

José Mariano Amabis
Gilberto Rodrigues Martho

Nicolau Gilberto Ferraro
Paulo Cesar Martins Penteado
Carlos Magno A. Torres
Júlio Soares

Eduardo Leite do Canto
Laura Celloto Canto Leite

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.

Código da coleção:
Código da obra:

0198P21203

0198P21203135

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA
E SUAS TECNOLOGIAS

MATÉRIA E ENERGIA

**MANUAL DO
PROFESSOR**

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias



MODERNA



JOSÉ MARIANO AMABIS

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Doutor e Mestre em Ciências, na área de Biologia (Genética), pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Professor aposentado do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do IBUSP.

GILBERTO RODRIGUES MARTHO

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Professor.

NICOLAU GILBERTO FERRARO

Licenciado em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Engenheiro Metalurgista pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Diretor pedagógico.

PAULO CESAR MARTINS PENTEADO

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Uninter-PR. Professor.

CARLOS MAGNO A. TORRES

Bacharel em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Uninter-PR. Professor.

JÚLIO SOARES

Doutor em Ciências, na área de Física do Estado Sólido, pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Cientista.

EDUARDO LEITE DO CANTO

Licenciado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Doutor em Ciências pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (SP). Professor.

LAURA CELLOTO CANTO LEITE

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Professora.

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

MATÉRIA E ENERGIA

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1^a edição

São Paulo, 2020



Coordenação editorial: Fabio Martins de Leonardo, Rita Helena Bröckelmann

Edição de texto: Dino Santesso Gabrielli, Flávia Valério Esteves dos Reis, Jeferson Felix da Silva, Júlio Francisco Hisada Pedroni, Marcelo Pulido, Maria Carolina Bittencourt, Marilu Maranho Tassetto, Mauro Faro, Natalia Leporo Torcato, Thais Ribeiro Semprebom, Caroline Silva de Matos

Assistência editorial: Beatriz Assunção Baeta, Giovanni Laranjo de Stefani, Heloise do Nascimento Calça

Assistência didático-pedagógica: Antônio Carlos Rodrigues de Amorim, Francisco Batista do Nascimento, Ligia Guimarães Mendes, Maria Paula Correia de Souza, Rafaela Wiklich Sobrinho, Tatiana Ferraz Laganá

Gerência de design e produção gráfica: Everson de Paula

Coordenação de produção: Patricia Costa

Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues

Coordenação de design e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite

Projeto gráfico: Otávio dos Santos, Ana Carolina Orsolin

Capa: Daniel Messias

Foto: Eric Isselee/Shutterstock. Detalhe do olho do camaleão-de-três-chifres (*Trioceros jacksonii*). Nativo das florestas úmidas do leste da África, mede cerca de 25 cm.

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Márcia Cunha do Nascimento

Editoração eletrônica: Setup Editoração Eletrônica

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Adriana Bairrada, Leandra Trindade, Márcia Leme, ReCriar Editorial, Vera Rodrigues

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

Pesquisa iconográfica: Flávia Aline de Moraes, Luciana Vieira, Joanna Heliszkowski

Coordenação de bureau: Rubens M. Rodrigues

Tratamento de imagens: Ademir Francisco Baptista, Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro

Pré-imprensa: 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)**

Moderna plus : ciências da natureza e suas tecnologias : manual do professor. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Vários autores.

Obra em 6 v.

Conteúdo: O conhecimento científico -- Água e vida -- Matéria e energia -- Humanidade e ambiente -- Ciência e tecnologia -- Universo e evolução

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio).

20-39975

CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

1. Ensino integrado : Livro-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

EDITORIA 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



SUMÁRIO

Orientações gerais sobre a obra

| | |
|--|------|
| Introdução | IV |
| As Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio | IV |
| Pressupostos teórico-metodológicos da coleção e alinhamentos com a BNCC | V |
| O trabalho com competências, habilidades e valores | V |
| O pensamento crítico em Ciências | VI |
| Questões socioemocionais nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias | VI |
| A diversidade de estratégias didáticas | VI |
| Disciplinas em comunicação | VII |
| Características gerais da coleção | VII |
| Organização geral | VII |
| Organização dos capítulos | VIII |
| Estudantes de diferentes perfis | IX |
| Pensamento computacional..... | X |
| Leitura inferencial | XI |
| TDIC e a educação | XI |
| Planejamento de aula: sugestões de uso da coleção | XII |
| Avaliação | XIV |
| Referências bibliográficas complementares | XIV |
| Referências bibliográficas da coleção | XV |

Orientações específicas do volume

| | |
|--|----------|
| Capítulo 1 | XVII |
| Capítulo 2 | XXI |
| Capítulo 3 | XXV |
| Capítulo 4..... | XXXVII |
| Capítulo 5 | XLIV |
| Capítulo 6..... | XLVIII |
| Capítulo 7 | LVII |
| Capítulo 8 | LXI |
| Capítulo 9 | LXV |
| Capítulo 10..... | LXXV |
| Capítulo 11..... | LXXXIV |
| Capítulo 12..... | LXXXVIII |
| Resoluções das Atividades Finais..... | XCI |
| Referências bibliográficas complementares do volume | XCIX |

Introdução

Neste *Suplemento para o professor* apresentamos esta coleção, estruturada em seis volumes e destinada ao Ensino Médio. Idealizados como instrumentos de apoio didático a professores e estudantes, esses livros têm por objetivo trazer informações e princípios relevantes sobre diversos temas relativos aos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A amplitude dos assuntos que tratamos na obra procura contemplar os conteúdos tradicionalmente trabalhados pelos professores, relacionando-os às competências e às habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O objetivo é que as escolas e os professores possam utilizar os diversos volumes de acordo com seu projeto pedagógico, carga horária disponível e recursos de sua escola. Os temas tratados procuram envolver os estudantes na aventura do conhecimento a fim de capacitá-los a entender e a discutir os alcances e as limitações do empreendimento científico. Nossa projeto visa a desenvolver competências e habilidades relacionadas às Ciências da Natureza que os estudantes possam aplicar, analisar e reconhecer no papel de cidadãos. Esperamos que esta coleção possa ajudá-lo nesse grande desafio.

As Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio

O ano de 2020 ficará marcado na História em razão do enorme desafio científico e social enfrentado pelas populações humanas face à grande pandemia da COVID-19, causada pelo coronavírus SARS-CoV-2. Em momentos como esse, os holofotes se voltam para a Ciência, cujas atividades rotineiras, muitas vezes ignoradas pela maior parte da população, passam a ser amplamente discutidas em diversas mídias. O trabalho realizado em laboratórios de pesquisa transforma os pesquisadores em atores principais, que ajudam o grande público a interpretar as notícias sobre a pandemia e suas consequências. A confiança e a credibilidade na Ciência podem ajudar os professores a motivar os estudantes na valorização do ensino na Educação Básica.

Por sua vez, a revolução na disseminação das informações por meios digitais vem produzindo mudanças sociais profundas, que se refletem no sistema escolar, tanto no ensino formal como nas ações educativas referentes à educação para a vida (SENE, 2011), facilitando a integração de conhecimentos. Os reflexos dessas rápidas mudanças na sociedade podem ser percebidos pela intensificação das reformas educacionais, cujo foco tem sido o desenvolvimento de habilidades e competências para a resolução de problemas e tomada de decisões em um mundo plural. É justamente esse o enfoque

do principal documento oficial brasileiro contemporâneo, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

O principal objetivo da BNCC é constituir um instrumento unificador e norteador das políticas públicas educacionais, servindo de referência para os currículos desenvolvidos em âmbitos estadual e municipal, garantindo as aprendizagens essenciais ao longo da escolaridade, sem deixar de levar em conta a autonomia das escolas e dos professores e a heterogeneidade da sociedade brasileira. A fundamentação pedagógica da BNCC tem como foco o desenvolvimento de competências, definidas como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), de habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), de atitudes e de valores, a fim de permitir aos indivíduos a resolução de demandas complexas do cotidiano, o pleno exercício da cidadania e a atuação no mundo do trabalho.

A BNCC valoriza o papel do Ensino Médio na sociedade contemporânea em uma perspectiva que abrange a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos, a preparação básica para o trabalho e a cidadania, o aprimoramento do educando como pessoa humana e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos. Enfatiza também a importância da computação e das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) na contemporaneidade.

De acordo com a BNCC, o Ensino Médio compõe-se de quatro áreas de conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cada uma delas integrando disciplinas com objetos de conhecimento comuns. Além das quatro áreas, há itinerários formativos organizados em eixos estruturantes, que incluem investigação científica e empreendedorismo. A esses itinerários acrescenta-se um eixo correspondente à formação técnica e profissional.

No caso das Ciências da Natureza, deixa de existir a clássica divisão nos componentes curriculares de Biologia, Química e Física e os grandes temas continuam a ser os tratados no Ensino Fundamental – matéria e energia, vida e evolução e Terra e Universo. As competências e habilidades são abrangentes e visam à interdisciplinaridade, com ênfase na investigação e nas aplicações dos conhecimentos científicos e tecnológicos e em suas implicações éticas, sociais, econômicas e ambientais. Os conhecimentos devem levar o jovem a elaborar argumentos, promover discussões, avaliar situações e fenômenos, apresentar propostas alternativas, tomar iniciativas e decisões e fazer uso criterioso de diversas tecnologias.

São três as competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, como mostrado a seguir.

Competências Específicas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

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. [...]
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. [...]
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). [...]

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília: MEC; SEB, 2018.

As competências visam integrar os três componentes curriculares (Física, Química e Biologia) e denotam também as visões teórico-metodológicas na abordagem da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). A cada uma das três competências específicas das Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio estão associadas habilidades, que permitem identificar melhor os conhecimentos das várias disciplinas e a integração proposta para a área, possibilitando diferentes arranjos entre duas ou mais disciplinas.

Outros aspectos interessantes já presentes nas competências do Ensino Fundamental e reforçados nesta etapa referem-se às possibilidades de interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento, como a área das Linguagens e suas Tecnologias, em especial nos estudos de gêneros textuais. A identificação, a elaboração e a utilização lógica por meio de argumentos válidos estão bastante reforçados nas competências e habilidades do Ensino Médio. De acordo com Kelly (2008), além de permitir avaliar os processos de construção do conhecimento, a argumentação está vinculada à própria linguagem científica. Para Silva (2008), por sua vez, a argumentação está presente no debate de pontos de vista distintos: compreensão de enunciados, avaliação de problemas e comunicação de ideias, entre outras atividades que integram o processo de ensino e aprendizagem em Ciências.

Pressupostos teórico-metodológicos da coleção e alinhamentos com a BNCC

Em consonância com a proposta da BNCC, a coleção buscou adotar abordagens teórico-metodológicas e estratégias variadas tornando-as mais significativas e aproximando o ensino de Ciências das realidades e experiências dos estudantes. Para tornar esse ensino mais atrativo para as juventudes contemporâneas é preciso superar a ideia de que os conteúdos das disciplinas se resumem a uma grande quantidade de nomes, fórmulas difíceis e processos desvinculados da realidade cotidiana. É importante sempre ressignificar o papel da Ciência na vida das pessoas, destacar as evidências de como ela nos ajuda a explicar situações da vida prática e levar os estudantes a perceber que a utilização do conhecimento científico ajuda a tomar decisões que impactam a sociedade e a desenhar cenários futuros.

A presente coleção visa a contribuir com o letramento científico, compromisso assumido desde os anos iniciais do ensino de Ciências. Para citar um exemplo concreto, relacionado a uma realidade que atualmente vêm afetando o mundo inteiro, na pandemia da COVID-19 o letramento ou a alfabetização científica tem sido fundamental para que os cidadãos compreendam e respeitem atitudes adotadas pelo poder público. A compreensão mais ampla da Ciência e de sua integração com outras áreas pode contribuir para que as pessoas identifiquem notícias falsas (*fake news*) e atuem contra sua disseminação, preavendo-se também contra preconceitos infundados. Além de compreender os conhecimentos científicos e de serem capazes de aplicá-los, é essencial que as pessoas entendam como tais conhecimentos são construídos, o que contribui para a desmistificação da Ciência e sua aproximação com a sociedade. Conhecer procedimentos e técnicas empregadas na pesquisa científica podem ajudar a interpretar questões do complexo mundo em que vivemos.

Ao favorecer o letramento em Ciências, esta coleção também se dispõe a promover e a valorizar o conhecimento científico, já enraizado na cultura contemporânea, associando-o ao respeito aos direitos humanos e ao ambiente, à diversidade cultural, à aprendizagem multidisciplinar e interdisciplinar e ao domínio de novas tecnologias.

■ O trabalho com competências, habilidades e valores

As competências propostas pelos documentos devem ser implementadas pela articulação de habilidades, atitudes e valores. Em nossa coleção, estas últimas são traduzidas em atividades e propostas pedagógicas que levam em conta as muitas dimensões da aprendizagem.

Alinhada à tendência de que o ensino deve priorizar a investigação e a descoberta, a coleção propõe, em seus textos, imagens e atividades, aos estudantes que vivenciem os fundamentos lógicos da construção do conhecimento

científico, instigando-os a descobri-los em uma perspectiva contextualizada. A ideia é levá-los a perceber que conhecer os fundamentos da Ciência e das tecnologias facilita a compreensão da trajetória da sociedade ao longo da História.

Além de apresentar conceitos de forma contextualizada, a coleção propõe atividades destinadas a desenvolver habilidades como a análise de gráficos e tabelas, elaboração e teste de hipóteses, interpretação e construção de textos, discussão e tomada de decisões etc. A aproximação entre os conteúdos programáticos e a realidade vivenciada pelo aprendiz contempla também as competências gerais e específicas da BNCC.

O desenvolvimento de atitudes e valores dentro de uma perspectiva de aproximação com a realidade está presente, na coleção, nos diversos conteúdos relacionados a temas como educação ambiental e educação para o consumo. É importante relacionar os impactos ambientais ao aumento do consumo e às mudanças nos sistemas econômicos. Isso operacionaliza o emprego de habilidades, atitudes e valores na construção da identidade do estudante e sua atuação na sociedade.

■ O pensamento crítico em Ciências

A educação formal é essencial para que os estudantes tenham acesso às múltiplas leituras possíveis daquilo que se convenciona denominar “realidade”, e para que eles possam explicar os fenômenos naturais com base nos princípios norteadores do saber científico e de maneira crítica. De acordo com o relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 2017, para que o indivíduo consiga discutir criticamente questões científicas e tecnológicas, ele precisa desenvolver três competências básicas, utilizadas no documento como base do letramento científico:

A primeira é a capacidade de fornecer explicações para fenômenos naturais, artefatos técnicos e tecnologias e suas implicações para a sociedade. Tal capacidade requer um conhecimento das principais ideias explicativas da Ciência e das questões que emolduram a prática e os objetivos da Ciência. A segunda é a competência para usar um conhecimento e compreender a investigação científica para: identificar questões que podem ser respondidas por investigação científica; identificar se os procedimentos adequados foram utilizados e propor maneiras de eventualmente abordar tais questões. A terceira é a competência para interpretar e avaliar dados e evidências cientificamente e avaliar se as conclusões são justificadas. (OCDE, 2017, p. 21, tradução nossa)

A coleção apresenta diversos fatos cujas explicações foram ou estão sendo construídas com base em experimentos e observações, incluindo seus aspectos de controvérsia. Para propiciar o desenvolvimento de habilidades como essa, os livros trazem a seção **Atividade prática**, em que são propostos experimentos, investigativos ou comprobatórios, e situações que envolvem fazeres práticos. Pode-se usar essa seção para levantar temas e orientar a elaboração de novos

significados, ampliando assim os repertórios dos estudantes ou ajudando-os a aplicar conhecimentos e habilidades. Há também a seção **Em destaque**, cujo objetivo é desenvolver a leitura compreensiva de textos que veiculam informações relacionadas com as Ciências da Natureza.

