Para manter uma padronização, a entalpia-padrão é usada na maioria dos casos.

A unidade usada para a variação de entalpia é o **quilojoule** (kJ), referente a 1 000 joules. O joule é a medida de calor do Sistema Internacional de Unidades (SI) e a medida geralmente usada em termoquímica. No entanto, a medida caloria (cal) ou, mais usualmente, quilocaloria (kcal), pode ser usada.

O valor da variação de entalpia é dado, geralmente, em relação à quantidade de matéria envolvida na reação. Para a reação de fotossíntese, por exemplo, são absorvidos 2 803 kJ por mol de glicose produzida ou por 6 mol de gás carbônico consumido, por 6 mol de água consumida ou por 6 mol de gás oxigênio produzido.

A relação entre joule e caloria é dada por:

$$1\ cal = 4{,}18\ J$$

Assim, o valor da variação de entalpia da fotossíntese, em kcal/mol, é igual a:

$$\frac{2\,803\ kJ/mol}{4{,}18\ cal} \simeq 671\ kcal/mol$$

4. Com base nas informações a respeito da quantidade de matéria envolvida na reação da fotossíntese, descrita acima, qual é a energia necessária para que essa reação ocorra, considerando o consumo de 0,06 mol de CO_2 e 0,06 mol de H_2O, nas condições normais de temperatura e pressão?

4. Como os valores de quantidade de matéria, em mol, são 100 vezes menores do que os indicados na equação estudada anteriormente, o valor da variação de entalpia será também 100 vezes menor: 28,03 kJ ou 6,71 kcal.

Embora este modo de representação seja menos utilizado, a equação química da fotossíntese mostrada acima também pode ser representada com a variação da entalpia embutida na própria equação da reação. Veja a equação a seguir.

$$6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) + 2\ 803\ kJ \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6\ O_2(g)$$

A variação da entalpia pode ser positiva, negativa e, raramente, igual a zero. Por meio do valor de variação da entalpia é possível saber se a reação é endotérmica ou exotérmica. Por exemplo, quando a energia precisa ser providenciada ao sistema, o valor de ΔH é positivo e a reação é endotérmica. Porém, quando há liberação de energia, o valor de ΔH é negativo e a reação é exotérmica.

As variações da entalpia podem ser representadas graficamente. Vamos estudar na página a seguir o diagrama de variação de entalpia para reações endotérmicas e exotérmicas.

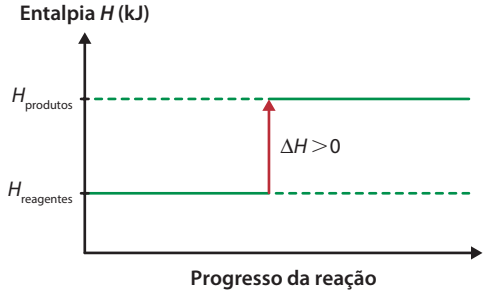
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Quando a soma da entalpia dos produtos for maior do que a soma da entalpia dos reagentes $(H_P > H_R)$, essa diferença de energia precisará ser fornecida aos reagentes para que a reação se complete. Dessa maneira, o valor de ΔH será positivo $(\Delta H > 0)$, e a reação será endotérmica.

Observe ao lado o diagrama de variação de entalpia para um processo endotérmico. A diferença de entalpia pode ser vista graficamente pela seta apontada para cima.

DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DE ENTALPIA PARA UM PROCESSO ENDOTÉRMICO



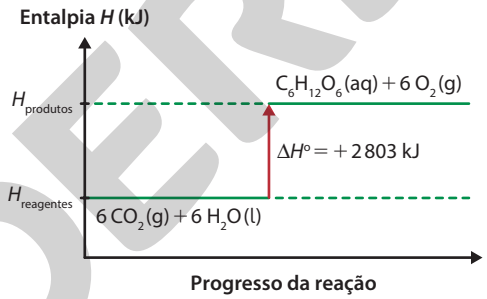
Fonte: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 175.

Observe agora o diagrama de variação de entalpia para o processo de fotossíntese.

Note que existe uma diferença de 2 803 kJ/mol entre os reagentes e os produtos da reação de fotossíntese. Esse valor de energia deve ser fornecido ao sistema para que a reação se complete e, na natureza, provém dos raios solares.

Perceba que o valor de 2803 kJ é a energia necessária considerando-se a formação de 1 mol de glicose e as condições normais de temperatura e pressão. Por isso, neste diagrama, é necessário indicar que estamos nos referindo à entalpia-padrão.

DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DE ENTALPIA PARA A REAÇÃO DE FOTOSSÍNTESE



Fonte: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 200.

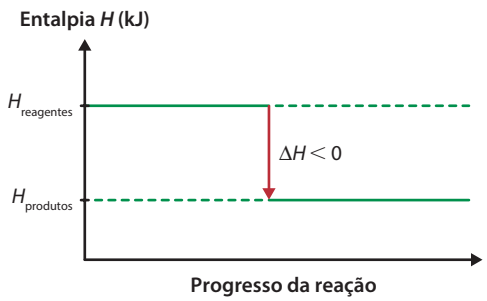
Quando a soma da entalpia dos produtos for menor do que a soma da entalpia dos reagentes $(H_P < H_R)$, haverá excesso de energia no lado dos reagentes. Essa energia será liberada quando a reação se completar. Dessa maneira, o valor de ΔH será negativo $(\Delta H < 0)$ e a reação será exotérmica.

Observe ao lado o diagrama de variação de entalpia para um processo exotérmico.

Ao contrário do que vimos para reações endotérmicas, no diagrama de uma reação exotérmica, a entalpia total do sistema diminui após o final do processo.

A energia em excesso é, então, liberada para o sistema, o que pode ser verificado pela direção da seta de ΔH, apontada para baixo.

DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DE ENTALPIA PARA UM PROCESSO EXOTÉRMICO



Fonte: BROWN, T. L. et al. *Química*: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. p. 175.

ILUSTRAÇÕES: SERGIO L. FILHO

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

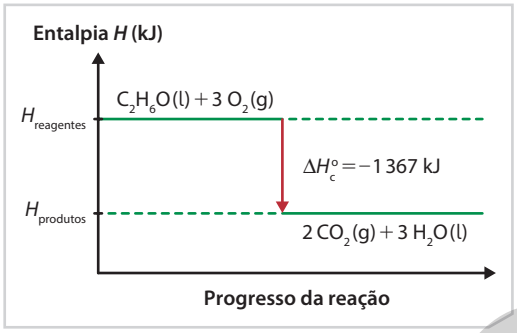
Todas as reações de combustão são exotérmicas. Nessas reações, um combustível reage com um comburente, geralmente o gás oxigênio, liberando alta quantidade de energia e novos produtos químicos. Veja a seguir a equação química da principal reação de combustão que acontece nos motores de carro movidos a álcool, a combustão do etanol.

$$C_2H_6O(l) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2\ CO_2(g) + 3\ H_2O(l) \qquad \Delta H_c^\circ = -1\,367\ kJ/mol$$

O valor da variação de entalpia-padrão para uma reação de combustão recebe um nome específico: entalpia de combustão, representada por ΔH_c°.

A entalpia-padrão de combustão do etanol é de -1367 kJ/mol. Essa energia liberada é a responsável por fazer funcionar o motor de um automóvel movido a álcool.

DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DE ENTALPIA PARA A REAÇÃO DE COMBUSTÃO DO ETANOL



Fonte: HAYNES, W. M. (Ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. p. 5-67.

> **!**
>
> Comumente, em uma reação de combustão, o combustível é um composto orgânico formado por uma cadeia de carbonos, como é o caso do etanol (C_2H_6O) e do octano (C_8H_{18}).
>
> Uma reação de combustão completa libera tantas moléculas de $CO_2(g)$ quantos são os átomos de carbono no combustível. Portanto, o etanol libera duas moléculas de $CO_2(g)$, e o octano, oito.

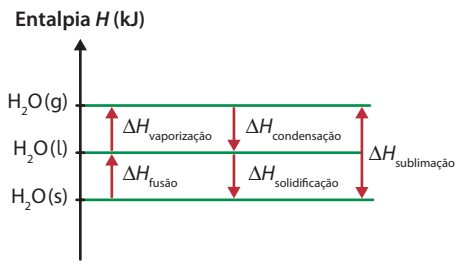
Para algumas pessoas, abastecer um carro com álcool é mais vantajoso do que abastecer com gasolina. No entanto, a entalpia-padrão de combustão do octano, o principal combustível da gasolina, é de $-5\,470$ kJ/mol, quatro vezes maior do que a do etanol. Dessa maneira, tendo-se a mesma massa de ambas as substâncias, o octano será mais eficaz no fornecimento de energia. É importante ressaltar que nem toda a energia liberada faz o motor funcionar, pois grande parte é perdida no processo.

Sabemos que nem todos os processos endotérmicos ou exotérmicos resultam necessariamente em reações químicas endotérmicas ou exotérmicas, pois a troca de calor com o meio (vizinhança) pode provocar mudança no estado de agregação do material sem que haja formação de nova(s) substância(s). Veja os dados e o diagrama abaixo que mostram a variação de energia para as mudanças de estado de agregação da água, à pressão de 1 atm.

$$H_2O(s) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{fusão} = +6,01\ kJ$$
$$H_2O(l) \longrightarrow H_2O(s) \qquad \Delta H_{solidificação} = -6,01\ kJ$$
$$H_2O(l) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_{vaporização} = +40,7\ kJ$$
$$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{condensação} = -40,7\ kJ$$
$$H_2O(s) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_{sublimação} = +46,71\ kJ$$
$$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(s) \qquad \Delta H_{sublimação} = -46,71\ kJ$$

Fonte: 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. p. 258.

DIAGRAMA DE ENTALPIA *H* COM AS MUDANÇAS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA ÁGUA



ILUSTRAÇÕES: SERGIO L. FILHO

Note que a fusão e a vaporização da água são dois processos independentes, cada qual com seu valor de variação de entalpia, mas ambos positivos.

A entalpia de fusão é significativamente menor do que a entalpia de vaporização. Isso acontece porque é necessário muito mais energia para separar por completo os componentes de um líquido do que para quebrar a estrutura cristalina de um sólido.

Perceba que os valores de variação de entalpia são os mesmos, mas com sinais trocados. Isso acontece porque o valor da entalpia-padrão da água sólida, líquida e gasosa é o mesmo, mudando apenas o estado de agregação.

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

MODERNA

Entalpia de formação

A entalpia-padrão de formação, ΔH_f°, é a variação de entalpia relativa à formação de 1 mol de uma substância por meio das substâncias simples mais estáveis dos átomos que a compõem, nas condições normais de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm).

Veja no exemplo a seguir como é calculada a entalpia-padrão de formação da água líquida, $H_2O(l)$.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_f^\circ = -285{,}8 \text{ kJ/mol}$$

No lado dos reagentes da equação química entram as substâncias simples H_2 e O_2, em suas formas mais estáveis, que, no caso, é a gasosa. No lado dos produtos entra somente a água líquida.

Como, por definição, deseja-se a formação de um mol da substância, logo podem aparecer coeficientes fracionários, como no caso da equação química acima, em que o gás oxigênio está com o coeficiente $\frac{1}{2}$.

Por convenção, as substâncias puras simples, na forma alotrópica mais estável, e nas condições normais de temperatura e pressão, apresentam entalpia igual a zero, ou seja, a soma da entalpia dos produtos é igual à soma da entalpia dos reagentes $(H_P = H_R)$. Desse modo, a entalpia-padrão de formação da água líquida é de –285,8 kJ/mol.