A BNCC enfatiza a importância de compreender e identificar atitudes relacionadas a escolhas pessoais, em esferas como o ambiente e a saúde, bem como a valorização do trabalho em equipe e a tomada de decisões pessoais que levem em conta tais atitudes. Para propiciar o desenvolvimento dessas atitudes e valores, os diferentes volumes da coleção tratam de temas e itens ligados à saúde e ao ambiente, além de contar com a seção **Atividades em grupo**, destinada a ampliar e desenvolver habilidades de pesquisa, análise crítica, argumentação e comunicação, estimulando o trabalho em equipe e o compartilhamento dos saberes com a comunidade.

■ Questões socioemocionais nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Um dos aspectos essenciais também na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é o trabalho com habilidades relacionadas ao desenvolvimento socioemocional e à construção de identidade por meio do conhecimento individual e das relações que o estudante estabelece com o outro e com o mundo. O Ensino Médio é uma fase importante para essa construção, que permeia também os projetos de vida.

Além de trabalhar aspectos específicos relativos à saúde, ao bem-estar, ao consumo e ao ambiente, entre outros que integram os Temas Contemporâneos Transversais, a coleção procura também abordá-los de forma contextualizada e relacionada às outras áreas, como é proposto pela BNCC. Entendemos que habilidades, atitudes e valores relativos ao desenvolvimento socioemocional são essenciais à construção de uma sociedade mais justa. A coleção estimula a criatividade para a solução de problemas, o trabalho colaborativo em diferentes etapas do processo investigativo, propondo reflexões individuais e coletivas sobre ideias em Ciência, estimulando também a busca e a proposição de soluções para os desafios atuais.

■ A diversidade de estratégias didáticas

A ideia de que estratégias didáticas diversificadas são importantes às práticas pedagógicas é consensual entre professores, pesquisadores e autores da área de educação. Diretrizes educacionais atuais e documentos curriculares apontam para essa necessidade, e a prática confere aos professores uma visão privilegiada de como a diversidade é capaz de promover processos de ensino e aprendizagem mais significativos. Materiais didáticos precisam estar alinhados e adequados para garantir um conjunto variado de aprendizagens que atinja todos os estudantes.

Esta coleção tem como pressuposto a necessidade do uso de diferentes estratégias didáticas. Assim, os conteúdos são

apresentados de maneiras variadas, estimulando o uso de ferramentas diversificadas e incorporando as tecnologias digitais de informação. Outro pressuposto da coleção diz respeito ao papel ativo do estudante no seu processo de aprendizagem, tendo o professor como participante essencial dessa construção. A coleção trabalha elementos de **metodologias ativas**.



Fonte: DIESEL, A.; MARCHESAN, M. R.; MARTINS, S. N. *Metodologias ativas de ensino na sala de aula: um olhar de docentes da educação profissional técnica de nível médio*. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/index.php/signos/article/view/1008>>. Acesso em: jun. 2020.

■ Disciplinas em comunicação

As mudanças influenciadas pelo processo de globalização social e econômica leva a uma comunicação mais rápida, à profusão de informações e à tendência a valorizar e conviver com as diferenças. Tais aspectos suscitam novas discussões acerca da interdisciplinaridade. Diante desse novo cenário, currículos, materiais e práticas devem incentivar a ligação entre os conhecimentos de diferentes áreas, valorizando uma visão mais abrangente sobre fenômenos, cultura, história e sociedade, capaz de levar o estudante a criar sua identidade, ter autonomia crítica e se relacionar com as diferenças.

O trabalho interdisciplinar e de integração não se limita a interligar os conteúdos das disciplinas, mas deve também propor mudanças de hábitos, recursos, métodos e práticas pedagógicas. Em sintonia com a BNCC do Ensino Médio, a coleção integra, em grandes temas, componentes curriculares de Biologia, Física e Química. Além de dispor os capítulos nos volumes visando a integrar essas disciplinas, as conexões interdisciplinares e de prática pedagógica estão presentes ao longo dos capítulos ou em atividades, em que esses aspectos são indicados para o professor. Essa abordagem permite trabalhar Temas Contemporâneos Transversais (TCTs), incorporados ao longo dos volumes.

Características gerais da coleção

Apresentamos a seguir as características gerais da coleção, eventualmente ampliando os **pressupostos teórico-metodológicos**, além de retomar as discussões dos itens anteriores.

■ Organização geral

Esta coleção é composta de seis volumes, que abordam conteúdos básicos das três disciplinas (Biologia, Física e Química) da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Os volumes podem ser trabalhados em qualquer sequência, uma vez que não há pré-requisitos nem aumento na complexidade pedagógica dos temas abordados em cada livro. A construção da grade proposta procurou englobar também os Temas Contemporâneos Transversais, conforme indica a BNCC.

Os conteúdos tradicionalmente trabalhados no Ensino Médio foram revistos, selecionados e reorganizados de forma a atender às competências gerais e específicas e às habilidades da BNCC para esta etapa do ensino, bem como às necessidades das temáticas escolhidas.

Cada volume tem metas e conteúdos específicos, articulados de modo a dar consistência à temática do volume. Por exemplo, um dos volumes trata da produção do conhecimento na área científica, trazendo em sua abertura alguns dos principais aspectos da metodologia utilizada em Ciências. Entre outros aspectos, esse livro focaliza o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo em Ciências da Natureza, levando o estudante a interpretar as representações empregadas por elas. Isso possibilita explorar, além dos conteúdos conceituais, aspectos pertinentes ao desenvolvimento dos temas contemporâneos transversais e às habilidades da BNCC.

O tema central de outro volume é a manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização, desde a composição molecular até a biosfera. Nele, é estabelecida uma ligação entre conceitos biológicos relacionados à importância da água para a vida e conceitos químicos e físicos, como a formação de soluções aquosas, a noção de solubilidade e a natureza dos fluidos, evidenciando relações interdisciplinares em Ciências da Natureza e como elas ajudam a resolver problemas e a analisar fatos cotidianos.

Outro volume dedica-se a desenvolver ideias científicas relacionadas à energia, entre elas sua quantificação, conservação e utilização pela sociedade. Trata também das transferências energéticas que ocorrem nos ecossistemas do planeta e da matéria e sua relação com a energia, como na reciclagem dos materiais nos ecossistemas e em sua quantificação, em diversos aspectos da física térmica e da termoquímica.

O tema gerador escolhido para outro volume da coleção visa a desenvolver nos estudantes a compreensão da relação íntima entre o ser humano e o meio que o cerca, o que favorece atitudes positivas, individuais e coletivas sobre o ambiente. Esse livro aborda conceitos de dinâmica das populações, de termodinâmica e de equilíbrio químico, discutindo processos que ocorrem em meios aquosos, com ênfase na acidez e na alcalinidade de soluções. Esses conceitos possibilitam múltiplos pontos de vista, – biológicos, físicos e químicos – acerca da poluição e suas implicações. Nesse contexto do ser humano em interação com o planeta, a obra também discute ondas eletromagnéticas e a tecnologia das comunicações.

A temática de outro volume desta coleção é voltada às atividades científicas e tecnológicas contemporâneas, exemplificadas pela engenharia genética e a criação de organismos transgênicos, pela nanotecnologia, pela eletricidade, eletrônica e por pilhas e baterias, bem como a aplicação atual e futura dessas atividades.

Não poderia faltar um volume orientado à discussão de temas como a origem do Universo, o ciclo evolutivo das estrelas, o surgimento dos elementos químicos, a origem da vida na Terra e a evolução das formas de vida, que conduziu à enorme biodiversidade que atualmente habita nosso planeta. Ao tratar desses temas, diversos conceitos científicos são empregados em um contexto multidisciplinar.

Organização dos capítulos

Cada um dos seis volumes está dividido em capítulos, que contemplam os componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de acordo com o tema do volume. Os capítulos são estruturados de maneira similar, sempre contando com uma apresentação que discute o tema do capítulo, além de propostas de pesquisas complementares, atividades que possibilitam a construção do conhecimento e a aplicação dos conceitos desenvolvidos no decorrer do trabalho pedagógico. A linguagem empregada procura aliar a precisão conceitual da comunicação científica à clareza didática. Em diversas situações foi possível exemplificar com assuntos do cotidiano, o que torna conceitos e fenômenos científicos mais concretos para os estudantes.

Os capítulos contêm seções que visam a motivar os estudantes, ampliar seus conhecimentos, relacionar o conhecimento científico à vida prática, além de promover a experimentação, o trabalho individual e em grupo e a aplicação dos conhecimentos na solução de problemas e atividades práticas.

As **atividades em grupo** ajudam os estudantes a desenvolver habilidades como pesquisa, seleção de informações, argumentação e comunicação; as questões propostas levam à ampliação, ao aprofundamento e à discussão do assunto dos tópicos do capítulo. Atividades desse tipo estimulam o trabalho em equipe e podem levar os estudantes a melhorar sua comunicação com os colegas. Além disso, também criam oportunidades para trabalhar habilidades e competências como a escrita e a divulgação e/ou a publicação dos resultados.

A seção **Dialogando com o texto** é diversificada e procura expandir o que está sendo trabalhado no capítulo. Além de aumentar a interatividade do estudante com o livro didático, essa seção também trabalha habilidades diversas, como analisar, compreender, definir, modelar, resolver, comparar e comunicar.

A seção **Atividade prática** propõe experimentos investigativos ou comprobatórios que podem ser feitos individualmente ou em grupo. Tais atividades estimulam o levantamento de hipóteses semelhantes às utilizadas pelos cientistas.

Na seção **Exercícios resolvidos** são apresentados exemplos de aplicação dos conteúdos, com o intuito de facilitar sua compreensão pelos estudantes, além de mostrar estratégias para a resolução de atividades.

A seção **Em destaque** apresenta textos de outras fontes, relacionados ao assunto apresentado, que permitem abordar diferentes aspectos inerentes à relevância da Ciência e auxiliam no desenvolvimento da capacidade de interpretação de textos.

A seção **Aplicando conhecimentos** traz questões diretamente relacionadas ao texto do capítulo, trabalhando habilidades diversificadas.

Todos os capítulos se encerram com a seção **Atividades finais**, que apresenta tanto questões do Enem e de vestibulares como exercícios mais elaborados e, em alguns casos, interdisciplinares, que abordam mais de um conteúdo.

■ Estudantes de diferentes perfis

Cada pessoa tem um estilo próprio de aprender fatos novos. O estilo de aprendizagem configura-se como um conjunto de condições por meio das quais os sujeitos começam a concentrar, a absorver, a processar e a reter informações e habilidades novas ou difíceis (DUNN; DUNN, 1978). A diversidade de estilos de aprendizagem reflete como as pessoas aprendem e se adaptam no ambiente em que estão inseridas.

O professor deve procurar compreender as diferentes formas de aprender e aplicá-las em sala de aula (CLAXTON; MURRELL, 1987). Conhecer os diferentes estilos de aprendizagem é importante para professores e instituições de ensino, uma vez que caracterizam as maneiras como as pessoas recebem e processam informações.

Há diversas maneiras de identificar o estilo de aprendizagem dos educandos, o que permite planejar estratégias pedagógicas eficazes e melhores oportunidades de aprendizado (LOPES, 2002). É importante destacar que os estilos de aprendizagem podem mudar ao longo do tempo, em função da maturidade do indivíduo. A intensidade com que cada pessoa aprende torna certos métodos eficazes para determinados públicos, e ineficazes para outros. Identificar essa variedade e atender a ela torna mais eficaz o processo de ensino e aprendizagem (JACOBSON, 2003).

O Inventário de Estilos de Aprendizagem (*Learning Style Inventory – LSI*), desenvolvido pelo teórico da educação David Kolb, em 1984, é um dos instrumentos de medida mais aplicados e divulgados sobre o tema. O Inventário de Kolb oferece um referencial para o ciclo educacional, ajudando a identificar o ritmo de estudo e a maneira como o estudante administra seu tempo, auxiliando a aprendizagem a ocorrer de forma organizada e disciplinada. Esse inventário é composto de algumas sentenças associadas a alternativas. O estudante atribui um peso a cada alternativa, de acordo com o que melhor descreve para ele atitudes e sentimentos quando está aprendendo. Assim, com base nos pesos dados pelo estudante, são calculados quatro índices.

1. Experiência Concreta (EC): um alto índice em experiência concreta aponta uma receptividade à abordagem fundamentada na experiência. Em geral, o estudante com esse estilo de aprendizagem considera desnecessárias as abordagens teóricas. Ele aprende melhor com exemplos específicos.
2. Conceitualização Abstrata (CA): esse índice corresponde a um aprendizado analítico e conceitual baseado principalmente no raciocínio lógico. Estudantes com esse estilo aprendem melhor com ênfase teórica e análise sistemática.
3. Observação Reflexiva (OR): um alto índice em abordagem reflexiva denota que o indivíduo aprende baseando-se em observações e julgando-as. Estudantes com esse estilo preferem aprender assistindo a aulas, o que lhes permite exercer o papel de observador.
4. Experimentação Ativa (EA): indica uma forte disposição em realizar atividades práticas. Estudantes com esse estilo aprendem com facilidade quando participam de projetos práticos, discussões em grupo e fazem tarefas de casa. Eles não gostam do aprendizado passivo, como assistir às aulas.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte: PIMENTEL, A. A teoria da aprendizagem experiential como alicerce de estudos sobre desenvolvimento profissional. *Estudos de Psicologia*, Natal, RN, v. 12, n. 2, pp. 159-186. 2007.

É importante compreender os modos de aprendizagem do estudante, em outras palavras, seu estilo e preferências, pois eles ajudam o professor a escolher abordagens explicativas ou demonstrativas e materiais adaptados aos diferentes estilos dos estudantes de um grupo. No quadro abaixo, estão relacionadas as atividades integradas ao Inventário de Estilos de Aprendizagem de Kolb.

| Experiência concreta | Observação reflexiva | Conceituação abstrata | Experimentação ativa |
|------------------------|---|-----------------------|----------------------|
| Exemplos de aula | Perguntas para reflexão | Palestras | Exemplos de aula |
| Conjuntos de problemas | | Papers | Laboratórios |
| Leituras | Tempestade de ideias (brainstorming) | Analogias | Estudos de caso |
| Filmes | | Leituras de textos | Tarefas de casa |
| Simulações | Discussões | Projetos | Projetos |
| Laboratórios | | Modelos de construção | Trabalho de campo |
| Observações | Júris | | |
| Trabalho de campo | Jornais | Modelos críticos | |

Fontes: KOLB, D. A. *Experimental learning: experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984. SVINICKI, M. D.; DIXON, N. M. *The Kolb model modified for classroom activities*. College Teaching, v. 35, n. 4, p. 141-146, 1987.

Nossa coleção inclui atividades para os estilos de aprendizagem de Kolb. De maneira geral, os exemplos de aula e o conjunto de problemas são abordados nas seções **Atividades práticas** e **Exercícios resolvidos**, ao passo que laboratórios, projetos e estudo de caso são contemplados apenas nas **Atividades práticas**. As discussões, tempestade de ideias, *papers* e leituras de textos são abordados nas seções **Dialogando com o texto**, **Em destaque** e **Aplicando conhecimentos**. Quando se utilizam diferentes abordagens em um curso, levando em conta os diferentes estilos de aprendizagem, os estudantes podem perceber que suas necessidades individuais estão sendo atendidas.

■ Pensamento computacional

O pensamento computacional pode ser entendido como um conjunto de técnicas que utiliza conceitos oriundos de ciência da computação para solucionar problemas, mas que não requer o uso de computadores para que seja utilizado ou ensinado. É um processo cognitivo, uma forma de pensar para analisar e resolver problemas – com capacidade crítica, criativa e estratégica – que pode ser empregada nas mais diversas áreas de conhecimento com a finalidade de solucionar situações propostas, de maneira individual ou colaborativa. Nas últimas décadas, o pensamento computacional foi objeto de ampla atenção em várias partes do mundo e, em diversos países, habilidades a ele relacionadas passaram a ser consideradas essenciais.

Há uma necessidade crescente de implementar sua abordagem no currículo escolar, a fim de desenvolver nos estudantes a criatividade e a capacidade de definir e resolver problemas que envolvam o reconhecimento de padrões, a divisão do todo em partes de solução mais simples, a automação de rotinas e a tomada de decisões dentro de cenários possíveis. Essa necessidade de implementação promoveu, nos últimos anos, o surgimento de projetos destinados a aplicar atividades de pensamento computacional nas escolas de Ensino Fundamental e Médio. Recentemente, o ensino do pensamento computacional foi incluído na BNCC e, em vez de se criar uma disciplina dedicada a ele, a expectativa é que as habilidades inerentes a ele sejam desenvolvidas em diferentes áreas do conhecimento e trabalhadas transversalmente em contextos variados.

No pensamento computacional, a maneira de abordar uma situação-problema envolve algumas ideias básicas. Uma delas, a *decomposição*, caracteriza-se pela quebra de um problema complexo em partes menores e mais simples de resolver, ideia vinculada à capacidade de análise. Outra ideia é o *reconhecimento de padrões*, que consiste na identificação de similaridades em diferentes processos para solucioná-los de maneira mais eficiente e rápida, permitindo a comparação de problemas novos com os já resolvidos, realizando *generalizações* e viabilizando, quando possível, a aplicação de soluções prévias a novas situações. A *abstração*, outro princípio estruturante do pensamento computacional, refere-se à capacidade de selecionar os elementos relevantes de um problema e considerá-los na sua *modelagem*, enquanto aspectos irrelevantes ou de pequena importância são minorizados. A abstração também envolve a escolha de representações adequadas a serem usadas. Uma outra ideia fundamental é a criação de *algoritmos*, conjuntos de procedimentos, regras e decisões para a resolução de um problema. O raciocínio algorítmico envolve a *definição* das etapas de resolução e inclui a explicitação de rotinas e de etapas a serem repetidas, ambas relacionadas à ideia de automação. O pensamento computacional é, portanto, uma estratégia para avaliar problemas e modelar suas soluções de forma eficiente e, assim, encontrar soluções genéricas para classes inteiras de problemas. Ele pode e deve ser vivenciado de forma integrada às Ciências da Natureza.

Ao longo dos volumes desta coleção, os desenvolvimentos de diversas situações-problema envolvendo Biologia, Física e Química – sejam eles realizados no Livro do Estudante ou indicados no Suplemento do Professor – englobam aspectos de pensamento computacional. De modo geral, optou-se por não rotular explicitamente tais aspectos com as terminologias mencionadas anteriormente, a fim de que o foco realmente esteja no desenvolvimento. Contudo, em alguns momentos, conforme conveniência pedagógica, é feita a apresentação explícita de algoritmos com o intuito de destacar sua relevância em algumas situações de Ciências da Natureza e/ou sua importância na automatização de procedimentos.

■ Leitura inferencial

Como vimos nos pressupostos teórico-metodológicos desta coleção, estratégias diversificadas são essenciais no ensino de Ciências. Uma dessas estratégias é o ensino por investigação, com o uso dos processos comuns ao fazer científico. Atividades de investigação proporcionam aos estudantes a aquisição de novos conhecimentos, levando-os a pensar de maneira lógica sobre os fatos cotidianos e a resolução de problemas práticos. Além de aproximar os estudantes do pensamento científico, tais atividades trazem diversos benefícios ao processo de ensino-aprendizagem, tais como a valorização da experiência cotidiana dos estudantes, o estímulo à leitura, análise e interpretação de textos, além do desenvolvimento de competências de investigação e compreensão.

Os processos que envolvem análise, avaliação e construção de argumentos estão vinculados à linguagem científica. Nossa coleção inclui diversas atividades que incorporam esse pressuposto, em consonância com a proposta da BNCC de desenvolver a capacidade argumentativa e inferencial, seja por meio de argumentos que embasam pontos de vista diferentes para temas científicos não consensuais, seja por meio de contraexemplos. Dentre as atividades que atendem a tal perspectiva, citamos a análise de textos, o debate de pontos de vista distintos, a compreensão de enunciados, a avaliação de problemas e a comunicação de ideias.

A abordagem de ensino por investigação em Ciências e a argumentação são pressupostos teórico-metodológicos desta coleção, que permitem desenvolver competências leitoras associadas à compreensão inferencial e lexical. As propostas baseadas nessas abordagens favorecem o desenvolvimento da habilidade de estabelecer associações apropriadas, identificando, no texto: incoerências entre ideias previamente construídas, generalizações indevidas, desvios do assunto principal ou uso de argumentos evasivos, que permitem inferir a falta de consenso entre as ideias ou a fragilidade argumentativa. Temos aqui importantes pontos de integração entre a área de Ciências e a de Linguagem.

■ TDIC e a educação

A sociedade atual é fortemente influenciada pela inserção das tecnologias digitais, que se intensificou nas últimas décadas do século XX e no decorrer do século XXI, levando-nos

a repensar sentidos do ensino-aprendizagem no mundo contemporâneo. Desde a homologação da BNCC, a discussão e a implementação do uso da tecnologia educacional vêm ocupando espaço importante nesse debate. Os recursos tecnológicos sempre encontraram um lugar para o desenvolvimento de novas propostas na educação, quer para facilitar a aprendizagem, quer para melhorar seu desempenho, com a criação e a organização de processos bem estruturados. O tema integra o item n. 5 das competências gerais do documento, que sugere às unidades

[...] 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. [...]

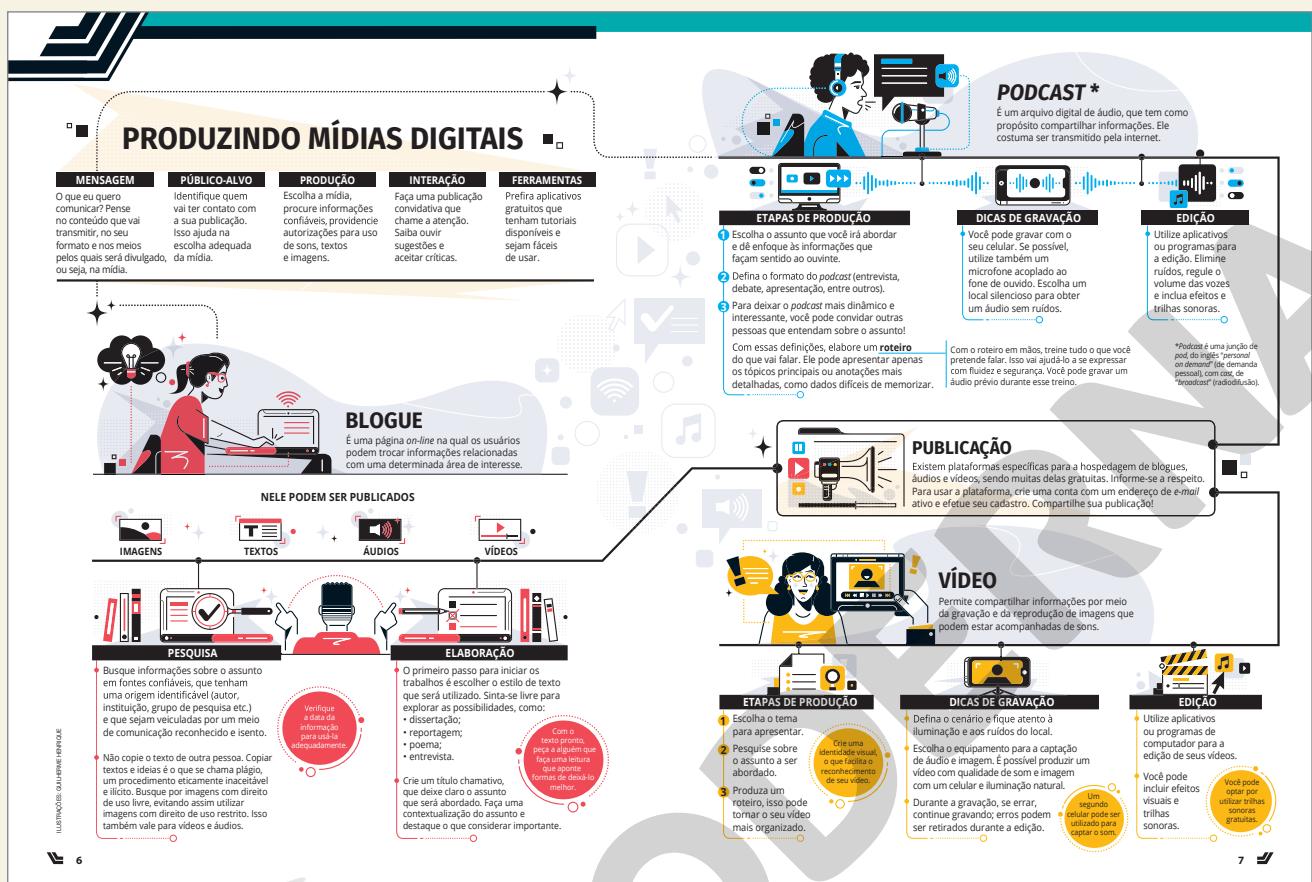
Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília: MEC; SEB, 2018, p. 9-10.

As práticas e todo o processo educativo devem ser objetos de reflexão, de modo que tecnologias digitais de informação e de comunicação (TDIC) passem a integrar as estratégias metodológicas de maneira transversal, sem entrar em atrito com as metodologias que vinham sendo aplicadas. Assim, é preciso incorporar as tecnologias digitais a outros meios e processos de ensino e aprendizagem. Não se trata apenas de mudar a forma de dar aula com recursos digitais, mas de se questionar e refletir sobre as práticas educativas que incluem pessoas interligadas em uma sociedade em rede.

Contudo, é preciso também levar em conta o fato de estarmos vivendo uma época de excesso de mídias sociais, em que os estudantes estão constantemente envolvidos com essa tecnologia fora da sala de aula, ao se dedicar a jogos eletrônicos, navegar na internet ou a compartilhar informações em redes sociais. Procure utilizar as TDIC de forma consciente e planejada, de modo que tal recurso favoreça e enriqueça a aprendizagem. Procure aplicar adequadamente essas novas tecnologias, compreendendo e manuseando com mais proximidade o conhecimento científico, a fim de criar um ambiente de aprendizagem em que estudantes e professores interajam de forma crítica e cooperativa.

Explore esse recurso na criação de projetos metodológicos que levem à produção e não à mera reprodução de conhecimento. Procure utilizar as TDIC como um recurso auxiliar e inovador no processo de ensino e aprendizagem. Antes de escolher entre os recursos digitais a serem utilizados em sala de aula, é importante se perguntar: Que mensagem queremos transmitir? Qual é o público-alvo dessa mensagem? Seja qual for a mídia escolhida (blogue, podcast, vídeo), a produção do conteúdo deve embasar-se em informações confiáveis, sem deixar de providenciar a autorização de textos de terceiros, imagens e vídeos, que não sejam de autoria própria. Procure utilizar aplicativos gratuitos que contenham tutoriais disponíveis e sejam de fácil utilização.

No início de cada volume dessa coleção, há um infográfico, **Produzindo mídias digitais**, com o objetivo de informar aos estudantes como transmitir informações confiáveis por meio de algumas mídias digitais. Em algumas atividades, eles são convidados a comunicar o resultado de suas pesquisas, descobertas e notícias e informações relevantes. Sempre que possível, estimule-os a consultar e a decidir qual é a melhor mídia para compartilhar as informações, voltando sempre à consulta desse infográfico.



Abordagens de ensino da tecnologia informacional são necessárias no ambiente de aprendizagem, visto que fazem parte da vida dos estudantes. Além disso, o acesso a outras informações, além do Livro do Estudante, oferece maneiras diferentes e criativas de apreender conceitos, mantendo os estudantes mais engajados no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, recursos da tecnologia informacional permitem ao professor desenvolver planos de estudo mais individualizados.

Planejamento de aula: sugestões de uso da coleção

São dois os aspectos mais importantes a serem considerados no processo de ensino e aprendizagem: as **competências**, que se referem às capacidades intelectuais, éticas e sociais a serem adquiridas ou implementadas pelos estudantes ao estudar o tema; e as **habilidades**, que são metas ou objetivos específicos a serem desenvolvidos, guiando o caminho para atingir as competências desejadas.

Cada escola e cada professor têm suas próprias preferências e diferentes realidades. Essa coleção divide-se em volumes e capítulos, abordando competências de Física, Química e Biologia sob o mesmo tema interdisciplinar. Cabe aos professores selecionar os conteúdos e as abordagens mais relevantes para o projeto pedagógico de sua escola.

A carga horária destinada a cada área varia de uma escola para outra. Há também diferenças no rendimento de uma turma para outra, e os professores podem dedicar um número maior de aulas a determinado assunto para uma turma e um número menor para outra. Saber identificar essas particularidades é fundamental para o sucesso pedagógico.

Para auxiliar no trabalho do professor em sala de aula, apresentamos algumas sugestões para o uso da coleção. A numeração dos volumes é tão somente para organização, pois os volumes da coleção são independentes e podem ser utilizados conforme a realidade da sua escola.