Perceba que a equação termoquímica da entalpia-padrão de formação da água, nas condições padronizadas, também representa a entalpia-padrão de combustão do gás hidrogênio (H_2):

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_c^\circ = -285{,}8 \text{ kJ/mol}$$

A tabela a seguir apresenta a entalpia-padrão de formação de algumas substâncias. Ela será bastante útil posteriormente, portanto retome-a sempre que for necessário.

Entalpia-padrão de formação de algumas substâncias

Substância	Entalpia de formação ΔH_f° (kJ/mol)	Substância	Entalpia de formação ΔH_f° (kJ/mol)
$O_3(g)$	+142,7	HCl(g)	−92,3
$O_2(g)$	0,0	$H_2SO_4(aq)$	−887,3
$H_2O(l)$	−285,8	NO(g)	+90,3
$H_2O(g)$	−241,8	$NO_2(g)$	+33,2
$Ca(OH)_2(s)$	−986,1	$N_2O(g)$	+82,1
NaCl(s)	−411,2	$SO_2(g)$	−296,8
$SiO_2(g)$	−910,9	$SO_3(g)$	−395,7
$C_{diamante}$	+1,9	$NH_3(g)$	−46,1
$C_{grafite}$	0,0	$NH_4NO_3(s)$	−365,6
$CO_2(g)$	−393,5	$NH_4ClO_4(s)$	−295,3

Fonte: 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. p. 834.

O mesmo elemento químico pode apresentar mais do que uma forma, como as substâncias simples. O carbono (C), por exemplo, pode se apresentar na forma de grafite $(C_{grafite})$, de diamante $(C_{diamante})$ ou de fulereno $(C_{fulereno})$, entre outras. Quando isso acontece, dizemos que o elemento químico apresenta diversas formas alotrópicas, que são alótropas entre si.
Como a grafite é a forma alotrópica mais estável do carbono e a forma com menor conteúdo energético, é também a forma considerada para o cálculo da entalpia-padrão de formação.

Reforce aos estudantes que o valor da entalpia de uma substância não é calculado, apenas o da variação da entalpia. Por isso, é uma convenção dizer que a entalpia de substâncias simples e estáveis é igual a zero. A entalpia-padrão de formação só pode ser calculada experimentalmente ou por meio da Lei de Hess, que será abordada adiante.

Comente com os estudantes que, como pode ser observado, a entalpia-padrão de formação pode ser positiva (endotérmica) ou negativa (exotérmica).

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

ATIVIDADE RESOLVIDA

R1 Nas competições de balonismo são utilizados queimadores de gás propano (C_3H_8) para o aquecimento do ar no interior do balão. Monte a equação química de combustão completa do gás propano e indique os estados físicos de cada substância à temperatura de 25 °C e pressão de 1 atm.

Resolução

A combustão completa do gás propano produz dióxido de carbono gasoso e vapor de água (25 °C e 1 atm). Assim, a sua equação termoquímica será:

$$C_3H_8(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 3\ CO_2(g) + 4\ H_2O(g)$$

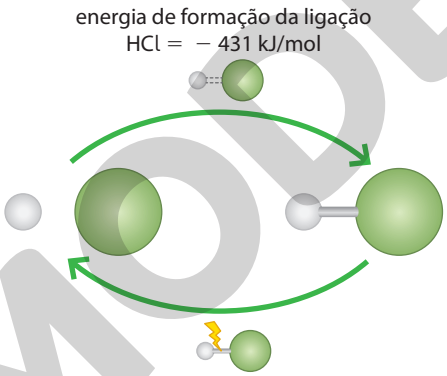
Queimador de gás enchendo o balão de ar quente em um campeonato de balonismo, nos Estados Unidos (2018).

LAURA STONE/SHUTTERSTOCK

Energia de ligação

Uma ligação química é formada por meio da força eletrostática entre dois átomos. Para romper uma ligação química, é necessário fornecer energia ao sistema, com intensidade suficiente para romper a ligação. Dessa maneira, o rompimento de ligações é um processo endotérmico. Por outro lado, a formação de uma ligação química libera energia ao sistema, que anteriormente estava armazenada na ligação, sendo, portanto, um processo exotérmico.

Energia envolvida na formação e rompimento da ligação entre os átomos de hidrogênio (H) e cloro (Cl) na molécula de cloreto de hidrogênio (HCl). A formação da ligação é um processo exotérmico que libera 431 kJ/mol. O rompimento da ligação é um processo endotérmico que consome os mesmos 431 kJ/mol.



Representação da molécula de HCl. A esfera cinza representa o átomo de hidrogênio e a esfera verde representa do átomo de cloro. Imagens sem proporção e em cores-fantasia.

SERGIO L. FILHO

Como estudamos, uma parte considerável da energia contida em uma substância química está nas ligações químicas que possui. Como a estrutura interna dos átomos permanece a mesma durante uma reação, exceto em casos específicos como reações nucleares, a variação de entalpia de uma reação pode ser calculada apenas pela troca energética da formação e rompimento das ligações entre os átomos participantes.

Assim, a variação de entalpia de uma reação é dada por:

$$\Delta H_{\text{reação}} = \sum \Delta H_{\text{ligações rompidas (reagentes)}} + \sum \Delta H_{\text{ligações formadas (produtos)}}$$

Por definição, a energia de ligação indica a variação de entalpia média ΔH envolvida na formação ou rompimento de um mol de ligações covalentes simples, duplas ou triplas entre dois átomos de uma substância simples ou composta, obtendo-se átomos isolados no estado gasoso.

Nos diagramas a seguir são representadas as energias envolvidas na ruptura e na formação de 1 mol de ligações entre os átomos de hidrogênio.

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

MODERNA

Energia absorvida para romper 1 mol de ligações entre átomos de hidrogênio ligados, ou seja, moléculas de $H_2(g)$, de modo a obter esses átomos isolados no estado gasoso. A variação de entalpia envolvida nesse processo é $\Delta H^\circ = +436$ kJ/mol.

Energia liberada na formação de 1 mol de ligações entre átomos de hidrogênio isolados no estado gasoso, de modo a obter átomos ligados no estado gasoso, ou seja, moléculas de $H_2(g)$. A variação de entalpia envolvida nesse processo é $\Delta H^\circ = -436$ kJ/mol.

DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DE ENTALPIA PARA O ROMPIMENTO DE UMA LIGAÇÃO H – H, A 25 °C E 1 atm

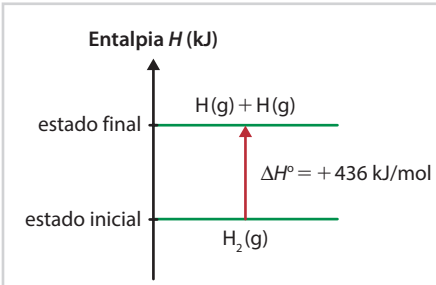
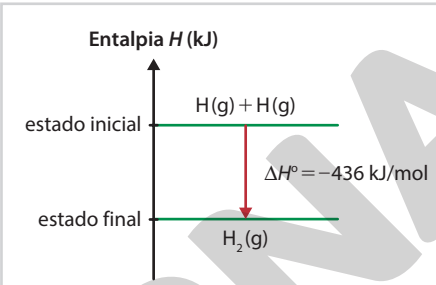


DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DE ENTALPIA PARA A FORMAÇÃO DE UMA LIGAÇÃO H – H, A 25 °C E 1 atm



ILUSTRAÇÕES: SERGIO L. FILHO

Fonte: HAYNES, W. M. (Ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. p. 9-76.

A tabela a seguir apresenta os valores de energia de algumas ligações covalentes entre dois átomos.

Energia média das ligações

Ligação	Entalpia de ligação média ΔH° (kJ/mol)	Ligação	Entalpia de ligação média ΔH° (kJ/mol)
H – H	436	C = O	743
H – C	412	C – N	305
H – O	463	O – O	157
H – Cl	431	O = O	496
H – N	388	N – N	163
C – C	348	N = N	409
C = C	612	N ≡ N	944
C ≡ C	837	N = O	630
C – O	360	Cl – Cl	242
C – Cl	338	Cl – O	268

Fonte: 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; *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press: Boca Raton, 2005.

5. Por que a energia de ligação C ≡ C é maior do que C = C, e esta, maior do que C – C?

6. Por que a ligação entre dois átomos diferentes tende a ser mais energética do que a ligação entre dois átomos iguais?

5. A energia de ligação está diretamente relacionada com a força da ligação covalente. Quanto mais forte for a ligação, mais energia será necessária para rompê-la, e quanto mais pares de elétrons estiverem envolvidos na ligação, mais forte será essa ligação. Uma ligação simples envolve o compartilhamento de apenas um par de elétrons, uma ligação dupla, de dois, e, por fim, uma tripla, de três pares, tornando-a mais forte do que as demais.

6. A ligação química entre dois átomos iguais é apolar, baseada totalmente no compartilhamento de elétrons. Mas, quando os dois átomos são diferentes, a ligação é polar, criando um caráter de ligação eletrostática iônica, mais forte do que a covalente.

ATIVIDADE RESOLVIDA

R2 O gás cloro ($Cl_2(g)$) é altamente tóxico. Quando inalado, reage com a água existente nos pulmões, formando gás cloreto de hidrogênio (HCl(g)), capaz de causar graves lesões internas, conforme a seguinte reação:

$$Cl_2(g) + H_2O(g) \longrightarrow HCl(g) + HClO(g)$$

Utilizando os dados do quadro acima, calcule a variação de entalpia em kJ/mol da reação entre o gás cloro e água.

MODERNA

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

Resolução

Montando a equação química com as fórmulas estruturais de cada um dos participantes, obtém-se:

$$Cl-Cl + H-O-H \longrightarrow H-Cl + H-O-Cl$$

	$\Delta H_{\text{ligações rompidas (reagentes)}}$
1 mol de ligações Cl – Cl	$1 \cdot (+242)$ kJ
2 mol de ligações H – O	$2 \cdot (+463)$ kJ
$\sum \Delta H_{\text{ligações rompidas (reagentes)}} =$	$+1\,168$ kJ

	$\Delta H_{\text{ligações formadas (produtos)}}$
1 mol de ligações H – Cl	$1 \cdot (-431)$ kJ
1 mol de ligações H – O	$1 \cdot (-463)$ kJ
1 mol de ligações Cl – O	$1 \cdot (-268)$ kJ
$\sum \Delta H_{\text{ligações formadas (produtos)}} =$	$-1\,162$ kJ

Fazendo o somatório das ligações rompidas e formadas, obtemos a variação de entalpia da reação:

$$\Delta H_{\text{reação}} = \sum \Delta H_{\text{ligações rompidas (reagentes)}} + \sum \Delta H_{\text{ligações formadas (produtos)}}$$

$$\Delta H_{\text{reação}} = +1\,168 \text{ kJ} + (-1\,162 \text{ kJ}) = +6 \text{ kJ} \therefore \Delta H_{\text{reação}} = +6 \text{ kJ}$$

A variação de entalpia da reação é igual a +6 kJ. A reação é endotérmica.

!

Ao calcular a variação de entalpia por meio da energia das ligações, não é necessário inserir na conta ligações que sejam tanto rompidas quanto formadas, pois a variação resultante será igual a zero. Na atividade resolvida anteriormente, por exemplo, são rompidos 2 mol de ligações H – O e é formado 1 mol dessa mesma ligação. Podemos simplificar as contas considerando que houve apenas o rompimento de 1 mol da ligação. O resultado final não se alterará.

Lei de Hess

O químico suíço Germain Henri Hess (1802-1850) postulou que, se a variação de entalpia de formação das substâncias for conhecida, é possível determinar a variação de entalpia das reações em que essas substâncias participam.