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – BIMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano

| | | 1º ano | | 2º ano | | 3º ano |
|-------------|----|------------|----|----------|----|----------|
| 1º bimestre | V1 | C1, C3, C4 | V3 | C3, C6 | V5 | C6, C7 |
| | | C1, C5, C7 | | C2, C7 | | C1, C2 |
| | | C1, C2, C6 | | C1, C4 | | C4, C5 |
| | | C9, C10 | | C9, C10 | | C9, C12 |
| | | C8, C13 | | C8, C12 | | C3, C10 |
| | | C11, C12 | | C5, C11 | | C8, C11 |
| 2º bimestre | V2 | C3, C6 | V4 | C2, C6 | V6 | C4, C5 |
| | | C1, C2 | | C1, C5 | | C1, C3 |
| | | C8, C9 | | C3, C4 | | C2, C6 |
| | | C7, C10 | | C7, C10 | | C11, C12 |
| | | C4, C5 | | C11, C12 | | C9, C10 |
| | | C11, C12 | | C8, C9 | | C7, C8 |

Perfil de professor recomendado

Química

Biologia

Física

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – TRIMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano

| | | 1º ano | | 2º ano | | 3º ano |
|--------------|----|--------------|----|--------------|----|--------------|
| 1º trimestre | V1 | C1, C3, C4 | V3 | C3, C6 | V5 | C6, C7 |
| | | C1, C5, C7 | | C2, C7 | | C1, C2 |
| | | C1, C2, C6 | | C1, C4 | | C4, C5 |
| 2º trimestre | V1 | C9, C10 | V3 | C9, C10 | V5 | C9, C12 |
| | V2 | C3 | V4 | C2 | V6 | C4 |
| | V1 | C8, C13 | V3 | C8, C12 | V5 | C3, C10 |
| | V2 | C1 | V4 | C1 | V6 | C1 |
| | V1 | C11, C12 | V3 | C5, C11 | V5 | C8, C11 |
| | V2 | C8 | V4 | C3 | V6 | C2 |
| 3º trimestre | V2 | C6, C7, C10 | V4 | C6, C7, C10 | V6 | C5, C11, C12 |
| | | C2, C4, C5 | | C5, C11, C12 | | C3, C9, C10 |
| | | C9, C11, C12 | | C4, C8, C9 | | C6, C7, C8 |

Perfil de professor recomendado

Química

Biologia

Física

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – SEMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano

| | | 1º ano | | 2º ano | | 3º ano |
|-------------|----|----------------------|----|------------------|----|------------------|
| 1º semestre | V1 | C1, C3, C4, C9, C10 | V3 | C3, C6, C9, C10 | V5 | C6, C7, C9, C12 |
| | | C1, C5, C7, C8, C13 | | C2, C7, C8, C12 | | C1, C2, C3, C10 |
| | | C1, C2, C6, C11, C12 | | C1, C4, C5, C11 | | C4, C5, C8, C11 |
| 2º semestre | V2 | C3, C6, C7, C10 | V4 | C2, C6, C7, C10 | V6 | C4, C5, C11, C12 |
| | | C1, C2, C4, C5 | | C1, C5, C11, C12 | | C1, C3, C9, C10 |
| | | C8, C9, C11, C12 | | C3, C4, C8, C9 | | C2, C6, C7, C8 |

Perfil de professor recomendado

Química

Biologia

Física

Avaliação

Quando a ação pedagógica é centrada no estudante e se estabelece a ideia de que o conhecimento é construído aos poucos, há mudanças na relação entre ensino e aprendizagem, o que, consequentemente, modifica as possibilidades e as exigências da avaliação.

A avaliação não deve ter como eixo norteador o conteúdo como um fim em si mesmo, mas como um componente importante no desenvolvimento das habilidades e competências. Assim, tendo como conteúdo a tradição histórica da construção da Ciência, dirigimos nosso olhar para os objetivos do ensino. São esses objetivos que vão determinar o que deve ser avaliado.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM):

[...] é imprópria a avaliação que só se realiza numa prova isolada, pois deve ser um processo contínuo que sirva à permanente orientação da prática docente. Como parte do processo de aprendizado, precisa incluir registros e comentários da produção coletiva e individual do conhecimento e, por isso mesmo, não deve ser um procedimento aplicado nos estudantes, mas um processo que conte com a participação deles. É pobre a avaliação que se constitua em cobrança da repetição do que foi ensinado, pois deveria apresentar situações em que os estudantes utilizem e vejam que realmente podem utilizar os conhecimentos, valores e habilidades que desenvolveram. [...] (BRASIL, 2002, p. 51)

A avaliação tem, portanto, dupla função: redirecionar o trabalho do professor e tornar o estudante consciente de seu desenvolvimento. Ainda de acordo com os PCNEM:

Uma questão que deve ser discutida, quando se concebem transformações nas metas e nos métodos educativos, é a avaliação, em todos os seus sentidos — tanto a avaliação de desempenho dos estudantes quanto a avaliação do processo de ensino. Frequentemente, a avaliação tem sido uma verificação de retenção de conhecimentos formais, entendidos ou não, que não especifica a habilidade para seu uso. Uma avaliação estruturada no contexto educacional da escola, que se proponha a aferir e desenvolver competências relacionadas a conhecimentos significativos, é uma das mais complexas tarefas do professor. Essa avaliação deve ter um sentido formativo e ser parte permanente da interação entre professor e estudante. (BRASIL, 2002, p. 136)

A avaliação no ensino de Ciências deve evitar a mera exposição de conceitos, a aplicação descontextualizada de fórmulas, a reprodução de modelos na solução de problemas. Deve assumir um caráter formativo, por meio do qual seja possível perceber o desenvolvimento do estudante. É necessário ficar claro, tanto para o professor como para o estudante, o que este sabia e o que sabe agora, como foi seu processo de apropriação de conhecimentos, o que ele ainda precisa desenvolver e quais habilidades domina.

Com base na definição dos objetivos a serem alcançados, o professor deve promover situações que permitam avaliar o processo de aprendizagem do estudante, sua produção contínua e sua participação nas atividades propostas, e situações que deem ao estudante oportunidades de autoavaliação. É importante que o professor observe o comportamento do estudante nas aulas e como ele se desenvolve no decorrer do curso: se apresenta dificuldades e tenta superá-las; se passa do senso comum ao pensamento crítico; se se apropria do vocabulário técnico-científico; se procura solucionar suas dúvidas etc.

Na avaliação também devem ser levadas em conta a produção escrita do estudante, a resolução de exercícios, a solução de problemas, a investigação de fenômenos, a pesquisa, a elaboração de sínteses, a construção de argumentos que envolvam a relação entre teoria e prática, entre outros aspectos. Avaliar não é abandonar a prova escrita, mas não se deve centrar o processo de avaliação apenas nesse tipo de instrumento.

Veja listadas a seguir algumas sugestões de avaliações a serem realizadas pelos estudantes e professores ou pela comunidade escolar.

- Mostras e apresentações: exposição para a comunidade escolar e extraescolar do que está sendo aprendido, com o uso de diferentes suportes e linguagens.
- Registros coletivos em forma de livros, murais, caixas de sugestões: anotações de reflexões, dúvidas, hipóteses, descobertas e pesquisas feitas pelo grupo.
- Entrevista entre professor e estudante: troca de impressões sobre o aprendizado e verificação da necessidade de ajuda e adequação do conteúdo.
- Reuniões entre professor, estudante e pais ou responsáveis: troca de impressões, verificação da necessidade de ajuda e adequação e partilha da vida escolar com a família.
- Reuniões entre professor e coordenação: promoção do diálogo destinado a auxiliar na reflexão com base em visões e escutas distanciadas, a fim de enriquecer o trabalho pedagógico e as relações pessoais e de grupo.

Referências bibliográficas complementares

Apresentamos a seguir algumas sugestões de textos, vídeos e sites contextualizadas com o objetivo de facilitar o aprofundamento dos conteúdos tratados anteriormente.

Ensino de Ciências no século XXI

Os textos e o vídeo indicados a seguir trazem perspectivas gerais sobre o processo de ensino-aprendizagem em Ciências retomando algumas das tendências do século XX.

Textos

- MARANDINO, M. *Tendências teóricas e metodológicas no ensino de Ciências*. São Paulo, USP, 2013. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349832/mod_resource/content/1/Texto%20201%20-%20Marandino%20Tend%C3%AAnias%20no%20Ensino%20de%20ci%C3%AAnias%20final.pdf>. Acesso em: maio 2020.

- SILVA, J. L. P. B.; MORADILLO, E. F. Avaliação, ensino e aprendizagem de Ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, n. 1, jul. 2002.

Vídeo

- ENSINO de Ciências. Entrevista com Luis Carlos de Menezes. São Paulo: Nova Escola, 2 dez. 2013. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=zLUAAu3oYzo>>. Acesso em: maio 2020. Nessa entrevista, o professor Luis Carlos de Menezes, docente do Instituto de Física da Universidade de São Paulo e consultor da Unesco, fala sobre os desafios contemporâneos do ensino de Ciências.

Abordagem CTS/CTSA no ensino de Ciências

Texto

- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000. Nesse texto, os autores tratam da abordagem CTS no ensino de Ciências, especificamente aquele realizado no contexto brasileiro.

O ensino por investigação e argumentação

Texto

- BERNARDO, J. R. R. Argumentação no ensino de Ciências: tendências, práticas e metodologia de análise. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 277-280, jan./abr. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172015000100277&lng=pt&tlang=pt>. Acesso em: maio 2020. O texto apresenta a resenha de um livro que trata da argumentação científica.

Vídeo

- O ENSINO por investigação. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP). Portal de videoaulas, [s. d.]. 1 vídeo (6 min). Disponível em: <<http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=4586>>. Acesso em: maio 2020. Nesse vídeo, a abordagem didática do ensino por investigação é contextualizada por meio de exemplos.

Leitura em ciências

Texto

- NIGRO, R. G.; TRIVELATO, S. Leitura de textos de Ciências de diferentes gêneros: um olhar cognitivo-processual. *Investigações em Ensino de Ciências (on-line)*, v. 15, p. 553-573, 2010. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/262/184>>. Acesso em: maio 2020. O texto trata da importância da leitura de textos para o letramento científico, incluindo aspectos da leitura inferencial.

Avaliação e diferentes perfis

Texto

- INVENTÁRIO de Estilo de Aprendizagem de Kolb. Disponível em: <<http://www.cchla.ufpb.br/ccmd/aprendizagem/>>. Acesso em: maio 2020. Exemplos de perguntas para identificar o estilo de aprendizagem.

Referências bibliográficas da coleção

AULER, D.; DELIZOICOV, D. *Pedagogy, Symbolic Control and Identity: Theory, Research, Critique*. ed. rev. atual. Londres: Rowman & Littlefield, 2000.

Livro que aborda aspectos do trabalho pedagógico com identidade juvenil.

BOLÍVAR, A. Equidad educativa y teorías de la justicia. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, Madrid, v. 3, n. 2, p. 42-69, 2005. Disponível em: <<http://www.rinace.net/arts/vol3num2/art4.pdf>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo usado como fonte para tratar da importância de uma educação que ajude a igualar as oportunidades de diferentes estudantes.

BRASIL. Ministério da Educação. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: maio 2020.

O documento é uma referência sobre aspectos da educação no Ensino Médio.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). *Plano Nacional de Educação 2014-2024: Linha de Base*. Brasília: Inep, 2015.

O documento mostra objetivos e metas da educação brasileira entre 2014-2024.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: maio 2020.

Documento que estrutura as etapas da educação fundamental no Brasil.

BRASIL. Ministério da Educação. *Temas contemporâneos transversais na BNCC*. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: jul. 2020.

Documento que mostra a articulação dos temas contemporâneos transversais com a BNCC.

BRASIL. Ministério da Educação. *Novo Ensino Médio – perguntas e respostas*. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensino-medio-duvidas>>. Acesso em: maio 2020.

Guia com perguntas e respostas sobre o novo Ensino Médio.

CLAXTON, C. S.; MURRELL, P. H. *Learning styles*. Washington, DC: George Washington University (ERIC), 1987.

Material que trata de como trabalhar com estudantes de diferentes perfis.

DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (ed.). *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. [s. l.]: Springer, 2006.

Material que aborda como procedimentos científicos impactam aulas e seu planejamento.

DUNN, R.; DUNN, K. *Teaching Students Through their Individual Learning Styles: A Practical Approach*. Reston, VA: Reston Publishing Co., 1978.

Material que trata de como trabalhar com estudantes de diferentes perfis.

GONÇALVES, S. R. V. Interesses mercadológicos e o "novo" ensino médio. *Revista Retratos da Escola*, Brasília, v. 11, n. 20, p. 131-145, jan./jun. 2017. Disponível em: <<http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde/article/view/753>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo que mostra desdobramentos da estruturação do novo Ensino Médio.

JACOBSON, L. V. *O potencial de utilização do e-learning no desenvolvimento de competências do administrador: considerando o estilo de aprendizagem do aluno de graduação*. 2003. 232f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Tese que mostra algumas possibilidades de aplicação de TDICs.

JAPIASSU, H.; MARCONDES, D. *Dicionário básico de filosofia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1991.

Obra que trata aspectos de filosofia e como eles se relacionam com educação.

KELLY, G. J. *Inquiry, activity and epistemic practice*. In: Duschl, R. A.; Grandy, R. E. (ed.). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam: Taipei Sense Publishers, 2008.

Neste livro são mostradas algumas formas de trabalhar letramento científico com os estudantes.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Harbra, 1998.

Livro em que são mostradas atividades práticas e alguns de seus efeitos no ensino de ciências.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. *Ensino de Ciências e cidadania*. 2. ed. São Paulo: Moderna. 2007.

Livro que ajuda a mostrar relações entre o ensino científico e o desenvolvimento da cidadania.

LEFF, E. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. In: LEFF, E. *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*. São Paulo: Signus, 2000.

Obra que mostra aspectos interdisciplinares no ensino de ciências.

LOPES, W. M. G. *ILS – Inventário de estilos de aprendizagem de Felder-Solomon: investigação de sua validade em estudantes universitários de Belo Horizonte*. 2002. 85f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Dissertação que aborda maneiras de trabalhar com estudantes de diferentes perfis.

MANDELLI, M. T.; SOARES, D. H. P.; LISBOA, M. D. Juventude e projeto de vida: novas perspectivas em orientação profissional. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, Rio de Janeiro, v. 63, n. especial, p. 49-57, 2011. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-52672011000300006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: maio 2020.

Artigo com considerações e aspectos para trabalhar partes do projeto de vida com os estudantes.

MORTIMER, E. F. A BNCC do Ensino Médio: entre o sonho e a ficção. *Portal SBPC net*, 10 abr. 2018. Disponível em: <<http://portal.spcnet.org.br/noticias/a-bncc-do-ensino-medio-entre-o-sonho-e-a-ficcao/>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo que mostra aspectos práticos da aplicação da BNCC do Ensino Médio.

NARDI, R.; BASTOS, F.; DINIZ, R. E. S. (org.). *Pesquisas em ensino de Ciências: contribuições para a formação de professores*. 5. ed. São Paulo: Escrituras, 2004.

Livro que traz alguns resultados de pesquisas sobre ensino de ciências e discorre sobre possíveis impactos delas na formação de professores.

OECD. *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD, 2006.

Texto que traz análises sobre resultados obtidos no PISA.

OECD. *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*. ed. rev. Paris: OECD, 2017. Disponível em: <<https://www.oecd.org/publications/pisa-2015-assessment-and-analytical-framework-9789264281820-en.htm>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo que mostra algumas formas de trabalho com estudantes de acordo com os preceitos do PISA.

SCHWARTZMAN, S.; CHRISTOPHE, M. *A Educação em Ciências no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade, 2009.

Livro que aborda aspectos da educação em ciências no Brasil.

SENE, J. E. *A educação e o ensino de Geografia: na era da informação ou do conhecimento?* Olhar de Professor, v. 13, n. 1, p. 13-36, 2011.

Artigo que trata sobre aspectos do uso das TDICs.

SILVA, A. C. T. *Estratégias enunciativas em salas de aula de Química: contrastando professores de estilos diferentes*. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

Tese que, entre outros temas, mostra alguns efeitos dos diferentes perfis de professores na sala de aula.

SILVA, J. T. *Educar com que objetivo? Para o sucesso ou para a busca da justiça?* *Jornal da USP*, 29 ago. 2018. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/artigos/base-nacional-comum-curricular-as-decisoes-pertencem-aos-estados/>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo que aborda divergências de como melhorar o ensino no país.

STEVENS, D. D.; LEVI, A. J. *Introduction to Rubrics: An Assessment Tool to Save Grading Time, Convey Effective Feedback, and Promote Student Learning*. Sterling: Stylus, 2005.

Livro que mostra maneiras de trabalhar com rubricas.

TENREIRO-VIEIRA, C. *Produção e avaliação de atividades de aprendizagem de Ciências para promover o pensamento crítico dos alunos*. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 33/6, 2004.

Artigo que mostra possibilidades de estimular o pensamento crítico nos estudantes.

UNESCO. *The ABCs of Global Citizenship Education*, Paris, 2015. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000248232>>. Acesso em: maio 2020.

Documento que mostra relações entre educação e cidadania.

YOUNG, M. *Para que servem as escolas?* *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 28, n. 101, p. 1.287-1.302, set./dez. 2007.

Artigo que discute sobre diferentes papéis que a escola pode ter.

ZANATTA, S. C. A implantação de uma Base Nacional Comum Curricular – BNCC no contexto do progresso ensino e aprendizagem de Física. In: NEVES, M. C. D.; ZANATTA, S. C.; TROGELLO, A. G. (org.). *Conhecimento público, educação tutorial e outras reflexões sobre o ensino de Ciências*. Maringá: LCV-UEM, 2017.

Artigo que aborda efeitos da BNCC para o ensino de Ciências da Natureza.

CAPÍTULO 1

Energia

Metas do capítulo

- Conhecer as principais formas de energia.
- Conhecer a importância da energia no nosso cotidiano.
- Conhecer a relação entre trabalho e energia.
- Conhecer e compreender a unidade de medida de energia (Joule) no Sistema Internacional de Medidas (SI).
- Associar a energia cinética ao movimento dos objetos.
- Associar a energia potencial gravitacional à queda dos corpos devido ao trabalho da força peso.
- Associar a energia potencial elástica à energia armazenada na deformação de molas devido ao trabalho da força elástica.
- Explicar a conservação de energia.
- Calcular as quantidades de energia.
- Compreender o que é potência.

Sugestões didáticas e comentários

A grandeza energia é um dos conceitos mais abstratos e, ao mesmo tempo, mais concretos construídos pela Física. Esse paradoxo pode ser mostrado ao estudante na abordagem das fontes de energia que sustentaram e sustentam a nossa sociedade: a energia proveniente do “esforço” humano e animal nos trabalhos agrícolas; a energia proveniente do vapor; a energia química proveniente dos combustíveis fósseis e das baterias.

Todas essas formas de energia contribuíram concretamente para a construção econômico-social das diversas comunidades presentes no planeta. Em contrapartida, a energia não é um ente material que podemos tocar.

Assim, para além do conceito físico, no processo de ensino-aprendizagem sobre a energia, é importante considerar o aspecto da evolução dinâmica do conceito de energia no decorrer do tempo, mostrando aos estudantes sua origem e suas transformações, revelando sua história. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

- EM13CNT303
- EM13CHS302
- Competência geral 1
- Competência geral 2

A abertura do capítulo possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**, pois envolve a interpretação de textos de divulgação científica que tratam de temáticas das Ciências da Natureza, e da habilidade **EM13CHS302**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao analisar e avaliar os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias em diferentes ambientes e escalas de análise, considerando o modo de vida das populações locais e o compromisso com a sustentabilidade.

As **competências gerais 1 e 2** são mobilizadas no capítulo ao valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e exercitar a curiosidade intelectual, recorrendo 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.

1. As várias formas de energia

No decorrer do estudo deste capítulo, enfatize, sempre que possível, o princípio da conservação da energia e forneça exemplos ligados ao cotidiano dos estudantes em que tal princípio fique evidenciado.

É possível solicitar aos estudantes que indiquem cinco formas em que a energia pode se apresentar e, para cada uma delas, citar dois de seus usos. Nesse caso, incentive-os a selecionar as informações e a superar as ideias que estão no campo do senso comum.

Atividade prática

Essa atividade tem por objetivo verificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito de energia e de suas formas, por isso é realizada antes mesmo de se estabelecerem as diferentes formas de energia mecânica estudadas no capítulo.

A montagem sugerida é bastante simples e é provável que a maioria dos estudantes já tenha feito algo semelhante. Nessa montagem, a energia será transferida à bolinha de aço pelo estudante ao colocá-la no alto das réguas. Essa energia será convertida em energia de movimento, que, por sua vez, será transferida à primeira peça de dominó da fileira.

Os estudantes provavelmente perceberão que, ao usar dois livros, a bolinha chegará à mesa com velocidade maior do que quando foi abandonada de apenas um livro. Eles poderão concluir também que, para que a última peça de dominó sofra mudança em seu estado, a distância entre as peças deverá ser menor que a altura da peça; então, quando a peça tombar, ela atingirá a peça seguinte da fileira, e assim sucessivamente.

De olho na BNCC

- EM13CNT101

Esta *Atividade prática* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** por meio do estudo dos diversos tipos de energia, suas transformações e conservações em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

2. Trabalho de uma força

Todos os conceitos apresentados nesta seção são abstratos e foram elaborados para explicar manifestações de fenômenos associados ao trabalho de uma força.

Apresente aos estudantes a definição de trabalho de uma força constante e mostre o cálculo para algumas situações bem simples: força no mesmo sentido do movimento, força perpendicular à direção do movimento e força de sentido oposto ao do movimento. Os exemplos resolvidos, apresentados neste

tópico, são bastante ilustrativos. Ressalte, sempre que possível, que um trabalho positivo corresponde a um fornecimento de energia ao sistema, enquanto um trabalho negativo corresponde a uma retirada de energia do sistema.

Atividade em grupo

Após a pesquisa em grupos, sugerimos uma discussão sobre o tema por meio da apresentação de textos que relatam as informações obtidas.

Uma excelente fonte de consulta sobre o assunto e que pode servir como ponto de partida é o artigo “Da máquina a vapor aos carros de luxo”, publicado na revista *A Ciência na era dos inventores*, n. 4, Coleção Scientific American História, da Duetto Editorial.

De olho na BNCC

- **EM13CNT106**
- **EM13CHS102**
- **EM13LGG704**
- **EM13MAT307**

A partir da *Atividade em grupo*, os estudantes poderão analisar o uso de tecnologias, a geração e a transformação de energia, e os impactos socioambientais que provocam, possibilitando, assim, o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT106**. A habilidade **EM13CHS102** da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, também é favorecida com essa atividade, pois permite ao estudante identificar e analisar circunstâncias históricas. Essa atividade também promove a apropriação de processos de pesquisa e de busca de informação, evidenciando a habilidade **EM13LGG704**, da área de Linguagens e suas Tecnologias.

Empregar diferentes métodos para a obtenção da medida da área de uma superfície, para determinar o trabalho em gráficos da variação da força em função do tempo, possibilita o trabalho com a habilidade **EM13MAT307**, da área de Matemática e suas Tecnologias.

3. Trabalho e energia

Energia cinética

Ao iniciar este tópico, discuta com os estudantes sobre quais grandezas físicas eles acreditam que devem ser consideradas quando um tipo de energia, relacionada diretamente ao movimento de um corpo, precisa ser quantificada: a massa do corpo em movimento e sua velocidade.

Mostre, então, que, por definição, a energia cinética de um corpo é dada pela expressão: $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$, em que m é a massa do corpo e v é o módulo de sua velocidade.

Voltando ao conceito de trabalho de uma força — quantidade de energia fornecida a um sistema ou dele retirada —, mostre que o saldo líquido do trabalho de todas as forças que atuam em um corpo, o trabalho da força resultante, tem como consequência uma variação na energia cinética do corpo. Assim, se o trabalho da força resultante for positivo, a energia cinética do corpo aumentará; se o trabalho da força resultante for negativo, a energia cinética diminuirá.

Energia potencial gravitacional

Sugerimos que, ao dar início à aula, realize um experimento simples: segure um giz e solte-o em cima de uma mesa, de modo que o giz não sofra nenhum tipo de fratura. Na sequência, repita o processo soltando o giz de uma altura superior, de modo que, ao se chocar com a mesa, sofra uma fratura. Depois, questione os estudantes por que o giz não quebrou quando solto de uma altura pequena, mas quebrou quando solto de uma altura maior.

Pensando nisso, é possível associar que a altura está relacionada com algum tipo de energia que se converte em energia cinética enquanto o giz está em queda livre. Essa energia é conhecida como energia potencial gravitacional, dada por $E_p = m \cdot g \cdot h$.

Energia potencial elástica

De modo semelhante à energia potencial gravitacional, as molas podem “armazenar energia” e essa energia é conhecida como potencial elástica. Trabalhe a equação de energia com os estudantes e explique o que cada termo da equação representa.

Um exemplo que pode ser citado é um sistema massa-mola. Se provocamos uma deformação na mola, ela armazena energia elástica, que será convertida em energia cinética quando a força elástica empurrar a massa em direção ao ponto de equilíbrio.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

Os temas abordados nesta seção ajudam a desenvolver a habilidade **EM13CNT101**, pois, por meio de exemplos e simulações, possibilitam a análise e a representação de transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria e energia.

4. O princípio da conservação de energia

Neste ponto, retome as diferentes formas que a energia pode assumir e as diferentes transformações pelas quais ela passa.

O exemplo da pilha que aciona uma pequena lâmpada é bastante ilustrativo e pode ser usado para fazer uma quantificação da energia do sistema e verificar como ela se converte de uma forma em outra. Mostre, então, que a quantidade total de energia do sistema permanece constante.

Sugerimos que invista certo tempo na análise do fluxograma que converte energia química de 100 unidades de pilha em energia luminosa.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT106**

Nesta seção são exploradas as habilidades **EM13CNT101**, por meio da apresentação e da análise da transferência de energia entre sistemas diferentes, e **EM13CNT106**, por meio da análise da perda de energia no processo de transferência, que busca soluções mais eficientes.

5. Energia mecânica

Ao explorar um sistema físico, como o da pessoa que desce por um escorregador, relembre aos estudantes que a força de atrito realiza um trabalho resistente (trabalho negativo) e que ela retira energia do sistema na forma de energia térmica. Assim, na presença de forças dissipativas, parte da energia do sistema será convertida em energia térmica, ou seja, os corpos em contato se aquecem.

Se achar conveniente, proponha a seguinte questão: e se o escorregador fosse perfeitamente liso? Ocorreria aquecimento dos corpos? O que aconteceria com a energia do sistema? Ressalte que, na ausência de atrito, a energia mecânica, dada pela soma da energia cinética com a energia potencial, permanece constante.

Atividade prática

Monte o experimento sugerido conforme as instruções e faça os questionamentos propostos. Com a realização do experimento, é possível analisar a conservação da energia mecânica. Se soltarmos a bola da altura do queixo, ela voltará para a posição inicial com mesma altura e energia. Esse processo converte energia potencial gravitacional em energia cinética, que, por sua vez, é convertida novamente em energia potencial gravitacional. Durante a realização do experimento, é possível observar perda de energia, pois a bola perderá amplitude e sua velocidade diminuirá durante sua trajetória, o que ocorre devido à resistência do ar. Aproveite a oportunidade para retomar o conceito de força de atrito e resistência do ar.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

O conteúdo apresentado nesta seção e a *Atividade prática* desenvolvem a habilidade **EM13CNT101**, por meio da apresentação e da análise das transformações e conservações de energia em algumas situações do cotidiano.

Sugestão de atividade complementar

Convertendo a energia potencial em energia cinética

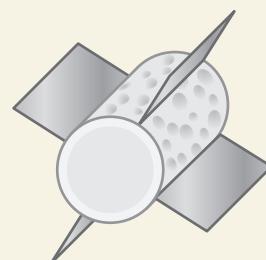
Nessa montagem, mostre aos estudantes (e comprove com eles) que a energia potencial gravitacional pode ser convertida em energia cinética passível de uso prático.

Material necessário à construção de uma roda-d'água simples:

- uma rolha de cortiça;
- um tubo de plástico;
- um funil;
- uma garrafa PET de 600 mL;
- um prego;
- fita adesiva;
- dois palitos de dente;
- tesoura;
- faca;

- uma tigela de vidro;
- uma jarra com água.

Comece pela montagem da roda-d'água. Faça quatro cortes igualmente espaçados ao redor da rolha de cortiça. Recorte quatro pedaços de plástico plano para as pás e insira cada um deles em um dos cortes da rolha.



(Representação fora de proporção.)

Com a faca, corte o fundo da garrafa e certifique-se de que ela se mantém em pé. Usando o prego, faça dois furos, diametralmente opostos, na garrafa PET, conforme mostra a figura abaixo. Para encaixar o eixo da roda-d'água nesses furos, enfie um dos palitos de dente na rolha e coloque-a dentro da garrafa, passando esse palito pelo furo na lateral da garrafa. Use o outro palito de dente para completar o eixo da roda-d'água, passando-o pelo outro furo.



(Representação fora de proporção.)

Coloque o funil no tubo de plástico e fixe-o com fita adesiva. Para utilizar a roda-d'água, coloque a garrafa com a roda dentro da tigela de vidro, passe o tubo de plástico pelo gargalo da garrafa e, a seguir, encha o funil com a água da jarra.



(Representação fora de proporção.)

Pergunte aos estudantes o que eles esperam que aconteça se o funil for colocado a uma altura maior em relação à base da tigela. Peça que expliquem os usos práticos que uma roda-d'água desse tipo poderia ter (moagem de grãos, geração de energia elétrica, entre outros usos).

Para exemplificar o dispositivo construído, mostre aos estudantes como funcionam moinhos de água e turbinas de usinas hidroelétricas.

Sugestão de atividade complementar

Transformação de energia

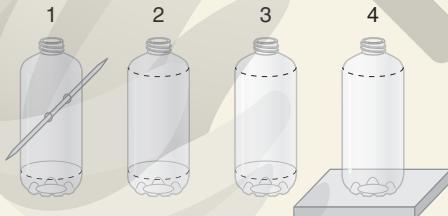
Com essa montagem, pode-se comprovar a transformação da energia cinética do vento (energia eólica) em energia potencial gravitacional.

A ideia, basicamente, é construir um cata-vento, em cujo eixo se deve amarrar uma linha ligada a um bloco. Quando o cata-vento girar sob a ação do vento, a linha será enrolada em seu eixo e o bloco subirá. Quando o vento parar, o bloco vai descer e colocará o cata-vento em movimento.