Assim, nas mesmas condições de temperatura e pressão, a variação de entalpia de uma reação $\Delta H_{\text{reação}}$ é a diferença entre o somatório das entalpias de formação dos produtos $\sum \Delta H_f(\text{produtos})$ e o somatório das entalpias de formação dos reagentes $\sum \Delta H_f(\text{reagentes})$. Isso pode ser representado da seguinte maneira:

$$\Delta H_{\text{reação}} = \sum \Delta H_f(\text{produtos}) - \sum \Delta H_f(\text{reagentes})$$

Veja, por exemplo, a equação química da reação de combustão do monóxido de carbono (CO).

$$CO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_{\text{reação}} = ?$$

Para calcular o valor de $\Delta H_{\text{reação}}$ devemos usar a fórmula anterior:

$$\Delta H_{\text{reação}} = \sum \Delta H_f(CO_2) - \sum \Delta H_f((CO) + (O_2))$$

Estudamos que a entalpia-padrão de formação do $CO_2(g)$ é –393,5 kJ/mol, do CO(g) é –110,5 kJ/mol, e a do $O_2(g)$ é 0 kJ/mol. Substituindo esses valores na fórmula, obtemos:

$$\Delta H^\circ_{\text{reação}} = -393,5 - (-110,5 + 0)$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reação}} = -283,0 \text{ kJ/mol}$$

THE HISTORY COLLECTION/ALAMY/FOTOARENA – ACADEMIA DE CIÊNCIAS DA RÚSSIA, MOSCOU

Germain Henri Hess

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

MODERNA

ATIVIDADE RESOLVIDA

R3 Voltando uma vez mais para a equação da reação de fotossíntese, temos:

$6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6\ O_2(g) \quad \Delta H^o = +2\,803\ kJ/mol$

a) Obtenha o valor da entalpia-padrão de formação da glicose em meio aquoso com base no postulado de Hess. Consulte a tabela da página **142** para obter os valores de energia-padrão de formação das demais moléculas envolvidas.

b) Qual é a equação termoquímica da reação de formação da glicose?

c) Qual é a energia liberada na formação de 540 g de glicose com as substâncias mais simples e estáveis possíveis, sabendo que a massa molar da glicose é 180 g/mol?

Resolução

a) Consultando a tabela da página **142**, verificamos que a entalpia-padrão de formação do dióxido de carbono é –393,5 kJ/mol, da água líquida é –285,8 kJ/mol, e do gás oxigênio é 0 kJ/mol, uma vez que se trata de uma substância simples no estado alotrópico mais estável.

A equação que relaciona a variação de entalpia de uma reação com as entalpias-padrão de formação de seus constituintes é:

$$\Delta H_{reação} = \sum \Delta H_f(\text{produtos}) - \sum \Delta H_f(\text{reagentes})$$

Ou, para este caso:

$$\Delta H^o_{reação} = \sum \Delta H^o_f\left(\left(C_6H_{12}O_6\right) + 6 \cdot \left(O_2\right)\right) - \sum \Delta H^o_f\left(6 \cdot \left(CO_2\right) + 6 \cdot \left(H_2O\right)\right)$$

Substituindo os valores, temos:

$$2\,803{,}0 = \left(\Delta H^o_f(C_6H_{12}O_6(aq)) + 6 \cdot (0)\right) - (6 \cdot (-393{,}5) + 6 \cdot (-285{,}8))$$

$$2\,803{,}0 = \Delta H^o_f(C_6H_{12}O_6(aq)) - (-2\,361 - 1\,714{,}8)$$

$$2\,803{,}0 = \Delta H^o_f(C_6H_{12}O_6(aq)) - (-4\,075{,}8)$$

$$2\,803{,}0 = \Delta H^o_f(C_6H_{12}O_6(aq)) + 4\,075{,}8$$

$$\Delta H^o_f(C_6H_{12}O_6(aq)) = 2\,803{,}0 - 4\,075{,}8$$

$$\Delta H^o_f(C_6H_{12}O_6(aq)) = -1\,272{,}8\ kJ/mol$$

b) $C_{grafite} + 6\ H_2(g) + 3\ O_2(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq)$

$\therefore \Delta H^o_f = -1\,272{,}8\ kJ/mol$

c) A massa molar da glicose é igual a 180 g/mol. Portanto, em 540 g de glicose, temos:

$$n = \frac{540\ g}{180\ g/mol} = 3\ mol\ de\ glicose$$

Como a entalpia-padrão de formação da glicose é igual a $-1\,272{,}8$ kJ/mol, cada mol da substância libera 1 272,8 kJ quando for formada com substâncias o mais simples possível, como vimos na resolução do item **b**. Portanto, para 3 mol de glicose, há a liberação de $3 \cdot 1\,272{,}8\ kJ = 3\,818{,}4\ kJ$.

De acordo com Hess, a variação de entalpia de uma reação $\left(\Delta H_{reação}\right)$ não depende do caminho percorrido para chegar aos produtos, e sim apenas dos estados inicial e final da reação, não dependendo da quantidade nem do tipo de etapas da reação.

Quando um processo químico for realizado em várias etapas consecutivas, a equação química final será a soma algébrica das equações das etapas, e a variação de entalpia de uma reação será a soma algébrica das variações de entalpia das etapas.

Durante a soma algébrica das equações, é importante observar que:

- a inversão de uma equação termoquímica de uma reação implica em troca de sinal da variação de entalpia;
- se a equação termoquímica de uma dada reação for multiplicada por x (inteiro ou fracionário e diferente de zero), a variação de entalpia dessa reação também deverá ser multiplicada por x.

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** e **4** no **Suplemento para o professor**.

1. Veja a reação química a seguir e responda às perguntas que se seguem.

$2\,H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(l) \qquad \Delta H = -571{,}6\ kJ$

a) A entalpia dos produtos dessa reação é maior ou menor que a dos reagentes? Justifique sua resposta.

b) Qual é o valor da variação de entalpia dessa reação em kJ/mol e em kcal/mol de água líquida produzida?

2. Com base nas descrições de alguns fenômenos químicos, escreva suas equações termoquímicas e classifique as reações em exotérmica ou endotérmica. Depois, justifique-as.

a) Combustão de 1 mol de gás metano $(CH_4(g))$ com 2 mol de gás oxigênio $(O_2(g))$, produzindo 1 mol de gás carbônico $(CO_2(g))$ e 2 mol de água líquida $(H_2O(l))$, liberando 890 kJ.

$CH_4(g) + 2\,O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O(l) \qquad \Delta H = -890\ kJ$ Reação exotérmica, pois $\Delta H < 0$.

b) Liberação de 196 kJ na decomposição de 2 mol de água oxigenada líquida $(H_2O_2(l))$, produzindo 2 mol de água $(H_2O(l))$ e 1 mol de gás oxigênio $(O_2(g))$.

$2\,H_2O_2(l) \longrightarrow 2\,H_2O(l) + O_2(g) \qquad \Delta H = -196\ kJ$ Reação exotérmica, pois $\Delta H < 0$.

c) Absorção de 90,7 kJ na combustão de 1 mol de metanol $(CH_4O(g))$, formando 1 mol de monóxido de carbono $(CO(g))$ e 2 mol de gás hidrogênio $(H_2(g))$.

$CH_4O(g) \longrightarrow CO(g) + 2\,H_2(g) \qquad \Delta H = +90{,}7\ kJ$ Reação endotérmica, pois $\Delta H > 0$.

3. Um jovem estava na piscina com sua família em um domingo ensolarado. No final da tarde, sua mãe o convidou para comer um pedaço de bolo. Quando o jovem saiu da piscina, passou a sentir frio, pois a água que estava em contato com seu corpo começou a evaporar. Qual das alternativas abaixo explica a sensação de frio que o jovem sentiu? Justifique sua resposta.

a) Sendo um processo endotérmico, a evaporação corresponde à perda de calor pelo corpo.

b) Sendo um processo exotérmico, a evaporação corresponde à perda de calor pelo corpo.

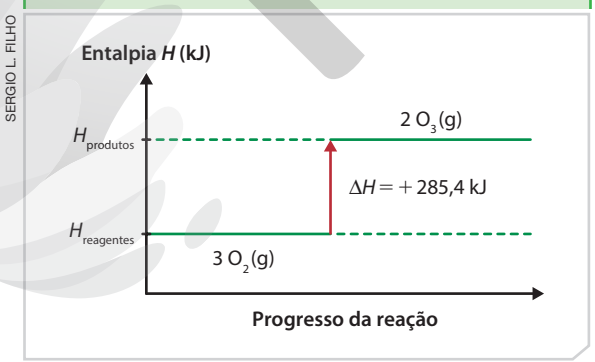
c) Sendo um processo exotérmico, a evaporação corresponde à absorção de calor pelo corpo.

d) Sendo um processo endotérmico, a evaporação corresponde à absorção de calor pelo corpo.

Alternativa **a**. Para a água evaporar, ela necessita absorver calor, pois, à pressão constante, é um processo endotérmico. Portanto, a água retirou calor do corpo do jovem, fazendo-o sentir frio.

4. Veja o gráfico de variação de entalpia para a reação de formação do ozônio (O_3).

VARIAÇÃO DE ENTALPIA PARA A REAÇÃO DE FORMAÇÃO DO OZÔNIO



Fonte: HAYNES, W. M. (Ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. p. 5-30.

Responda aos itens a seguir.

a) Com as informações do gráfico, escreva a equação termoquímica da reação descrita.

b) A entalpia dos produtos dessa reação é maior ou menor que a dos reagentes? Justifique sua resposta.

c) Qual é o calor absorvido ou liberado por mol de ozônio produzido?

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

MODERNA

5. **(UPF-RS)** O ciclo da água é um fenômeno natural que constitui exemplo das mudanças de estados físicos da matéria. Sobre os processos envolvidos no ciclo da água e a entalpia envolvida, analise as afirmativas a seguir, julgando-as como verdadeiras (**V**) ou falsas (**F**).

( ) Para que o processo de evaporação ocorra, é necessário que haja absorção de energia, ou seja, trata-se de um processo exotérmico.

( ) A formação das nuvens é explicada pelo processo de condensação, o qual é exotérmico, ocorrendo com liberação de energia.

( ) A liquefação é a passagem do estado gasoso para o líquido e trata-se de um processo endotérmico.

( ) O congelamento da água de um lago é um processo de solidificação, o qual é exotérmico.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

a) F – F – F – V.
b) V – F – F – F.
c) F – V – F – V.
d) V – F – V – F.
e) F – F – V – V.

Alternativa **c**.

6. O clorofórmio, ou triclorometano, é um composto químico de fórmula $CHCl_3$ que, em temperatura ambiente, torna-se um líquido incolor e volátil. Descoberto em 1831, foi muito usado na época como analgésico, porém seu uso foi descontinuado em razão de seu alto poder toxicológico. Atualmente, sua principal aplicação é como solvente, no entanto, é amplamente utilizado na indústria como matéria-prima para a produção de outros compostos. Sua reação de obtenção pode ser representada pela seguinte equação química:

$$CH_4(g) + 3\,Cl_2(g) \longrightarrow CHCl_3(g) + 3\,HCl(g)$$

Ligação	Entalpia de ligação (kJ/mol)
C – H	412
Cl – Cl	242
H – Cl	431
C – Cl	338

Fonte: 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.

Baseando-se nas informações do quadro ao lado e nos conceitos de entalpia das ligações, calcule o valor da entalpia ΔH dessa reação. $\Delta H = -345$ kJ

7. **(Fuvest-SP)** Sob certas condições, tanto o gás flúor quanto o gás cloro podem reagir com hidrogênio gasoso, formando, respectivamente, os haletos de hidrogênio HF e HCl, gasosos. Pode-se estimar a variação de entalpia (ΔH) de cada uma dessas reações, utilizando-se dados de energia de ligação. A tabela apresenta os valores de energia de ligação dos reagentes e produtos dessas reações a 25 °C e 1 atm.

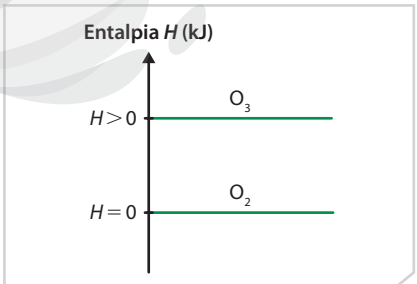
Molécula	H_2	F_2	Cl_2	HF	HCl
Energia de ligação (kJ/mol)	435	160	245	570	430

Com base nesses dados, um estudante calculou a variação de entalpia (ΔH) de cada uma das reações e concluiu, corretamente, que, nas condições empregadas,

a) a formação de HF(g) é a reação que libera mais energia.
b) ambas as reações são endotérmicas.
c) apenas a formação de HCl(g) é endotérmica.
d) ambas as reações têm o mesmo valor de ΔH.
e) apenas a formação de HCl(g) é exotérmica.

Alternativa **a**.

VARIAÇÕES DE ENTALPIA



SERGIO L. FILHO

Fonte: 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. p. 834.

8. O gráfico ao lado contém as variações de entalpia de duas formas alotrópicas de oxigênio: O_2 e O_3. Sabendo que, em substâncias puras, a forma mais estável é a que possui energia igual a zero, indique qual das formas será mais abundante na condição ambiente.

A variação de entalpia da forma O_2 é a que libera menos energia. Logo, trata-se da forma mais estável e mais abundante.

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

Resposta da questão **12** no **Suplemento para o professor**.

9. Classifique as seguintes afirmações como verdadeiras ou falsas.

a) Se $\Delta H > 0$, a reação libera energia.
Falso.

b) Se ΔH é negativa, a reação é do tipo exotérmica.
Verdadeiro.

c) O estado de agregação dos reagentes e dos produtos não influencia nos valores de entalpia da reação.
Falso.

d) O valor de ΔH de uma reação é sempre igual, mesmo se alterar a quantidade de matéria.
Falso.

e) Em uma reação inversa a outra, o valor de ΔH é igual, porém com sinal oposto.
Verdadeiro.

10. **(Enem)** Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão $\left(\Delta H_c^\circ\right)$ definido como a energia liberada na queima completa de um mol de combustível no estado padrão. O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu ΔH_c°.

Substância	Fórmula	ΔH_c° (kJ/mol)
Benzeno	$C_6H_6(l)$	−3 268
Etanol	$C_2H_5OH(l)$	−1 368
Glicose	$C_6H_{12}O_6(s)$	−2 808
Metano	$CH_4(g)$	−890
Octano	$C_8H_{18}(l)$	−5 471

Fonte: ATKINS, P. *Princípios de Química*. Bookman, 2007 (adaptado).

Neste contexto, qual dos combustíveis, quando queimado completamente, libera mais dióxido de carbono no ambiente pela mesma quantidade de energia produzida?

a) Benzeno.
b) Metano.
c) Glicose.
d) Octano.
e) Etanol.

Alternativa **c**.

11. **(Enem)** Glicólise é um processo que ocorre nas células, convertendo glicose em piruvato. Durante a prática de exercícios físicos que demandam grande quantidade de esforço, a glicose é completamente oxidada na presença de O_2. Entretanto, em alguns casos, as células musculares podem sofrer um déficit de O_2 e a glicose ser convertida em duas moléculas de ácido lático. As equações termoquímicas para a combustão da glicose e do ácido lático são, respectivamente, mostradas a seguir:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6\,O_2(g) \longrightarrow 6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) \qquad \Delta H_c = -2\,800\ kJ$$

$$CH_3CH(OH)COOH(s) + 3\,O_2(g) \longrightarrow 3\,CO_2(g) + 3\,H_2O(l) \qquad \Delta H_c = -1\,344\ kJ$$

O processo anaeróbico é menos vantajoso energeticamente porque

a) libera 112 kJ por mol de glicose.
b) libera 467 kJ por mol de glicose.
c) libera 2 688 kJ por mol de glicose.
d) absorve 1 344 kJ por mol de glicose.
e) absorve 2 800 kJ por mol de glicose.

Alternativa **a**.

12. A equação química de decomposição do mármore pode ser representada por:

$$CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g) \qquad \Delta H^\circ = +177{,}5\ kJ/mol$$

Considere que os valores das entalpias-padrão de formação para o CaO(s) e $CO_2(g)$ sejam − 635,5 kJ/mol e − 393,5 kJ/mol, respectivamente. Com base nessas informações, determine o valor da entalpia-padrão de formação do mármore, $CaCO_3(s)$.

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

MODERNA

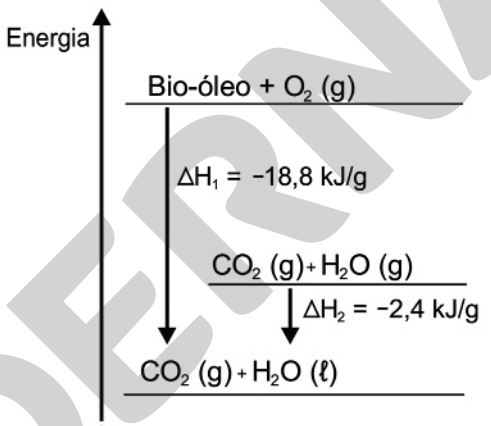
13. **(Unicamp-SP)** Uma reportagem em revista de divulgação científica apresenta o seguinte título: Pesquisadores estão investigando a possibilidade de combinar hidrogênio com dióxido de carbono para produzir hidrocarbonetos, com alto poder energético, "ricos em energia". O texto da reportagem explicita melhor o que está no título, ao informar que "em 2014 um grupo de pesquisadores desenvolveu um sistema híbrido que usa bactérias e eletricidade, conjuntamente, em um coletor solar, para gerar hidrogênio a partir da água, e fazer sua reação com dióxido de carbono, para produzir isopropanol", como representa a equação a seguir.

$$3\,CO_2 + 4\,H_2 \longrightarrow C_3H_8O + 2{,}5\,O_2 \qquad \Delta H^\circ_r = +862\ kJ/mol$$

a) Considerando que a entalpia-padrão de formação da água é −286 kJ/mol, qual é a quantidade de energia que seria utilizada na produção de 1 mol de isopropanol, a partir de água e CO_2, da maneira como explica o enunciado acima? 2 006 kJ de energia por mol de isopropanol formado.

b) Qual seria a energia liberada pela queima de 90 gramas de isopropanol obtido dessa maneira? Considere uma combustão completa e condição padrão.
3 009 kJ

14. **(Enem)** O aproveitamento de resíduos florestais vem se tornando cada dia mais atrativo, pois eles são uma fonte renovável de energia. A figura representa a queima de um bio-óleo extraído do resíduo de madeira, sendo ΔH_1 a variação de entalpia devido à queima de 1 g desse bio-óleo, resultando em gás carbônico e água líquida, e ΔH_2 a variação de entalpia envolvida na conversão de 1 g de água no estado gasoso para o estado líquido.



A variação de entalpia, em kJ, para a queima de 5 g desse bio-óleo resultando em CO_2 (gasoso) e H_2O (gasoso) é: Alternativa **c**.

a) −106.
b) −94,0.
c) −82,0.
d) −21,2.
e) −16,4.

15. **(Enem)** O benzeno, um importante solvente para a indústria química, é obtido industrialmente pela destilação do petróleo. Contudo, também pode ser sintetizado pela trimerização do acetileno catalisada por ferro metálico sob altas temperaturas, conforme a equação química:

$$3\,C_2H_2(g) \longrightarrow C_6H_6(l)$$

A energia envolvida nesse processo pode ser calculada indiretamente pela variação de entalpia das reações de combustão das substâncias participantes, nas mesmas condições experimentais:

I. $C_2H_2(g) + \frac{5}{2}\,O_2(g) \longrightarrow 2\,CO_2(g) + H_2O(l) \qquad \Delta H^\circ_c = -310\ kcal/mol$

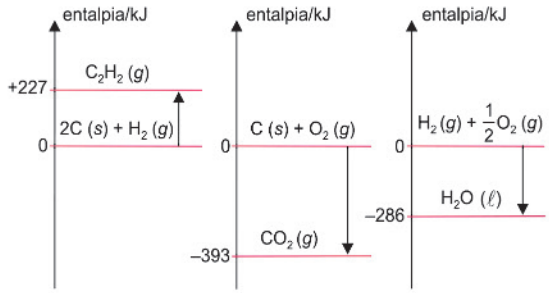
II. $C_6H_6(l) + \frac{15}{2}\,O_2(g) \longrightarrow 6\,CO_2(g) + 3\,H_2O(l) \qquad \Delta H^\circ_c = -780\ kcal/mol$

A variação de entalpia do processo de trimerização, em kcal, para a formação de um mol de benzeno é mais próxima de

a) −1 090.
b) −150.
c) −50.
d) +157.
e) +470. Alternativa **b**.

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

16. **(Unesp-SP)** Analise os três diagramas de entalpia.



REPRODUÇÃO

O ΔH da combustão completa de 1 mol de acetileno, $C_2H_2(g)$, produzindo $CO_2(g)$ e $H_2O(l)$ é

a) +1 140 kJ. **c)** −1 299 kJ. **e)** −635 kJ.

b) +820 kJ. **d)** −510 kJ.

Alternativa **c**.

17. O hidrogenocarbonato de sódio $(NaHCO_3)$ pode sofrer decomposição em temperatura relativamente baixa, a partir de 100 °C, assim pode ser utilizado como fermento químico no preparo de pães e bolos. Como há produção de dióxido de carbono, essa reação também é utilizada na produção de espumas termoplásticas e como pó químico em extintores de incêndio. Veja a reação a seguir.

$$2\,NaHCO_3(s) \longrightarrow Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g)$$

Calcule a entalpia da reação mostrada considerando a Lei de Hess.

Use as seguintes reações e seus valores de entalpia:

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_1 = -242\ kJ$$

$$C_{grafite} + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_2 = -394\ kJ$$

$$2\,Na(s) + C_{grafite} + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow Na_2CO_3(s) \qquad \Delta H_3 = -1\,130\ kJ$$

$$2\,Na(s) + 2\,C_{grafite} + H_2(g) + 3\,O_2(g) \longrightarrow 2\,NaHCO_3(s) \qquad \Delta H_4 = -1\,900\ kJ$$

A entalpia de decomposição é 134 kJ.

18. Com as informações a seguir, determine a entalpia da reação de oxidação do monóxido de nitrogênio (NO) a dióxido de nitrogênio (NO_2).

$$2\,NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,NO_2(g)$$

Dados:

$$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,NO(g) \qquad \Delta H_f^\circ = +90{,}25\ kJ/mol$$

$$N_2(g) + 2\,O_2(g) \longrightarrow 2\,NO_2(g) \qquad \Delta H_f^\circ = +33{,}20\ kJ/mol$$

A entalpia dessa reação é −114,1 kJ/mol.

RETOMANDO O QUE ESTUDEI

Respostas no **Suplemento para o professor**.

Refletindo sobre o que estudou nesta unidade, responda às questões a seguir.

1. No período de um minuto, escreva em pedaços de papel, termos ou expressões a respeito da energia nos sistemas biológicos. Em seguida, elabore um esquema explicativo sobre o tema utilizando as palavras listadas.
2. Explique o que é um sistema termodinâmico.
3. Elabore um esquema que explique os tipos de sistemas termodinâmico, diferenciando-os, caracterizando-os e citando exemplos do cotidiano para cada um deles. Utilize textos e imagens para isso.
4. Escreva em seu caderno a definição para os termos entalpia, reação exotérmica e reação endotérmica. Exemplifique cada uma dessas reações. Em seguida, leia suas definições para um colega e anote as definições dele a fim de compará-las com as suas.