Para a montagem serão necessários os seguintes materiais:

- 4 garrafas PET de 2 L;
- 1 cartolina ($15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$);
- 1 base de madeira ($20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 1\text{ cm}$);
- 1 bloco de isopor ($8\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 3\text{ cm}$);
- 1 palito de churrasco para o eixo do cata-vento;
- linha de costura;
- tesoura;
- fita isolante;
- prego;
- martelo.

Com a tesoura, corte as quatro garrafas PET nos tracejados, como mostrado abaixo, para montar uma torre. Ainda usando a tesoura, faça dois furos diametralmente opostos na garrafa 1 para passar o eixo. Cole a garrafa 4 na base de madeira.



(Representação fora de proporção.)

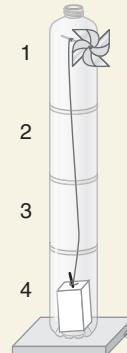
Com a tesoura, corte a cartolina nos tracejados como indicado para construir o cata-vento, seguindo os passos a seguir.



(Representação fora de proporção.)

Use o prego e o martelo para furar o centro do cata-vento e encaixar o palito de churrasco.

Após a montagem do cata-vento, passe seu eixo pelos furos feitos na garrafa 1 e amarre firmemente uma linha comprida no centro do eixo, dentro da garrafa. Na ponta dessa linha, amarre o bloco de isopor (teste antes a altura final da torre para obter o comprimento da linha a ser usado). Una com fita isolante a garrafa 1 às garrafas 2, 3 e 4.



(Representação fora de proporção.)

Agora é esperar o vento (ou usar um ventilador ou seca-dor de cabelos) e observar o bloco de isopor subir, enquanto a linha é enrolada no eixo do cata-vento que gira: é a energia cinética de rotação sendo convertida em energia potencial gravitacional.

Na ausência de vento, o bloco desce e o eixo do cata-vento gira em sentido oposto. Agora é a energia potencial gravitacional que se converte em energia cinética de rotação.

Para exemplificar o dispositivo construído, mostre aos estudantes como funcionam os moinhos de farinha, por exemplo.

6. Potência

Sugerimos que esta seção seja iniciada como indicado no livro, isto é, por uma discussão sobre o conceito de potência: a rapidez com que determinado trabalho é realizado ou a rapidez com que a energia é convertida de uma forma em outra.

Ressalte aos estudantes que, para dado trabalho ou dada quantidade de energia convertida, a potência é inversamente proporcional ao intervalo de tempo necessário para a conversão. Assim, quanto menor for o intervalo de tempo, maior será a potência desenvolvida.

Dialogando com o texto

Antes de os estudantes realizarem a atividade proposta no boxe, você pode sugerir que assistam ao filme *O menino que descobriu o vento* (direção: Chiwetel Ejiofor; produção: EUA, Malawi, França, Reino Unido, 2019; 113 min), que conta a história de William Kamkwamba, mencionada no início do capítulo e no boxe em questão. Ao assistir ao filme, os estudantes podem verificar como ocorre a construção e o funcionamento de um moinho, permitindo que associem os conceitos vistos no capítulo e respondam à questão sugerida no boxe.

De olho na BNCC

- **EM13CNT106**

Esta atividade permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT106**, ao propor ao estudante avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, as características geográficas e ambientais e os impactos socioambientais e culturais causados pelo mau uso desse recurso.

CAPÍTULO 2

Metabolismo energético

Metas do capítulo

- Valorizar o estudo dos processos energéticos celulares e compreender as relações de interdependência entre os seres vivos e a composição físico-química do ambiente.
- Reconhecer que moléculas orgânicas são ricas em energia potencial química, que pode ser aproveitada pelos seres vivos.
- Compreender o papel do ATP como intermediador nos processos energéticos celulares.
- Conceituar fotossíntese e identificar as equações químicas gerais referentes a esse processo.
- Conhecer e compreender as principais etapas da fotossíntese (fotólise da água, fotofosforilação e ciclo das pentoses), identificando os locais da célula eucariótica onde ocorrem.
- Conceituar respiração celular e identificar as equações químicas gerais referentes a esse processo.
- Conhecer e compreender as principais etapas da respiração celular (glicólise, ciclo do ácido cítrico e fosforilação oxidativa), identificando os locais da célula onde ocorrem.
- Conceituar fermentação, compreender os aspectos gerais do processo, identificar os locais da célula onde ocorre e organismos que a realizam.
- Reconhecer a importância da fermentação para a humanidade e identificar produtos do processo fermentativo.
- Conceituar o processo de quimiossíntese, identificando os organismos que o realizam.

Sugestões didáticas e comentários

A **abertura do capítulo** introduz a ideia de transformação energética e o papel da fotossíntese na transformação da energia luminosa do Sol em energia potencial química. Destaca também a importância do trifosfato de adenosina (ATP) como fornecedor básico de energia para os processos metabólicos. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia.

Antes de iniciar a leitura do texto, investigue os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a fotossíntese. Esse conteúdo começa a ser trabalhado no Ensino Fundamental, ao se discutir a importância da luz na manutenção da vida das plantas. A verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes pode ser feita por meio de perguntas como: Do que as plantas se alimentam? Uma planta sobrevive

sem luz? O que acontece se não colocarmos água em uma planta? Estimule os estudantes a compartilhar respostas e vivências. Confira se eles mencionam a fotossíntese. Aproveite para verificar se eventualmente alguém conhece algo sobre a equação da fotossíntese. Incentive os estudantes a compartilhar oralmente as respostas e reforce as informações corretas e pertinentes. Essa atividade permite o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT202**, ao discutir a fotossíntese como condição favorável à vida. Vale a pena comentar também a mudança energética que as plantas promovem ao transformar energia luminosa em energia potencial química, descrita no texto. Essa discussão permite desenvolver parcialmente a habilidade **EM13CNT101**, que trata das transformações de energia.

Pode-se fazer, também, uma leitura coletiva do texto de abertura, incentivando a participação dos estudantes a escrever na lousa os pontos principais. Incentive os estudantes a conversar com os colegas sobre a fotossíntese artificial, apresentada no texto, e encoraje-os a refletir sobre as possíveis vantagens de executar esse processo artificialmente.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT101**
- **Competência geral 1**

A conversa inicial possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, por propor aos estudantes analisar manifestações da vida e de transformações energéticas que ocorrem em organismos como as plantas, considerando os fatores limitantes para sua sobrevivência, e **EM13CNT101**, ao propor que o estudante analise a transformação de energia luminosa em energia potencial química. A valorização de conhecimentos sobre plantas, levando os estudantes a refletir e analisar conhecimentos sobre esses organismos, contribui com o desenvolvimento da **competência geral 1**, que versa sobre a valorização e a utilização dos conhecimentos científicos historicamente construídos.

1. Energia para a vida

Um aspecto essencial que os estudantes devem compreender é a importância da energia luminosa para a produção de glicídios que ocorre na fotossíntese. O conceito de transformação da energia luminosa em energia potencial química é importante para a compreensão dos processos de transferências e transformações de energia.

Converse com o professor de Química sobre uma possível abordagem conjunta dos conteúdos sobre o ATP, a "moeda energética" do mundo vivo. O professor de Química poderia, por exemplo, retomar os conceitos de hidrólise e de energia potencial presente em ligações covalentes.

Atividade em grupo

Embora o ciclo do carbono seja abordado com mais detalhes no capítulo 7 do Livro do Estudante, esta atividade favorece que os estudantes visualizem a integração entre fenômenos nanoscópicos e fenômenos biosféricos. Oriente os grupos nas pesquisas e incentive-os a sempre buscar informações em sites confiáveis da internet, contribuindo assim para a habilidade **EM13CNT303**. Espera-se que os estudantes identifiquem: **a**) que parte das moléculas orgânicas produzidas na fotossíntese é degradada pelo próprio organismo autotrófico para manter seu metabolismo; conforme as moléculas orgânicas são degradadas, o carbono que as constituía é devolvido para a atmosfera na forma de gás carbônico (CO_2); **b**) que uma comunidade vegetal em crescimento "sequestra" carbono da atmosfera porque, durante a fotossíntese, as plantas absorvem CO_2 e utilizam o carbono para a síntese de seus componentes orgânicos; porém, parte desse carbono é devolvida para a atmosfera na respiração celular.

A integração de Biologia e Química leva os estudantes a perceber a conexão e as diferentes maneiras que cada disciplina utiliza no tocante às transformações de energia. converse com o professor de Química e tente planejar uma estratégia conjunta para explorar assuntos comuns a ambas as disciplinas, entre eles a energia nas reações químicas. Pode-se ainda aproveitar o tema para trabalhar interdisciplinarmente, com o professor de Física, noções sobre a natureza física da luz.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT105**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT303**

Essa seção possibilita o desenvolvimento parcial das habilidades: **EM13CNT203**, por propor incentivar a análise de mecanismos de manutenção da vida, como a fotossíntese e transformações e transferências de energia, e **EM13CNT101**, ao sugerir a análise dos conceitos envolvidos na formação de ATP, que está relacionado com a transformação de energia luminosa em energia potencial química nas células. A *Atividade em grupo* possibilita também o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT303**, ao propor a pesquisa em sites confiáveis de informações e interpretação dos textos pesquisados, e da habilidade **EM13CNT105**, ao analisar o ciclo do carbono e o papel da fotossíntese nesse ciclo biogeoquímico.

2. Fotossíntese

O estudo da fotossíntese começa nos anos iniciais do Ensino Fundamental. No Ensino Médio pretende-se que haja maior aprofundamento dos mecanismos bioquímicos da fotossíntese. A complexidade do tema pode ser minimizada com a utilização de imagens que ilustrem as expli-

cações. O emprego de diferentes formas de apresentação do conteúdo facilita sua assimilação por maior número de estudantes.

Focalize a atenção nas substâncias e estruturas básicas das plantas que participam da fotossíntese, como a clorofila e o cloroplasto. É importante enfatizar o processo de excitação dos elétrons da clorofila pelos fôtons. Uma atividade motivadora para assuntos tão desafiadores como esses é a construção de maquetes ou modelos da estrutura do cloroplasto, o que facilita perceber as estruturas responsáveis pela captação dos fôtons, presentes no cloroplasto. Para essa atividade, pode-se utilizar argila, massa de modelar ou outro material conveniente.

Pode-se combinar com o professor de Física a retomada dos conceitos de próton, elétron, excitação eletrônica e níveis de energia. Esses conceitos são importantes para a compreensão da transferência de elétrons na cadeia transportadora de elétrons que ocorre na fotossíntese. O professor de Química também poderia participar dessas abordagens interdisciplinares.

Lembre-se de que é importante que os estudantes compreendam o papel da clorofila na captação da energia luminosa e sua transformação em energia potencial química, o mecanismo geral das transferências energéticas, que ocorrem na cadeia transportadora de elétrons, e que a síntese de ATP ocorre no processo denominado fotofosforilação.

Essa atividade complementar permite desenvolver, parcialmente, a **competência geral 4**, ao utilizar a linguagem artística para expressar informações.

Em destaque

O boxe apresenta uma possível aplicação tecnológica de uma folha orgânica criada em laboratório, que produz gás oxigênio. O tema é interessante por tratar de possíveis aplicações dessa tecnologia no futuro. Estimule a formação de uma roda de conversa, levando os estudantes a comentar suas ideias. Há informações importantes que ficaram ausentes, como, por exemplo, se os cloroplastos continuam vivos por quanto tempo na matriz de seda, que condições seriam necessárias para manter os cloroplastos funcionais, quantas plantas são necessárias para a produção de uma matriz de seda etc. Se for o caso, proponha aos estudantes que pesquisem mais informações sobre esse tema para depois compartilhar com a turma. O trabalho com o texto contribui para o desenvolvimento da **competência geral 2** ao estimular a curiosidade dos estudantes, levando-os a interagir com o projeto e a elaborar problemas e soluções.

Ao iniciar o estudo da etapa química da fotossíntese, nossa sugestão é que seja retomado com os estudantes o processo da fotólise da água, antes do estudo do ciclo das pentoses, no qual ocorre a reação de moléculas de CO_2 com íons H^+ liberados durante a fotólise. No ciclo das pentoses ocorre a fabricação de glicídios (originalmente PGAL). Uma forma de facilitar a abordagem desse conteúdo é utilizar desenhos, esquemas ou apresentações em *slide*.

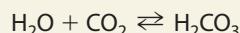
Verifique a disponibilidade de exibir o vídeo *Fotossíntese*, de Khan Academy, indicado na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*. O vídeo aborda de forma bastante didática cada uma das etapas da fotossíntese.

Aplicando conhecimentos

- 1 Alternativa A. Trifosfato de adenosina (ATP) é a única, dentre as substâncias citadas, que tem essa função.
- 2 Alternativa A. O ciclo das pentoses é um conjunto de reações químicas que ocorrem no estroma do cloroplasto, nas quais moléculas de gás carbônico combinam-se a hidrogênios fornecidos pelo NADPH, produzindo PGAL (3-fosfato gliceraldeído).
- 3 Alternativa C. A reação de quebra de moléculas de água com produção de gás oxigênio, elétrons e íons H⁺ é chamada fotólise da água.
- 4 Alternativa B. O processo denominado fotofosforilação utiliza energia dos elétrons liberados pela clorofila excitada pela luz para a produção de ATP no cloroplasto.

Atividade prática

A atividade tem por objetivo demonstrar que durante a fotossíntese há consumo de gás carbônico. O pH da solução de vermelho cresol varia de acordo com a concentração de gás carbônico (CO₂) nela dissolvido. Essa variação ocorre porque o CO₂ reage com a água (H₂O) produzindo ácido carbônico (H₂CO₃), segundo a equação química:



Dessa forma, a solução de vermelho cresol se tornará:

- I) amarela (pH ácido) em altas concentrações de CO₂;
- II) roxa (pH básico) em baixas concentrações de CO₂.

É esperado que, em algumas horas após o início do experimento, a solução dos tubos com folha expostos à luz esteja roxa (pH básico) devido à elevação do pH causada pelo consumo de CO₂ na fotossíntese; a solução dos tubos de controle correspondentes (sem folha) não deve se alterar; e a solução dos tubos com folha mantidos no escuro deve ficar amarela (pH ácido), indicando diminuição do pH, provocada pelo aumento de CO₂ devido à respiração da folha na ausência de fotossíntese. Peça aos estudantes que fotografem as diferentes etapas da experiência.

Discuta os resultados do procedimento com a turma. Certifique-se de que os estudantes recordam que as plantas respiram tanto no ambiente iluminado quanto no escuro. Porém, no ambiente iluminado, todo o CO₂ liberado na respiração é utilizado na fotossíntese. Conduza os estudantes a chegar a essas conclusões.

Se achar conveniente para o momento, aproveite a atividade para discutir sobre o equilíbrio atmosférico e as contribuições da fotossíntese e da respiração nesse processo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **Competência geral 2**

A *Atividade prática*, ao trabalhar com montagem experimental, estabelecimento de grupo-controle, observação, comparação de resultados e levantamento de hipóteses, favorece o desenvolvimento da **habilidade EM13CNT301** e da **competência geral 2**, que versa sobre a curiosidade intelectual por meio da investigação, que é um método de abordagem próprio das ciências.