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

MODERNA

SER CONSCIENTE A energia dos alimentos

Respostas no **Suplemento para o professor**.

1. De onde obtemos a energia química de que nosso corpo precisa para crescer, desenvolver-se e realizar as atividades do dia a dia?
2. Você já reparou nas informações presentes nos rótulos dos alimentos? O que significa o valor energético que aparece nesses rótulos?

Veja a fotografia de embalagem de alimento a seguir.

BRUNA LOMBARDI/ASC IMAGENS

Informação Nutricional
Porção de 50g (2 Fatias)

Qtde. por porção		% V.D. (*)
Valor energético 142,3 kcal = 595,4 kJ		7,0
Carboidratos	24 g	8,0
Açúcares	0,2g	**
Proteínas	6,89 g	9,0
Gorduras totais	1,74 g	3,0
Gorduras saturadas	0,2 g	1,0
Gorduras *trans*	0,0 g	**
Fibra alimentar	4 g	16,0
Sódio	205,6 mg	8,0

Rótulo de uma embalagem de pão integral.

Os alimentos são constituídos por vários nutrientes, entre eles os carboidratos, os lipídios e as proteínas, os quais possuem energia armazenada em suas ligações químicas. Essa energia pode ser calculada, o que permite prever a energia contida em determinado alimento.

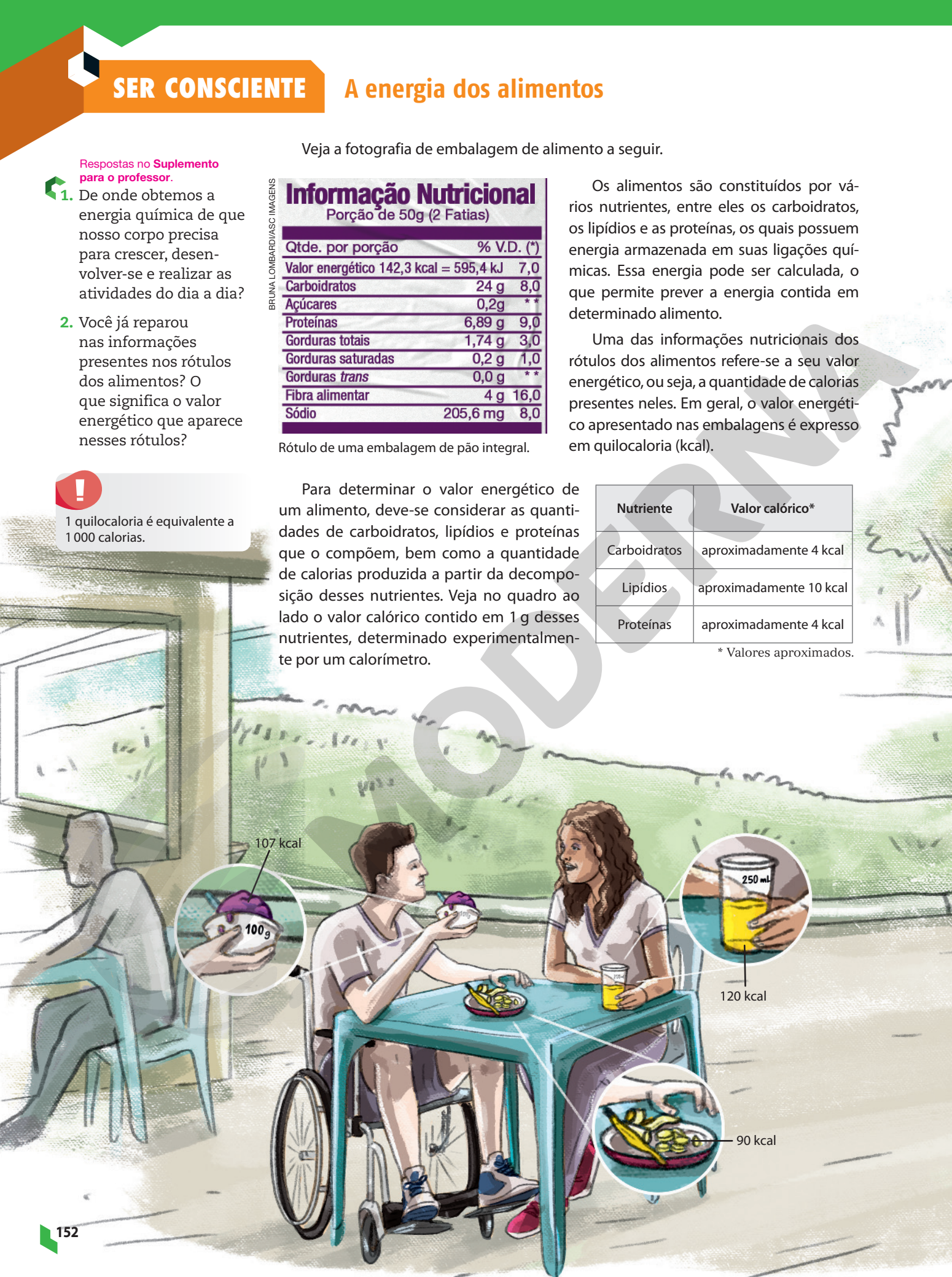
Uma das informações nutricionais dos rótulos dos alimentos refere-se a seu valor energético, ou seja, a quantidade de calorias presentes neles. Em geral, o valor energético apresentado nas embalagens é expresso em quilocaloria (kcal).

1 quilocaloria é equivalente a 1 000 calorias.

Para determinar o valor energético de um alimento, deve-se considerar as quantidades de carboidratos, lipídios e proteínas que o compõem, bem como a quantidade de calorias produzida a partir da decomposição desses nutrientes. Veja no quadro ao lado o valor calórico contido em 1 g desses nutrientes, determinado experimentalmente por um calorímetro.

Nutriente	Valor calórico*
Carboidratos	aproximadamente 4 kcal
Lipídios	aproximadamente 10 kcal
Proteínas	aproximadamente 4 kcal

* Valores aproximados.



MODERNA

Segundo nutricionistas e médicos especialistas, a quantidade de calorias que o corpo humano precisa diariamente varia conforme a idade, a massa corpórea, a altura e as atividades desempenhadas. Dessa maneira, é necessário que cada pessoa tenha uma alimentação adequada, ingerindo os alimentos que contenham os nutrientes necessários para liberar a energia química utilizada pelo corpo, bem como outros nutrientes essenciais para manter a saúde, como carboidratos, proteínas, lipídios, além das vitaminas e dos sais minerais, encontrados em frutas, verduras e grãos.

Dê preferência a alimentos naturais e/ou pouco processados e beba cerca de 2 L de água por dia ou conforme orientação médica.

ADRIEL CONTIERI

A energia necessária ao bom funcionamento do organismo é a energia potencial disponível para ser liberada em reações químicas que ocorrem no interior das células. Ao realizar uma atividade, a energia química obtida dos alimentos é liberada pelo processo da respiração celular, que acontece nas mitocôndrias. O carboidrato consumido em uma refeição, por exemplo, é quebrado em componentes menores pelo processo de digestão, produzindo a glicose, que será utilizada durante a respiração celular. Esse processo leva à produção de adenosina trifosfato (ATP), molécula que atua, por exemplo, na contração muscular, possibilitando os movimentos que realizamos.

Respostas no **Suplemento para o professor**.

A Observe os alimentos que você ingere no café da manhã, no almoço, no lanche da tarde e no jantar. Com base no valor energético desses alimentos (encontrado no rótulo das embalagens, caso tenham), calcule a quantidade aproximada de calorias que você ingere diariamente.

B Considerando sua resposta à questão anterior, você avalia a quantidade de calorias ingeridas por você em um dia como adequada? Justifique.

C Junte-se a um colega e façam uma lista dos alimentos mais consumidos por vocês. Em seguida, elaborem um cartaz com os rótulos desses alimentos, mostrando os valores energéticos de cada um deles. Depois, ilustrem uma refeição, com destaque para os alimentos mais adequados para uma vida saudável. Por fim, apresentem o cartaz para o restante da turma.

Ampliando seus conhecimentos

REPRODUÇÃO

Para ler

- ***Fotossíntese e aquecimento global***: uma aventura e sete desafios, de Guido Heleno Dutra e Moacyr Bernardino Dias Filho. Brasília: Embrapa, 2009.

  O livro relata a história de uma excursão escolar em que os alunos são motivados a solucionar sete desafios em relação à fotossíntese e ao aquecimento global. Conheça mais sobre esse importante tema se divertindo com os personagens desta aventura.

REPRODUÇÃO

- ***Física sem mistério***, de Stan Gibilisco. 2. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2013.

  Ajuda você a compreender os conceitos essenciais da Física com facilidade. Escrito em formato passo a passo, este guia prático começa cobrindo a Física clássica como movimento, força, assim como temperatura e estados da matéria.

REPRODUÇÃO

- ***Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta***, de Roberto E. Aduan, Marina F. Vilela e Fábio B. R. Júnior. Planaltina: Embrapa, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/569371/1/doc119.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

  Este documento apresenta a Terra como um grande sistema químico fechado, no qual as reações são alimentadas pela energia solar. Também mostra como os diversos ciclos biogeoquímicos que acontecem em nosso planeta ajudam na manutenção da biosfera.

REPRODUÇÃO

Para assistir

Chasing ice. Direção de Jeff Orlowski. Estados Unidos: National Geographic, 2012 (75 min).

Documentário que tem como objetivo mostrar os efeitos das mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global. Por meio da lente do fotógrafo James Balog, são registrados o desprendimento de massas de gelo e demais indícios de aquecimento global, tema ainda muito polêmico e controverso.

REPRODUÇÃO

Carbono e metano. Direção de Philippe Henry e Gil Ferreira. Brasil: PH Multivisão e Vídeo, 2011 (50 min).

Este documentário de ficção tem como objetivo representar, de forma lúdica, a atuação dos gases causadores do efeito estufa. Dentro do contexto das mudanças climáticas, as moléculas protagonistas, metano e carbono, são interpretadas por atores, mas com personalidades de seus traços químicos, e têm a intenção de dominar o mundo.

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 Sol

CAPÍTULO 1
O Sol e a vida na Terra

Página 20

2. Alternativa **c**. Ao mantermos a vegetação contribuímos para que CO_2 seja absorvido da atmosfera e fixado em moléculas orgânicas, contribuindo para reduzir a taxa desse gás na atmosfera, o que ajuda a combater a intensificação do efeito estufa.

CAPÍTULO 2
Ondas eletromagnéticas

Página 25

1. I) Falsa. Ondas eletromagnéticas são formadas por um campo elétrico variável e um campo magnético variável.
IV) Falsa. A velocidade de propagação de uma onda eletromagnética depende do meio onde ela está.

2. Alternativa **e**. As ondas emitidas por telefones celulares e aparelhos semelhantes podem interferir na comunicação utilizada pela aeronave e as bases no solo, além de intensificar o fenômeno de interferência das ondas pela proximidade entre as frequências.

4. Alternativa **a**. Analisando a equação fundamental $v = \lambda \cdot f$, é possível perceber que a frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda, e para que a frequência seja superior à da radiação X, deve-se ter $\lambda > 10^{-11}$ m.

6. Alternativa **d**. As ondas sonoras são ondas mecânicas, portanto, precisam de um meio para se propagar.

7. II) Falsa. O comprimento de onda de raios X é menor que o de micro-onda, portanto, a frequência de raios X é maior que a da micro-onda.
III) Falsa. A velocidade de propagação não depende da frequência ou do comprimento de onda.

8. A onda de rádio é eletromagnética e sua velocidade na atmosfera é aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s. Com isso, temos:

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 1\,200 \cdot 10^3 \Rightarrow \lambda = 250 \therefore \lambda = 250$ m

9. Alternativa **c**. Pela equação fundamental das ondas, e usando a velocidade c, no vácuo, temos:

$$c_{rádio} = c_{infravermelho} \Rightarrow \lambda_{rádio} \cdot f_{rádio} = \lambda_{infravermelho} \cdot f_{infravermelho} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_{rádio}}{\lambda_{infravermelho}} = \frac{30 \cdot 10^{12}}{1{,}5 \cdot 10^9} \Rightarrow \frac{\lambda_{rádio}}{\lambda_{infravermelho}} = 2 \cdot 10^4$$

CAPÍTULO 3
O espectro solar e a Terra

Páginas 36 e 37

4. Alternativa **a**. A radiação solar penetra na atmosfera terrestre na forma de ultravioleta, com comprimento de onda menor, e é refletida na forma de infravermelho, que possui comprimento de onda maior. Uma das consequências diretas do aquecimento global é prejudicar as florestas nativas, causando menor fixação do CO_2 e aumento desse gás do efeito estufa na atmosfera da Terra.

5. Alternativa **b**. Calculando os comprimentos de onda associados às frequências limítrofes do UV-B, temos:

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = c/f \Rightarrow \lambda_{mín} = \frac{c}{f_{máx}} \Rightarrow \lambda_{mín} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{1{,}03 \cdot 10^{15}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda_{mín} \simeq 2{,}9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^9 \text{ nm} \therefore \lambda_{mín} \simeq 290 \text{ nm}$$

$$\lambda_{máx} = \frac{c}{f_{mín}} \Rightarrow \lambda_{máx} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{9{,}34 \cdot 10^{14}} \therefore \lambda_{máx} \simeq 320 \text{ nm}$$

De acordo com o gráfico, o filtro solar com maior absorção neste intervalo de comprimento de onda é o de número IV.

CAPÍTULO 4
Estados de agregação da matéria

Página 43

3. Alternativa **c**. As partículas estão mais distantes umas das outras no estado gasoso, pois possuem alta energia. As forças de atração dos líquidos são menores do que as dos sólidos, mas bastante maiores do que as dos gases.

4. Alternativa **b**. Considerando um volume de 3 L de água congelada, ao ocorrer a fusão, teremos aproximadamente 3 L de água líquida. No entanto, quando a água líquida se transformar em vapor, ela ocupará toda a capacidade do recipiente.

5. Alternativa **d**. As mudanças de estado de agregação alteram a conformação espacial das partículas, deixando-as mais contraídas, como nos sólidos, ou mais espaçadas, como nos gases, sendo que o estado líquido apresenta um nível intermediário.

CAPÍTULO 5
Transformações da matéria

Página 49

5. a) Mar Morto: $T = 100 - 3{,}24 \cdot (-0{,}43) \therefore T = 101{,}39$ °C
Rio de Janeiro: $T = 100 - 3{,}24 \cdot (0) \therefore T = 100$ °C
Brasília: $T = 100 - 3{,}24 \cdot (1{,}1) \therefore T = 96{,}43$ °C
La Paz: $T = 100 - 3{,}24 \cdot (3{,}6) \therefore T = 88{,}336$ °C
Monte Everest: $T = 100 - 3{,}24 \cdot (8{,}85) \therefore T = 71{,}326$ °C

6. Alternativa **c**. O filtro de barro é poroso, dessa forma, parte da água, lentamente, o atravessa. A água que atinge a parede externa do filtro de barro evapora, absorvendo do calor do filtro e do restante da água.

Página 55

1. a) Animais incorporam carbono através da alimentação, enquanto os vegetais incorporam através da fotossíntese. Animais eliminam carbono principalmente por meio da respiração, mas também a partir da excreção e da perda de tecidos (pelos e pele). Vegetais eliminam por meio da respiração e da queda de matéria orgânica, como folhas, frutos, flores e galhos.
b) A primeira lei ponderal, ou lei da conservação das massas, proposta por Lavoisier, diz que "na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". É esse o cerne da conversa entre os dois leões no filme: mesmo que eles se alimentem de antílopes, um dia a

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

MODERNA

matéria química que comeram será transferida para outro organismo, possivelmente um antílope. A matéria não foi perdida, apenas transformada e transferida.

3. **X** = 44 g; **Y** = 24 g; **Z** = 64 g.

4. Alternativa **c**.
   a) Incorreta. Além de obedecer a conservação de massa, todas as reações químicas envolvidas em dado processo devem obedecer a proporcionalidade.
   b) Incorreta. Conforme enunciado pela lei de conservação da massa, a matéria não pode ser destruída nem criada. O dióxido de enxofre se transforma em um dos reagentes para formação do ácido sulfúrico.
   d) Incorreta. As leis ponderais se aplicam à todas as fases.
   e) Incorreta. A proporção sempre é mantida, independente da escala das reações químicas.

UNIDADE 2 Ciclos biogeoquímicos

CAPÍTULO 1
Ciclagem de matéria no ambiente

Páginas 71 e 72

2. Alternativa **d**. A intensificação do fluxo de pessoas do campo para as cidades faz com que o consumo dos produtos produzidos no campo seja feito em sua maioria em locais distantes de sua produção, como nas cidades. Este fato leva a interferências no ciclo do nitrogênio uma vez que esse elemento não retorna mais ao local de onde foi retirado, como o campo.

3. Alternativa **a**. Durante a respiração, o oxigênio presente no ar é assimilado pelos organismos aeróbicos na forma de gás oxigênio, e o carbono é devolvido para o ambiente na forma de gás carbônico. Durante a fotossíntese, os seres autótrofos assimilam o carbono presente no ar na forma de gás carbônico e o incorporam em moléculas orgânicas como a glicose ($C_6H_{12}O_6$). Durante esse mesmo processo, também é liberado para o ambiente o oxigênio na forma de gás oxigênio.

4. Alternativa **e**. A combustão de carvão mineral libera, entre outros gases, o dióxido de enxofre (SO_2), o qual, ao se combinar com moléculas de água, forma o ácido sulfúrico (H_2SO_4). Ao entrar em contato com um lago, por exemplo, esse ácido altera o pH da água podendo levar à morte de diversos seres vivos, como peixes.

7. Alternativa **d**. O carbono que havia sido fixado na atmosfera por seres vivos no passado, os quais ao longo do tempo deram origem aos combustíveis fósseis, é devolvido à atmosfera durante a combustão mais rapidamente do que ocorreria em um processo natural.

CAPÍTULO 2
Quantidade de matéria

Página 78

3. É formado no máximo 372,5 g de KCl. A reação balanceada é $2\,KClO_3(s) \longrightarrow 2\,KCl(s) + 3\,O_2(g)$. Assim é possível identificar a relação estequiométrica referente ao cálculo no qual 2 mol de $KClO_3$ produzem 2 mol de KCl. Podemos considerar que a relação entre as duas substâncias é de 1:1, ou seja, para cada 1 mol de clorato de potássio ($KClO_3$), obtém-se 1 mol de cloreto de potássio (KCl). Consultando a tabela, sabe-se que M_{KCl} = 74,5 g/mol. Logo:

1 mol KCl ——— 74,5 g KCl
5 mol KCl ——— x g KCl x = 372,5 g de KCl

4. **a)** $SO_2 = (32) \cdot 1 + (16) \cdot 2 = 64$ u
   b) Se a massa molecular do SO_2 é 64 u, sua massa molar é 64 g/mol.
   c) A quantidade de matéria da amostra é 4 mol de SO_2.
   1 mol SO_2 ——— 64 g SO_2
   x mol SO_2 ——— 256 g SO_2 x = 4 mol de SO_2
   d) O volume dessa amostra será 89,6 L de SO_2.
   1 mol SO_2 ——— 22,4 L SO_2
   4 mol SO_2 ——— x L SO_2 x = 89,6 L de SO_2

5. Alternativa **a**. Como o *diesel* pode ser caracterizado pela fórmula mínima C_nH_{2n}, a reação genérica de combustão do *diesel* seria:
   $C_nH_{2n} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$
   Considerando n = 2 e balanceando a reação temos:
   $C_2H_4 + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,CO_2 + 2\,H_2O$
   A relação estequiométrica entre C_2H_4 e CO_2 é 1:2 e suas massas molares são, respectivamente, M = 28 g/mol e M = 44 g/mol. Logo:
   28 g C_2H_4 ——— 88 g CO_2
   x t C_2H_4 ——— $11 \cdot 10^6$ t CO_2 $x = 3{,}5 \cdot 10^6$ t de C_2H_4
   O biodiesel substituiu aproximadamente 3,5 milhões de toneladas de *diesel*.

6. Alternativa **II**. É possível observar que 87,5 g de nitrogênio possui 6,25 mol e 12,5 g de hidrogênio possui 12,5 mol de hidrogênio. Sendo assim, a proporção de matéria entre os dois é 6,25 : 12,5 ou 1 : 2 .

Página 84

2. **a)** 24 quilates ——— 100 % Au
   18 quilates ——— x x = 75 % de Au
   Assim, 18 quilates apresentam 75% de ouro (Au).
   b) $1{,}5 \cdot \frac{75}{100} = 1{,}125$ g de Au
   A massa molar do ouro é de aproximadamente 197 g/mol.
   1 mol Au ——— 197 g Au
   x mol Au ——— 1,125 g Au $x \simeq 5{,}711 \cdot 10^{-3}$ mol de Au
   O anel possui aproximadamente $5{,}711 \cdot 10^{-3}$ mol de ouro.

3. Considerando as proporções mostradas na reação, obtém-se:
   72 g FeO ——— 56 g Fe
   576 t FeO ——— x x = 448 t de Fe
   Como o rendimento da reação é de 75%, tem-se:
   $x = 448 \cdot \frac{75}{100} = 336$ t de Fe
   A massa de ferro obtida é 336 t.

4. 1 mol de Fe_2O_3 produz 2 mol de Fe, logo:
   160 g Fe_2O_3 ——— 112 g Fe
   x ——— 280 t Fe x = 400 t de Fe_2O_3
   Como a hematita apresenta 80% de Fe_2O_3, temos:
   100% hematita ——— 80% Fe_2O_3
   x ——— 400 t Fe_2O_3 x = 500 t de hematita
   A massa mínima de hematita é de 500 toneladas.

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

6. Alternativa **d**. A reação mostra que para neutralizar 10 000 toneladas de ácido sulfúrico(H_2SO_4) são necessárias 10 000 toneladas de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) puro. O calcário contém 80% de carbonato de cálcio.

10 000 t calcário ——— 80% $CaCO_3$

x ——— $CaCO_3$ $\quad x = 12\,500$ t de calcário

1 caminhão ——— 30 t

y ——— 12 500 t $\quad y \simeq 417$ caminhões

O número de caminhões seria próximo de 400.

CAPÍTULO 3
Introdução à calorimetria

Página 89

1. I) Incorreta. Se há diferença de temperatura, há troca de calor.

II) Incorreta. Haverá transmissão de calor do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

3. Alternativa **d**. O calor é a energia térmica em trânsito do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Com isso, já torna inadequada as alternativas **b**, **c** e **e**. Além disso, a roupa não é uma fonte de calor, e sim, um isolante térmico, tornando inadequada a alternativa **a**.

4. II) Falsa. Os combustíveis fósseis são fontes não renováveis de energia, cujo tempo de disponibilidade ainda é incerto.

III) Falsa. Os combustíveis fósseis contribuem para o aumento da poluição do meio ambiente devido à liberação de subprodutos durante sua combustão.

5. $\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{35{,}6 - 32}{9} \Rightarrow T_C = 5 \cdot 0{,}4 \therefore T_C = 2\,°C$

A pessoa deve levar casacos grossos, pois a temperatura média corresponde a 2 °C.