3. Quimiossíntese

Embora seja um processo de obtenção de energia empregado apenas por certas bactérias e arqueas, a quimiossíntese desempenha papel importante nos ecossistemas. Diversas espécies de bactérias quimiosintetizantes do solo participam do ciclo do elemento químico nitrogênio, um importante constituinte das proteínas e dos ácidos nucleicos dos seres vivos. O ciclo do nitrogênio é abordado com mais detalhes no capítulo 7 do Livro do Estudante. Mas, se achar conveniente, proponha aos estudantes que pesquisem sobre a relevância do nitrogênio na manutenção de ecossistemas e da vida. Oriente a pesquisa com perguntas como: Onde se pode encontrar nitrogênio? Que substâncias de um ser vivo contêm nitrogênio? De que maneiras o nitrogênio participa dos ecossistemas naturais? Essas discussões favorecem o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT105**, sobre análise e interpretação de ciclos biogeoquímicos, e **EM13CNT202**, sobre as condições ambientais favoráveis à vida.

De olho na BNCC

- **EM13CNT105**
- **EM13CNT202**

Esta seção possibilita o desenvolvimento parcial das seguintes habilidades: **EM13CNT105** por propor a análise do ciclo do nitrogênio e seus efeitos para os ecossistemas; e **EM13CNT202**, por permitir a análise de diferentes formas de vida, como as bactérias quimiosintetizantes e sua importância para a manutenção de outros seres vivos.

Dialogando com o texto

A atividade propõe uma pesquisa sobre a hipótese autotrófica para a origem da vida, reforçada com a descoberta de bactérias quimioautotróficas. Oriente os estudantes em suas pesquisas e certifique-se de que eles dominam os conceitos de seres autotróficos e seres quimiolitotróficos. Se for o caso, converse com os estudantes sobre a importância da divulgação científica. Comente que os conhecimentos sobre as Ciências da Natureza estão em constante desenvolvimento e que nem sempre toda a população tem acesso às informações. Incentive-os a refletir sobre essas questões e a produzir um texto informativo para a comunidade escolar e também para os pais ou responsáveis. Tente obter ajuda do professor de Língua Portuguesa para a produção de textos informativos. Verifique a disponibilidade de divulgar os textos no jornal da escola ou em um mural.

De olho na BNCC

- EM13CNT201
- EM13CNT303
- EM13CHS103
- Competência geral 1

Essa atividade permite o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT201**, ao propor a análise e discussão de teorias sobre o surgimento e a evolução da vida; **EM13CNT303**, na interpretação das informações nos textos pesquisados sobre as bactérias quimiotróficas e a origem da vida; e **EM13CHS103**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, que trata da elaboração de hipóteses, seleção de evidências e elaboração de argumentos relativos a processos ambientais, entre outros.

A **competência geral 1**, sobre a valorização do conhecimento científico, também é parcialmente trabalhada, já que os estudantes são incentivados a pesquisar argumentos para sustentar (ou não) uma afirmação, o que exige processos de investigação, reflexão e análise, valorizando e utilizando conhecimentos construídos sobre o mundo físico.

4. Respiração aeróbica

A grande expansão das formas de vida fotossintetizantes ocorreu há mais de 2,5 bilhões de anos. converse com os estudantes sobre a hipótese de o rápido acúmulo de gás oxigênio (O_2) ter “oxidado” o planeta, causando a extinção de muitas formas de vida. O poder oxidante do O_2 , entretanto, possibilitou o surgimento de seres que executavam a respiração aeróbica, cujo mecanismo bioquímico geral é destaque do capítulo.

É importante que os estudantes percebam que a energia potencial química armazenada nas substâncias orgânicas é transferida, nas cadeias respiratórias e no ciclo do ácido cítrico, para moléculas de ATP. Comente que a energia do ATP produzido na fotossíntese é utilizada para sintetizar substâncias orgânicas no próprio processo. Já na respiração, a energia do ATP é utilizada para os processos metabólicos da vida.

O ensino da respiração aeróbica exige raciocínio abstrato e conceitos complexos. A assimilação desse conteúdo é auxiliada pela utilização de recursos de mídia, softwares ou jogos. Sugerimos a leitura do texto *Fotossíntese e respiração aeróbica: vamos quebrar a cabeça?* (ver referência completa na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*). O texto propõe o ensino da fotossíntese e da respiração aeróbica por meio de um jogo produzido pelo próprio professor, com a ajuda dos estudantes. Os autores discutem que a abordagem lúdica, além dos resultados didáticos promissores, promove o convívio entre os participantes. No arquivo *O uso de história em quadrinhos no ensino de Biologia: uma alternativa para o estudo do conteúdo de respiração celular aeróbica*, a autora propõe a utilização de histórias em quadrinhos para trabalhar a respiração aeróbica. Para a confecção da história em quadrinhos, há ferramentas *on-line* gratuitas que podem ser utilizadas em escolas.

Uma atividade que pode facilitar a assimilação do conteúdo do ciclo do ácido cítrico pelos estudantes é a construção de um esquema do ciclo em tamanho grande, em uma cartolina, por exemplo. Organize os estudantes em

grupos e distribua cartolinhas, canetas coloridas e outros materiais que julgar convenientes. Proponha a esquematização de uma mitocôndria no centro da cartolina e solicite que esquematizem o ciclo que ocorre no interior da organela.

Converse com o professor de Química sobre a possibilidade de abordagem conjunta desse tema.

Dialogando com o texto

A atividade questiona por que a privação de gás oxigênio (O_2) prejudica o metabolismo energético de um organismo aeróbico. Proponha aos estudantes a elaboração de textos sobre o assunto. Espera-se que os estudantes concluam que a ausência de O_2 , o último acceptor de elétrons da cadeia respiratória, leva à sua paralisação diminuindo ou fazendo cessar a produção de ATP, com prejuízo aos processos vitais que demandam energia. Pode ocorrer a morte do organismo privado do gás oxigênio. Essa discussão favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202** ao explorar a compreensão de como processos que ocorrem em níveis de organização moleculares resultam em efeitos no nível do organismo.

5. Fermentação

Esse item trata simplificadamente da fermentação como forma de obter energia de moléculas orgânicas. Uma atividade interessante é propor aos estudantes que comparem a fermentação e a respiração aeróbica. O importante é que eles consigam identificar que os produtos resultantes da fermentação ainda contêm uma quantidade relativamente grande de energia potencial química. Essa informação é necessária para entender o motivo pelo qual o etanol, produto da fermentação alcoólica, pode ser empregado como combustível.

Outra atividade interessante é discutir a utilização, pelo ser humano, de produtos criados a partir da fermentação, entre eles bebidas alcoólicas, pães, iogurtes e picles.

Aplicando conhecimentos

- 5 Alternativa B. Ciclo de Krebs.
- 6 Alternativa D. Glicólise.
- 7 Alternativa D. Ácido lático.

Os estudantes devem relacionar corretamente os conceitos ligados à respiração aeróbica e à fermentação.

Atividade prática

A atividade de produzir e assar seus próprios pães, com a ajuda de um responsável, incentiva os estudantes a agir com autonomia na organização dos ingredientes e procedimentos do preparo do pão.

Sugerimos a leitura do material *Oficina: os saberes do pão – uma modalidade educativa*, disponível na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*. Ele descreve e discute alguns aspectos químicos, biológicos, nutricionais e históricos da produção de pão.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **Competência geral 9**

Essa atividade possibilita o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT101**, por promover o estudo das transformações químicas que ocorrem em situações cotidianas e em processos produtivos, como na fabricação do pão.

Mobiliza também o trabalho com a **competência geral 9**, ao solicitar a ajuda do responsável para utilizar o forno, além de acolher e valorizar conhecimentos de diferentes origens, que se refletem nas receitas de pão de diversas memórias e vivências pessoais, familiares etc.

Comente com os estudantes que a humanidade está se conscientizando de que é necessário diminuir o consumo de combustíveis fósseis, tanto por se tratar de recursos não renováveis como por sua queima levar à poluição atmosférica. A maioria dos países, inclusive o Brasil, buscam alternativas sustentáveis para substituir os combustíveis fósseis. O programa brasileiro de produção de etanol combustível utiliza a fermentação do melão de cana por leveduras do gênero *Saccharomyces*. Peça aos estudantes que pesquisem informações sobre esse programa. Essas discussões favorecem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT309**, que trata das questões relativas à dependência do mundo atual dos recursos não renováveis e à necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas.

Atividade prática

A atividade permite testar algumas hipóteses sobre a fermentação, entre elas que: 1) o processo depende de um substrato

orgânico, como o açúcar; 2) o processo fermentativo é influenciado pela temperatura; 3) a fermentação depende da presença de leveduras. Peça aos estudantes que façam um esquema de sua montagem experimental e que fotografem as bexigas antes e depois do experimento.

Espera-se que as bexigas das garrafas 2, 3 e 5 demonstram aos estudantes que o açúcar, a levedura e a temperatura influenciam na produção de gás carbônico. A bexiga da garrafa 1 demonstra que é necessária a presença de açúcar; a da garrafa 4 demonstra que o banho de gelo (baixa temperatura) impede que as leveduras fermentem o açúcar, não havendo produção de gás carbônico; a bexiga da garrafa 5 demonstra que a temperatura de 35 °C a 40 °C favorece a fermentação e promove a alta produção de gás carbônico; e a da garrafa 6 demonstra que é necessária a presença da levedura para ocorrer a fermentação, pois nela não haverá produção de gás carbônico.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **Competência geral 2**

Essa atividade possibilita o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT301**, por estimular o estudante a elaborar hipóteses, previsões e estimativas e a interpretar resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões sob uma perspectiva científica. A atividade favorece também o desenvolvimento da **competência geral 2**, que trata sobre os procedimentos próprios das ciências para investigar problemas.

CAPÍTULO 3

Quantidade de matéria e mol

Metas do capítulo

- Conhecer o conceito de massa atômica.
- Compreender como são obtidas as massas atômicas dos elementos químicos que apresentam dois ou mais isótopos.
- Diferenciar os conceitos de massa atômica, massa molecular e massa fórmula.
- Perceber a relação entre quantidade de matéria e constante de Avogadro.
- Relacionar a massa molar e a quantidade de matéria por meio de cálculos.
- Saber calcular a porcentagem em massa de cada um dos elementos químicos que compõem uma substância.
- Compreender o uso de técnicas de pensamento computacional na automação de cálculos de porcentagem em massa.
- Conhecer o conceito de concentração em quantidade de matéria e realizar cálculos envolvendo essa grandeza.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Química.

Na abertura do capítulo, é comentada a dificuldade de realizar a contagem direta de átomos, moléculas ou íons. Para contextualizar o tema abordado neste capítulo, propõe-se uma questão que relaciona a quantidade de energia gasta para realizar uma atividade física, como a capoeira, e a quantidade necessária de moléculas de ATP para gerar essa energia. Sugerimos que estimule uma discussão com os estudantes sobre essa questão, verificando seus conhecimentos prévios. Ressalte que para fazer essa estimativa são necessários alguns cálculos que serão aprendidos ao longo do capítulo.

Em seguida, mostre que a contagem direta é um bom método para determinar a quantidade de objetos macroscópicos, porém é inviável para partículas submicroscópicas como moléculas, íons e átomos. Com base nessa afirmação, destaque que existem cálculos apropriados para averiguar a quantidade

dessas partículas em uma amostra. É comum que durante esses cálculos os estudantes apresentem algumas dificuldades envolvendo a conversão de unidades de medida e a aplicação das potências de dez. Por isso, ao mostrar os exemplos de cálculo presentes no Livro do Estudante, desenvolva cada um deles de maneira detalhada, mostrando o passo a passo na lousa. Outras formas de abordagem dos cálculos estequiométricos estão disponíveis no artigo: COSTA, A. A. F.; SOUZA, J. R. T. Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico. *Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 10 (19), p. 106-116, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/viewFile/2190/2483>>. Acesso em: 24 jun. 2020.

1. Massa atômica

Peça aos estudantes que observem a Figura 1 do Livro do Estudante e ressalte que o espectrômetro de massa é um aparelho que permite comparar a massa de átomos e moléculas com um padrão previamente determinado. Deixe claro qual é esse padrão ($\frac{1}{12}$ da massa do ^{12}C) e enfatize que as massas medidas pelo espectrômetro não são valores absolutos, e sim relativos.

Defina unidade de massa atômica unificada e massa atômica. É comum que os estudantes confundam a massa atômica com o número de massa (equivalente à soma dos números de prótons e nêutrons de um átomo). Por isso é importante enfatizar a diferença entre essas grandezas. A exemplificação pode ser feita com auxílio da Tabela 1 do Livro do Estudante. Comente que o valor das massas atômicas não costuma ser inteiro e peça a eles que observem a Tabela 1, que mostra valores de massas atômicas dos vinte elementos químicos que não apresentam dois ou mais isótopos de ocorrência natural.

Discuta o exemplo dado no Livro do Estudante, em que se deseja calcular a quantidade de átomos em 36 g do metal alumínio. Enfatize que não dispomos (inicialmente) da massa de um átomo em g, mas conhecemos a massa de um átomo em u e sabemos a relação entre grama (g) e a unidade de massa atômica unificada (u), que é 1 g = $6,0 \cdot 10^{23}$ u. É importante que os estudantes percebam que, com esses dados, podemos expressar a massa de um átomo de alumínio (27 u) em grama a partir de um raciocínio de proporcionalidade, como mostrado no Livro do Estudante. De posse desse valor, é simples determinar a quantidade de átomos de alumínio em 36 g. Sugerimos apresentar esse raciocínio em sala, como explicado no Item 1.

Após essa abordagem, apresente a definição de isótopo, mostrando os exemplos da Tabela 2. Explique para os estudantes que, para obter a massa atômica de um elemento químico que possui mais de um isótopo, é necessário calcular a média ponderada das massas dos seus isótopos. Resolva na lousa o exemplo do cálculo da massa atômica do boro e mostre que as massas atômicas observadas na tabela periódica são as massas obtidas a partir da média ponderada das massas dos isótopos para cada elemento. O simulador disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/isotopes-and-atomic-mass> (acesso em: 28 jul. 2020) pode ser usado para calcular a massa atômica de um elemento químico a partir da abundância dos seus isótopos na natureza.

Explique o conceito de massa molecular e mostre alguns exemplos de cálculo. Ao falar sobre o cálculo da massa de um íon, é importante destacar que a perda ou o recebimento de elétron(s) não altera significativamente a massa do átomo, já que um elétron tem massa centenas de vezes menor que um próton. Em seguida, mostre que a massa fórmula equivale à massa do conjunto de íons que aparece na fórmula da substância.

Dialogando com o texto

O *Dialogando com o texto* pede o cálculo da média ponderada das massas dos isótopos para obter as massas atômicas dos elementos químicos oxigênio (O), neônio (Ne), cloro (Cl) e bromo (Br). Essa atividade pode ser realizada em duplas, de maneira cooperativa. Como abrange cálculos contendo números decimais, o trabalho em conjunto pode auxiliar os estudantes na sua concretização.

Oriente os estudantes a usar calculadora e a realizar as operações utilizando as abundâncias isotópicas com todos os algarismos fornecidos e as massas atômicas dos isótopos com ao menos uma casa decimal. Solicite, também, que expressem o resultado final com uma casa decimal para realizar a comparação com os valores da tabela periódica que está no final do Livro do Estudante.