6. $\frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_C}{5} \Rightarrow T_C = T_K - 273 \Rightarrow T_C = 313 - 273 \therefore T_C = 40\,°C$

Assim, a temperatura será de 40 °C.

7. $\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{59 - 32}{9} \Rightarrow T_C = 5 \cdot 3 \therefore T_C = 15\,°C$

Páginas 96 e 97

3. $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_{Fe} \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta L = 24 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot (42 - 2) \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta L \simeq 0{,}01 \therefore \Delta L \simeq 1$ cm

Como os trilhos são colocados um a frente do outro e ambos dilatam para os dois lados, o que corresponderia a uma expansão de 0,5 cm para cada lado, eles devem ser afastados em no mínimo 1 cm para permitir a dilatação sem deformação da estrutura.

4. $\Delta A = A_0 \cdot \beta_{aço} \cdot \Delta T \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta A = (20 \cdot 20) \cdot 2 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \therefore \Delta A = 1{,}76\ cm^2$

Assim, a nova área será:

$A = A_0 + \Delta A \Rightarrow A = 400 + 1{,}76 \therefore A = 401{,}76\ cm^2$

6. A capacidade térmica é dada por:

$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow C = \frac{5\,000}{(80\,°C - 10\,°C)} \therefore C \simeq 71{,}43$ cal/°C

Já o calor específico será:

$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \Rightarrow C = \frac{5\,000}{500\ g \cdot 70\,°C} \therefore c \simeq 0{,}14$ cal/g · °C

7. I) Falsa. A areia esfria mais rapidamente por ter menor calor específico.

II) Falsa. A areia esquenta mais rapidamente por ter menor calor específico.

III) Falsa. O mar não esfria mais rapidamente.

IV) Verdadeira.

8. Alternativa **b**. Como a areia possui um calor específico baixo, sua temperatura aumentará facilmente durante o dia, ao passo que irá diminuir rapidamente durante a noite. A umidade do ar é capaz de evitar a grande amplitude térmica diária em grande parte do planeta pelo fato de possuir alto calor específico. Contudo, como no deserto a umidade do ar é baixa, ela não é capaz de absorver o calor liberado pela areia, o que explica a grande variação diária de temperatura no deserto.

10. Alternativa **d**. Uma vez que a esfera é composta por um metal puro, sabemos que ela é feita por apenas uma substância. Assim, ela mostrará pontos de fusão e vaporização bem definidos, já que irá apresentar temperaturas constantes durante os processos de mudança de fase. Além disso, o enunciado diz que a esfera encontrava-se inicialmente em estado sólido. Dessa maneira, na etapa **A** ela recebe calor e sua temperatura se eleva até atingir a fusão em **B**. Na etapa **C** temos o aquecimento da substância no estado líquido até atingir o ponto de vaporização. Portanto, em **D** o material atingiu a temperatura de vaporização e realiza essa mudança de fase à temperatura constante.

11. $Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 800 \cdot 80 \therefore Q = 64\,000$ cal

UNIDADE 3 Trocas de energia

CAPÍTULO 1
A energia e os sistemas ecológicos

Páginas 109 e 110

2. Alternativa **d**. A informação refere-se à fotossíntese, entretanto a explicação sobre esse processo está incorreta. Na fotossíntese, o CO_2 é fixado na síntese de matéria orgânica, para usá-la como matéria-prima para o seu tronco. O gás oxigênio liberado para a atmosfera provém da fotólise (decomposição) da água, e não do CO_2 que a planta absorve da atmosfera.

4. Alternativa **b**. As nanopartículas devem ser endereçadas para o interior das mitocôndrias, local onde ocorre o ciclo de Krebs; mais exatamente na matriz mitocondrial.

5. Alternativa **e**. Em anaerobiose o consumo de glicose é alto, porque o rendimento energético é de 2 ATP. Em aerobiose, com o aumento da concentração do oxigênio disponível para a respiração aeróbica, o consumo de glicose é menor, porque o rendimento energético aumenta (38 ATP).

CAPÍTULO 2
Cadeias alimentares

Páginas 119 e 120

1. **a**) Falsa. A quantidade de energia dos sistemas reduz à medida que se afasta dos produtores, tendo em vista que apenas parte dela é transferida ao nível trófico seguinte.

d) Falsa. Em uma cadeia alimentar, todo ser vivo que se alimenta de um produtor é chamado consumidor primário ou herbívoro.

e) Falsa. Há perda de energia ao longo da cadeia alimentar. Parte dessa energia é dissipada para o ambiente na forma de calor, por exemplo, parte é utilizada pelo organismo em sua manutenção, ou armazenada na forma de matéria orgânica, e a porção restante é transferida de um nível trófico ao outro.

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

MODELO

2. Alternativa **e**. Todos os itens estão corretos e correlacionados com o enunciado.

3. Alternativa **d**. Na biosfera, a quantidade total de energia captada pelos produtores (A) é igual à soma de energia liberada pelos seres vivos (B) mais a energia incorporada na forma de matéria orgânica (C).

5. Alternativa **a**. As microalgas componentes do fitoplâncton realizam a transição do elemento químico carbono de sua forma inorgânica (CO_2) para a forma orgânica $(C_6H_{12}O_6)$, por meio da fotossíntese.

7. Alternativa **b**. Se a quitridiomicose fizer com que parte dos anfíbios morra, espera-se, a curto prazo, que: a população de insetos aumente, pois haverá diminuição de seu predador; ocorra a diminuição da população de algas, em razão do aumento da população de insetos; a população de peixes diminua, pois sua fonte de alimentos (os anfíbios) diminuiu; e, por fim, sem peixes para se alimentar, a população de aves também sofrera diminuição.

Página 124

1. Soma: 2 + 4 + 8 + 32 = 46

01) Incorreto. Os organismos que se alimentam do fitoplâncton são os consumidores primários.

16) Incorreto. O crustáceo *krill* é consumidor primário. As lulas podem ser consumidores secundários quando comem copépodes ou consumidores terciários quando se alimentam de peixes que ingeriram copépodes.

64) Incorreto. As baleias com dentes e os cachalotes são predadores de topo na teia alimentar apresentada.

2. Alternativa **c**. A produtividade primária líquida corresponde à biomassa vegetal acumulada em determinada área, em certo intervalo de tempo, e é representada na base da pirâmide de energia.

CAPÍTULO 3
A energia nos sistemas termodinâmicos

Páginas 134 a 136

1. d) Considerando a taxa de aumento na temperatura constante, temos uma função de primeiro grau, a qual pode ser escrita como:

$T(t) = T_0 + 0{,}02 \cdot t$

Desse modo, sabendo que 2,5 horas = 150 minutos, tem-se:

$T(t) = T_0 + 0{,}02 \cdot t \Rightarrow T(150) = 2{,}00 + 0{,}02 \cdot 150 \therefore T(150) = 5{,}00\ °C$

e) Neste caso, sabe-se que $T(t) = 4{,}00\ °C$. Portanto, o tempo necessário para que isso ocorra é dado por:

$T(t) = T_0 + 0{,}02 \cdot t \Rightarrow 4{,}00 = 2{,}00 + 0{,}02 \cdot t \ \therefore t = 100$ minutos

4. Alternativa **e**. O princípio da conservação da energia é observado em qualquer sistema fechado, e é aplicado de forma prática em uma grande quantidade de atividades humanas; o que ocorre é a conversão de uma forma de energia em outra.

5. a) I. Falsa. Quando o piloto precisa fazer o dirigível descer ou subir, ele preenche ou remove ar (matéria) dos compartimentos menores da aeronave, fazendo esse sistema trocar matéria com o ambiente.

II. Falsa. O dirigível realiza trocas de matéria com o ambiente. Além disso, a temperatura em seu interior não é isolada da temperatura do exterior, ocorrendo, assim, trocas de calor.

III. Verdadeira.

b) O princípio de funcionamento de um dirigível se dá por meio do preenchimento de seu compartimento principal com um gás que o permita flutuar, isto é, que seja mais leve que o ar. Uma vez que o hidrogênio é o elemento químico mais leve da tabela periódica, ele é ideal para essa função.

6. Alternativa **c**. Considerando que o motor é um sistema termodinâmico aberto e dissipativo, e, de acordo com o texto fornecido no enunciado, apenas uma parte da energia armazenada no combustível é transformada em energia útil por meio da combustão do motor, sendo a outra parte convertida em outros tipos de energia, como a térmica e a sonora.

9. $T = 60\ °C$. Considerando o calorímetro como um sistema termodinâmico isolado, temos que: $Q_{perdido} = -Q_{recebido}$.

Como não há mudança de fase física, utiliza-se a equação fundamental da calorimetria, em que:

$$m_1 \cdot c_{água} \cdot \Delta T_1 = -(m_2 \cdot c_{água} \cdot \Delta T_2)$$

As substâncias misturadas são as mesmas, portanto seus calores específicos serão iguais. Sendo $\Delta T = T - T_0$, em que T é a temperatura de equilíbrio e T_0 é a temperatura inicial, tem-se:

$200 \cdot (T - 20) = -\left[400 \cdot (T - 80)\right] \Rightarrow$

$\Rightarrow 200 \cdot T - 4\,000 = -400 \cdot T + 24\,000 \therefore T = 60\ °C$

10. De acordo com a conservação de energia, a soma de todas as energias deve ser constante e igual à total. Ou seja:

$Q_{total} = Q_{útil} + Q_{dissipada} \Rightarrow 1\,000 = 700 + Q_{dissipada} \Rightarrow$

$\Rightarrow Q_{dissipada} = 1\,000 - 700 \therefore Q_{dissipada} = 300\ J$

Considerando que o motor é um sistema termodinâmico aberto e dissipativo, apenas uma parte da energia armazenada no combustível é transformada em energia útil por meio do processo de combustão. A outra parte é convertida em outros tipos de energia, como a térmica.

CAPÍTULO 4
Termoquímica

Páginas 147 a 151

1. b) Na reação são produzidos 2 mol de água líquida. Logo, para cada mol tem-se o valor de:

$$\frac{-571{,}6\ kJ}{2\ mol\ H_2O(l)} = -285{,}8\ kJ/mol$$

Transformando as unidades de medida: $x \simeq -68{,}3$ kcal/mol.

3. Alternativa **a**. Para a água evaporar, ela necessita absorver calor, pois, à pressão constante, é um processo endotérmico. Portanto, a água retirou calor do corpo do jovem, fazendo-o sentir frio.

5. Alternativa **c**.

F: para que o processo de evaporação ocorra, é necessário que haja absorção de energia, ou seja, trata-se de um processo endotérmico, e não exotérmico, pois ocorre absorção de energia; **V**; **F**: a liquefação é a passagem do estado gasoso para o líquido e trata-se de um processo exotérmico, e não endotérmico, pois ocorre com liberação de energia; **V**.

6. Rompimento de ligações acompanhada de absorção de energia:

$4\,(C - H) = 4 \cdot (+412) = +1\,648\ kJ$

$3\,(Cl - Cl) = 3 \cdot (+242) = +726\ kJ$

Total de energia absorvida: $+2\,374$ kJ

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

Durante a formação de novas ligações, há liberação de energia. Assim:

$1\,(C-H) = 1 \cdot (-412) = -412\,kJ$

$3\,(C-Cl) = 3 \cdot (-338) = -1\,014\,kJ$

$3\,(H-Cl) = 3 \cdot (-431) = -1\,293\,kJ$

Total de energia liberada: $-2\,719\,kJ$

Portanto, $\Delta H = (-2\,719) + (+2\,374) = -345$, ou seja, a reação é exotérmica e sua variação de entalpia vale: $\Delta H = -345\,kJ$.

7. Alternativa **a**. Para a reação $H_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2\,HF(g)$, o ΔH para as ligações rompidas será $\Delta H = 435 + 160 = 595\,kJ$. A energia de ligações formadas será $\Delta H = -(2 \cdot 570) = -1\,140\,kJ$. A variação e entalpia total para esta reação será, portanto: $\Delta H = 595 + (-1\,140) = -545\,kJ$.

Para a reação $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2\,HCl(g)$ o ΔH para as ligações rompidas será $\Delta H = 435 + 245 = 680\,kJ$. A energia de ligações formadas será $\Delta H = -(2 \cdot 430) = -860\,kJ$. A variação de entalpia total para esta reação será, portanto: $\Delta H = 680 + (-860) = -180\,kJ$.

Portanto, ambas as reações são exotérmicas e, como o ΔH da reação de formação do HF é menor, ela libera mais energia do que a reação de formação do HCl.

9. **a)** Falso. A reação é endotérmica.

c) Falso. O estado de agregação dos reagentes e dos produtos influencia nos valores de entalpia da reação.

d) Falso. O valor de ΔH de uma reação varia, se alterar a quantidade de matéria.

10. Alternativa **c**. Considerando que cada átomo de carbono das substâncias forma uma molécula de gás carbônico e, tomando um valor arbitrário de $-1\,000\,kJ$, a quantidade de CO_2 produzida por cada substância será:

Benzeno: 1,38 mol CO_2 Metano: 1,12 mol CO_2

Etanol: 1,46 mol CO_2 Octano: 1,46 mol CO_2

Glicose: 2,13 mol CO_2

Portanto, a glicose é a substância que produz maior quantidade de CO_2 por quantidade de energia.

11. Alternativa **a**. O processo anaeróbico consiste na conversão de uma molécula de glicose em duas moléculas de ácido lático $(C_3H_6O_3)$.

$C_6H_{12}O_6(s) + \cancel{6\,O_2(g)} \rightarrow \cancel{6\,O_2(g)} + \cancel{6\,H_2O(l)} \qquad \Delta H = -2\,800\,kJ$

$\cancel{6\,CO_2(g)} + \cancel{6\,H_2O(l)} \rightarrow$

$\rightarrow 2\,CH_3CH(OH)COOH(s) + \cancel{6\,O_2(g)} \qquad \Delta H = -2\,688\,kJ$

$C_6H_{12}O_6(s) \rightarrow 2\,CH_3CH(OH)COOH(s) \qquad \Delta H = -112\,kJ$

Portanto, a reação anaeróbica libera 112 kJ por mol de glicose.

12. $\Delta H = \Delta H_{produtos} - \Delta H_{reagentes}$

$\Delta H^\circ_{reação} = \left[\left(\Delta H^\circ_f(CaO(s))\right) + \left(\Delta H^\circ_f(CO_2(g))\right)\right] - \Delta H^\circ_f(CaCO_3(s))$

$+177,5 = \left[(-635,5) + (-393,5)\right] - \Delta H^\circ_f(CaCO_3(s))$

$\Delta H^\circ_f(CaCO_3(s)) = -1\,206,5\,kJ/mol$

13. **a)** Considerando as equações químicas:

$H_2O \longrightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2 \qquad \Delta H^\circ_r = +286\,kJ/mol$

$3\,CO_2 + 4\,H_2 \longrightarrow C_3H_8O + 2{,}5\,O_2 \qquad \Delta H^\circ_r = +862\,kJ/mol$

Multiplicando a primeira equação por 4 e combinando as duas equações (Lei de Hess), obtemos a energia necessária para produção de 1 mol de isopropanol:

$4\,H_2O \rightarrow 4\,H_2 + 2\,O_2 \qquad \Delta H_r = 4 \cdot 286 = +1\,144\,kJ/mol$

$3\,CO_2 + 4\,H_2 \rightarrow C_3H_2O + 2{,}5\,O_2 \qquad \Delta H_2 = +862\,kJ/mol$

$3\,CO_2 + 4\,H_2O \rightarrow C_3H_8O + 4{,}5\,O_2 \qquad \Delta H^\circ_r = +2\,006\,kJ/mol$

b) A massa molar do isopropanol é de (36 + 8 + 16), ou seja, 60 g/mol. 90 g de isopropanol é 1,5 mol.

A equação de combustão do isopropanol é o inverso da equação de sua formação, como se obteve no item **a**.

$C_3H_8O + 4{,}5\,O_2 \longrightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O \qquad \Delta H_r = -2\,006\,kJ/mol$

Assim, a queima de um mol de isopropanol liberará 2 006 kJ de energia. Se for queimado 1,5 mol de isopropanol, a energia liberada será de $(2\,006 \cdot 1{,}5)\,kJ$, ou seja, 3 009 kJ.

14. Devemos somar as seguintes equações presentes na figura:

$bio\text{-}óleo + O_2(g) \rightarrow \cancel{CO_2(g)} + \cancel{H_2O(l)} \qquad \Delta H_1 = -18{,}8\,kJ/g$

$\cancel{CO_2(g)} + \cancel{H_2O(l)} \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g) \qquad \Delta H_2 = 2{,}4\,kJ/g$

$bio\text{-}óleo + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g) \qquad \Delta H = -16{,}4\,kJ/g$

Para 5 g de bio-óleo, devemos multiplicar o ΔH por 5: $-16{,}4\,kJ/g \cdot 5\,g = -82{,}0\,kJ$.

15.

$3\,C_2H_2(g) + \cancel{\frac{15}{2}O_2(g)} \rightarrow \cancel{6\,CO_2(g)} + \cancel{3\,H_2O(l)} \qquad \Delta H = -930\,kcal$

$\cancel{6\,CO_2(g)} + \cancel{3\,H_2O(l)} \rightarrow C_6H_6(l) + \cancel{\frac{15}{2}O_2(g)} \qquad \Delta H = 780\,kcal$

$3\,C_2H_2(g) \rightarrow C_6H_6(l) \qquad \Delta H = -150\,kcal$

A variação de entalpia na formação de 1 mol de benzeno será de $-150\,kcal$.

16. Organizando as equações do diagrama, temos:

$C_2H_2(g) \rightarrow \cancel{2\,C(s)} + \cancel{H_2(g)} \qquad \Delta H = -227\,kJ$

$\cancel{2\,C(s)} + 2\,O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) \qquad \Delta H = 2 \cdot (-393) = -786\,kJ$

$\cancel{H_2(g)} + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H = -286\,kJ$

$C_2H_2(g) + \frac{5}{2}O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) + H_2O(l) \qquad \Delta H = -1\,299\,kJ$

O ΔH da combustão de 1 mol de acetileno é $-1\,299\,kJ$.

17. Devemos primeiro igualar as 3 reações.

$H_2(g) + \cancel{\frac{1}{2}O_2(g)} \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_1 = -242\,kJ$

$\cancel{C_{graf}} + \cancel{O_2(g)} \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_2 = -394\,kJ$

$2\,Na(s)\;2\,\cancel{C_{graf}} + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow Na_2CO_3(s) \qquad \Delta H_3 = -1\,130\,kJ$

$2\,NaHCO_3(s) \rightarrow \cancel{2\,Na(s)} + \cancel{2\,C_{graf}} + \cancel{H_2(g)} + \cancel{3\,O_2(g)} \qquad \Delta H_4 = +1\,900\,kJ$

$2\,NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g) \qquad \Delta H_{decomposição} = ?$

Observe que a última reação foi invertida, então seu valor de entalpia também vai inverter o sinal.

A variação de entalpia de decomposição é calculada pela soma das entalpias das reações anteriores.

$\Delta H_{decomposição} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$

$\Delta H_{decomposição} = -242 - 394 - 1\,130 + 1\,900$

$\therefore \Delta H_{decomposição} = +134\,kJ$

18.

$2\,NO(g) \rightarrow \cancel{N_2(g)} + \cancel{O_2(g)} \qquad \Delta H^\circ_1 = -180{,}5\,kJ/mol$

$\cancel{N_2(g)} + \cancel{2}O_2(g) \rightarrow 2\,NO_2(g) \qquad \Delta H^\circ_2 = +66{,}4\,kJ/mol$

$2\,NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,NO_2(g) \qquad \Delta H^\circ_{total} = ?$

$\Delta H^\circ_{total} = \Delta H^\circ_1 + \Delta H^\circ_2 = -180{,}5 + 66{,}4$

$\therefore \Delta H^\circ_{total} = -114{,}1\,kJ/mol$

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. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Este 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 e suas aplicações, utilizando ferramentas pedagógicas por meio de textos flexíveis e adaptáveis aos objetivos específicos de cada professor.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. *Química*: a ciência central. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2007.

Livro que trabalha a Química geral aproximando-a da realidade do 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.

COMINS, N. F.; KAUFMANN III, W. J. *Descobrindo o Universo*. 8. ed. Trad. Eduardo Neto Ferreira. Porto Alegre: Bookman, 2010.

Livro completo, com todos os principais temas que envolvem Astronomia e Astrofísica. Contém exercícios de fixação no final de cada capítulo.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física*: gravitação, ondas e termodinâmica. Trad. e rev. Ronaldo Sérgio de Biasi. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 2.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física*: óptica e física moderna. Trad. e rev. Ronaldo Sérgio de Biasi. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 4.

Apresenta teoria e exercícios ligando-os às aplicações práticas do mundo real.

HAYNES, W. M. (Ed.). *CRC Handbook of chemistry and physics*. 97. ed. Londres: 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.

MILLER, G. T. *Ciência ambiental*. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

Este livro apresenta um estudo interdisciplinar sobre o funcionamento da natureza, nossa interação com ela e como podemos viver de maneira sustentável. Com base científica, trabalha estudos de caso e recursos visuais, além de um resumo no começo de cada capítulo, questões de raciocínio crítico e um glossário.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. *Fundamentos de ecologia*. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

Livro que aborda a Ecologia utilizando diversos exemplos reais com ênfase nos dilemas humanos, como crescimento da população, gerenciamento de recursos e contaminação ambiental.

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.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

Um livro completo sobre Biologia vegetal, com explicações claras, repleto de imagens ilustrativas e altamente esclarecedor.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros*: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Trad. Paulo Machado Mors. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1.

O livro aborda soluções de problemas baseados na análise e com verificação de resultados que permitem uma melhor compreensão conceitual, além de quadros que discutem as aplicações atuais da Física.

Sites

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Versão final. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 18 maio 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.

LIMA, C. R. A. *Tópicos de Laboratório de Física Moderna*. Juiz de Fora: UFJF,2013. Disponível em: <https://www.ufjf.br/fisica/files/2010/03/Labfismodroteiro.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Apostila contendo tópicos experimentais relacionados à Física moderna, além de teoria, experimentos e exercícios.

NASA. GLOBAL CLIMATE CHANGE. *Facts*. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>. Acesso em: 29 jul. 2020.

O *site* apresenta os dados das medidas de dióxido de carbono no planeta.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. O Sol: a nossa estrela. *Astronomia e Astrofísica*, 17 nov. 2019. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Este *site* apresenta informações completas sobre o Sol, com suas características e estrutura.

Siglas

Enem › Exame Nacional do Ensino Médio
Cefet › Centro Federal de Educação Tecnológica
Fuvest › Fundação Universitária para o Vestibular
UCPEL › Universidade Católica de Pelota
Uece › Universidade Estadual do Ceará
Uerj › Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF › Universidade Federal Fluminense
UFG › Universidade Federal de Goiás
UFSC › Universidade Federal de Santa Catarina
Unesp › Universidade Estadual Paulista
Unicamp › Universidade de Campinas
UPF › Universidade de Passo Fundo
USP › Universidade de São Paulo

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

MODERNA

ISBN 978-65-5779-063-2

MODERNA