A seguir estão mostrados os cálculos que deverão ser realizados pelos estudantes.

Oxigênio:

$$\frac{99,76 \cdot 16,0 \text{ u} + 0,04 \cdot 17,0 \text{ u} + 0,20 \cdot 18,0 \text{ u}}{100} = \frac{1.596,16 \text{ u} + 0,68 \text{ u} + 3,6 \text{ u}}{100} = \frac{1.600,44 \text{ u}}{100} = 16,0 \text{ u}$$

Neônio:

$$\frac{90,48 \cdot 20,0 \text{ u} + 0,27 \cdot 21,0 \text{ u} + 9,25 \cdot 22,0 \text{ u}}{100} = \frac{1.809,6 \text{ u} + 5,67 \text{ u} + 203,5 \text{ u}}{100} = \frac{2.018,77 \text{ u}}{100} = 20,2 \text{ u}$$

Cloro:

$$\frac{75,8 \cdot 35,0 \text{ u} + 24,2 \cdot 37,0 \text{ u}}{100} = \frac{2.653,0 \text{ u} + 895,4 \text{ u}}{100} = \frac{3.548,4 \text{ u}}{100} = 35,5 \text{ u}$$

Bromo:

$$\frac{50,7 \cdot 78,9 \text{ u} + 49,3 \cdot 80,9 \text{ u}}{100} = \frac{4.000,23 \text{ u} + 3.988,37 \text{ u}}{100} = \frac{7.988,60 \text{ u}}{100} = 79,9 \text{ u}$$

Desta forma, os estudantes concluirão que os valores de massa atômica obtidos são iguais àqueles apresentados na tabela periódica.

De olho na BNCC• **EM13CNT301**

Os encaminhamentos do Item 1 e do *Dialogando com o texto* possibilitam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** da BNCC, pois permitem interpretar modelos explicativos para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Aplicando conhecimentos

- 1** Considerando a massa atômica do enxofre (S) e a do oxigênio (O), obtidas na tabela periódica, temos que:

$$\frac{\text{massa atômica do S}}{\text{massa atômica do O}} = \frac{32 \text{ u}}{16 \text{ u}} = 2$$

Assim, a massa de um átomo de enxofre é duas vezes maior que a de um átomo de oxigênio.

- 2** Considerando a massa atômica do urânio (U) e do silício (Si), obtidas na tabela periódica, temos que:

$$\frac{\text{massa atômica do U}}{\text{massa atômica do Si}} = \frac{238 \text{ u}}{28 \text{ u}} = 8,5$$

Assim, a massa de um átomo de urânio (U) é aproximadamente 8,5 vezes a de um átomo de silício (Si). Consequentemente, a massa de um átomo de silício é cerca de 8,5 vezes menor que a de um átomo de urânio (U).

- 3** Cálculo da massa molecular da glicose ($C_6H_{12}O_6$):

$$6 \cdot 12 \text{ u} + 12 \cdot 1 \text{ u} + 6 \cdot 16 \text{ u} = 180 \text{ u}$$

Cálculo da massa molecular da água (H_2O):

$$2 \cdot 1 \text{ u} + 1 \cdot 16 \text{ u} = 18 \text{ u}$$

Portanto, uma molécula de glicose tem massa equivalente à de 10 moléculas de água.

- 4** A seguir estão mostrados os cálculos para obter as massas das moléculas listadas.

$$CO_2: 1 \cdot 12 \text{ u} + 2 \cdot 16 \text{ u} = 44 \text{ u}$$

$$NH_3: 1 \cdot 14 \text{ u} + 3 \cdot 1 \text{ u} = 17 \text{ u}$$

$$C_2H_6: 2 \cdot 12 \text{ u} + 6 \cdot 1 \text{ u} = 30 \text{ u}$$

$$SiH_4: 1 \cdot 28 \text{ u} + 4 \cdot 1 \text{ u} = 32 \text{ u}$$

$$COCl_2: 1 \cdot 12 \text{ u} + 1 \cdot 16 \text{ u} + 2 \cdot 35,5 \text{ u} = 99 \text{ u}$$

Assim, entre as moléculas apresentadas, a de fosgênio ($COCl_2$) apresenta a maior massa.

- 5** A seguir estão indicados os cálculos para obter as massas dos íons listados.

$$NO_3^-: 1 \cdot 14 \text{ u} + 3 \cdot 16 \text{ u} = 62 \text{ u}$$

$$SO_4^{2-}: 1 \cdot 32 \text{ u} + 4 \cdot 16 \text{ u} = 96 \text{ u}$$

$$PO_4^{3-}: 1 \cdot 31 \text{ u} + 4 \cdot 16 \text{ u} = 95 \text{ u}$$

$$IO^-: 1 \cdot 127 \text{ u} + 1 \cdot 16 \text{ u} = 143 \text{ u}$$

$$NH_4^+: 1 \cdot 14 \text{ u} + 4 \cdot 1 \text{ u} = 18 \text{ u}$$

Assim, o íon amônio (NH_4^+) apresenta a menor massa.

2. Mol e constante de Avogadro

Ao iniciar a abordagem deste item, são propostos dois cálculos: o número de átomos de alumínio contidos em 27 g desse metal e o número de moléculas presentes em 44 g de gás carbônico. Chame a atenção dos estudantes para a primeira proporção esquematizada no cálculo do número de átomos de alumínio. Ressalte que não é possível obter um resultado a partir dessa proporção. Isso acontece porque as massas estão indicadas em unidades de medidas diferentes. Em qualquer cálculo proporcional, as variáveis que se referem a uma mesma grandeza devem ter a mesma unidade de medida.

Relembre aos estudantes um aspecto matemático que será de grande utilidade no estudo deste volume. Para calcular o valor de uma incógnita em um raciocínio de proporcionalidade (expresso como uma regra de três), usamos uma propriedade fundamental das proporções (comentada a seguir) e resolvemos uma equação de primeiro grau.

Para facilitar o entendimento, você pode, inicialmente, relembrar aos estudantes a ideia de proporção empregando exemplos completamente numéricos. Por exemplo, dizer que “2 está para 5 assim como 4 está para 10”, é equivalente a dizer que 2 dividido por 5 dá o mesmo resultado numérico que 4 dividido por 10:

$$\frac{2}{5} = \frac{4}{10} = 0,2$$

A equivalência da fração *dois quintos* com a fração *quatro décimos* também pode ser evidenciada pelo fato de que, na segunda, o numerador (4) e o denominador (10) são, respectivamente, o dobro do numerador (2) e do denominador (5) da primeira.

Uma propriedade matemática de duas frações equivalentes é que os produtos do numerador de uma pelo denominador da outra dão um mesmo resultado (propriedade às vezes enunciada como *o produto dos extremos é igual ao produto dos meios*). Mostre aos estudantes que:

$$\frac{2}{5} = \frac{4}{10} \Rightarrow 2 \cdot 10 = 4 \cdot 5$$

Uma maneira de representar uma proporcionalidade como “2 está para 5 assim como 4 está para 10”, comum na resolução de problemas, é a seguinte:

$$\begin{array}{c} 2 \quad \text{---} \quad 5 \\ \text{---} \quad 4 \quad \text{---} \quad 10 \end{array} \quad \}$$

Essa representação implica que o produto de 2 por 10 é igual ao produto de 4 por 5, ou seja:

$$\begin{array}{c} 2 \quad \text{---} \quad 5 \\ \text{---} \quad 4 \quad \text{---} \quad 10 \end{array} \quad \Rightarrow \quad 2 \cdot 10 = 4 \cdot 5$$

Nessa representação, as linhas tracejadas coloridas indicam a operação multiplicativa que implica igualdade.

Agora, peça aos estudantes para imaginarem que, na proporção apresentada, o valor 10 fosse desconhecido, configurando-se como a incógnita x de uma situação-problema. Como determinar o valor dessa incógnita? Espera-se que, com seu auxílio, os estudantes percebam que um encaminhamento possível é o seguinte. Primeiramente, indicamos a multiplicação, chegando a uma equação do primeiro grau:

$$\begin{array}{c} 2 \quad \text{---} \quad 5 \\ \text{---} \quad 4 \quad \text{---} \quad x \end{array} \quad \Rightarrow \quad 2 \cdot x = 4 \cdot 5$$

Para resolver a equação em questão, $2 \cdot x = 4 \cdot 5$, podemos dividir os dois membros da igualdade por 2, o que conduz a:

$$2 \cdot x = 4 \cdot 5 \Rightarrow x = \frac{4 \cdot 5}{2} \Rightarrow x = 10$$

Feito isso, você pode prosseguir com o desenvolvimento do item 2 do capítulo. Após expressar 27 u em grama, chega-se à seguinte proporcionalidade (regra de três):

| Massa | Número de átomos |
|--|------------------|
| $27 \cdot \frac{1}{6,0 \cdot 10^{23}} \text{ g}$ | $\frac{1}{x}$ |

Efetuando-se o produto indicado pelas linhas tracejadas, chega-se à equação:

$$x \cdot 27 \cdot \frac{1}{6,0 \cdot 10^{23}} \text{ g} = 27 \text{ g}$$

Dividindo os dois membros por 27 e também pela unidade grama (g), vem:

$$x \cdot \frac{1}{6,0 \cdot 10^{23}} = 1$$

Finalmente, multiplicando os dois membros por $6,0 \cdot 10^{23}$, chegamos a:

$$x = 6,0 \cdot 10^{23}$$

Então, há $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos em 27 g de alumínio.

Um desenvolvimento similar pode ser feito para a outra pergunta proposta, chegando-se à conclusão de que, em 44 g de dióxido de carbono, existem $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas. A partir disso, comente com os estudantes as generalizações feitas no item, podendo apresentar mais estes exemplos:

- A massa de um único átomo de magnésio (Mg) é 24,3 u e, portanto, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de magnésio, ou **1 mol de átomos** de magnésio, é 24,3 g.
- A massa de uma única molécula de amônia (NH_3) é 17 u e, então, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas de amônia, ou **1 mol de moléculas** de amônia, é 17 g.
- A massa de um único íon cálcio (Ca^{2+}) é 40,1 u e, consequentemente, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ íons cálcio, ou **1 mol de íons** cálcio, é 40,1 g.

Ao trabalhar em sala de aula os exemplos apresentados no Livro do Estudante, comente que a constante de Avogadro ($6,022140858 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) costuma ser expressa, em cálculos realizados no Ensino Médio, com dois algarismos significativos da seguinte maneira: $6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

É possível que os estudantes apresentem dificuldade em desenvolver cálculos com potências de dez. Caso considere válido, realize uma atividade juntamente com o professor de Matemática para abordar o uso da notação científica em diferentes tipos de cálculos, incluindo os referentes à grandeza quantidade de matéria.

Ao mencionar o conceito de *mol* pela primeira vez, é importante certificar-se de que os estudantes compreenderam que a constante de Avogadro fornece o número de entidades (átomos, moléculas, íons etc.) presentes em 1 mol. Daí a relevância de apresentar diversos exemplos da massa de 1 mol de diferentes espécies químicas, como alguns elementos químicos e substâncias químicas conhecidas.

Dialogando com o texto

O objetivo desta atividade é que os estudantes percebam a regularidade ao substituir a unidade de massa atômica unificada (u) por grama (g). Ao manter o numeral e realizar essa alteração, passamos a trabalhar não mais para representar a

massa de um átomo, de uma molécula ou de um íon, mas de **1 mol** de átomos, moléculas ou íons. A seguir estão descritas as respostas esperadas dos estudantes.

1. $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de ouro (Au); 1 mol de átomos.
2. $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas de água (H_2O); 1 mol de moléculas.
3. $6,0 \cdot 10^{23}$ íons sulfato (SO_4^{2-}); 1 mol de íons.

Dialogando com o texto

Este boxe tem o objetivo de facilitar a compreensão da unidade da constante de Avogadro: mol⁻¹. Caso os estudantes apresentem dificuldade em compreender o expoente negativo em uma unidade de medida, forneça exemplos de potências com números, para que eles se lembrem, por exemplo, que $\frac{1}{2}$ pode ser escrito como 2^{-1} . Da mesma maneira, quando uma unidade está no denominador de uma fração, podemos escrevê-la sem representar a fração, utilizando o expoente negativo.

Caso considere válido, use como exemplo a unidade de velocidade m/s. Explique para os estudantes que, usando o raciocínio exposto, podemos escrevê-la como m · s⁻¹. A velocidade 5 m/s, por exemplo, é lida como cinco metros **por** segundo. No caso de mol⁻¹, lê-se de forma similar. Assim, a constante de Avogadro, $6,0 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹, é lida como $6,0 \cdot 10^{23}$ **por** mol, subentendendo-se que significa $6,0 \cdot 10^{23}$ partículas (átomos, moléculas, íons ou outras entidades) **por** mol.

3. Massa molar e quantidade de matéria

Ao desenvolver o conteúdo abordado neste item, sugerimos que apresente a definição de massa molar, mostrando os exemplos que constam do Livro do Estudante. Assim, os estudantes poderão perceber em quais contextos ela será usada. Ressalte que os valores das massas atômicas estão na tabela periódica e podem ser consultados sempre que for necessário.

Reproduza na lousa o exemplo do cálculo de quantidade de matéria em amostras de mesma massa (414 g) das substâncias água e etanol. Siga as orientações dadas para resolver os cálculos de proporcionalidade que foram mencionadas no encaminhamento do Item 2. Ao interpretar os resultados e mostrar que a quantidade de matéria é maior na amostra de água do que na de etanol (considerando amostras de mesma massa dessas substâncias), ressalte que a quantidade de matéria (*n*) é inversamente proporcional à massa molar (*M*). Isso pode ser verificado na expressão matemática que permite calcular a quantidade de matéria a partir da massa da amostra (*m*) e da massa molar.

Atividade em grupo

Uma das maneiras de obter a ordem decrescente do número de átomos é estipulando uma base de cálculo de 100 g (como massa total de uma amostra), uma vez que os dados representam a porcentagem em massa. Nessa amostra, há 65 g do elemento químico oxigênio (O), 18 g do elemento químico carbono (C), 10 g do elemento químico hidrogênio (H)

e 3 g do elemento químico nitrogênio (N). Dividindo a massa de cada um desses elementos químicos pela massa molar do respectivo elemento, obtemos a quantidade em mol de átomos de cada um na amostra de 100 g:

$$\text{Oxigênio: } n = \frac{65 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4,1 \text{ mol}$$

$$\text{Carbono: } n = \frac{18 \text{ g}}{12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,5 \text{ mol}$$

$$\text{Hidrogênio: } n = \frac{10 \text{ g}}{1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 10 \text{ mol}$$

$$\text{Nitrogênio: } n = \frac{3 \text{ g}}{14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,2 \text{ mol}$$

Como o número de átomos é diretamente proporcional à quantidade em mol de átomos, podemos usar os valores calculados acima. Portanto, a ordem decrescente em número de átomos será hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio.

Após a exposição do raciocínio pelos estudantes, como sugerido na atividade, comente os resultados. Pergunte a eles por que o hidrogênio é o elemento com maior número de átomos, se ele era apenas o terceiro em massa. Espera-se que os estudantes percebam que isso se deve ao fato de as massas molares dos elementos serem diferentes. O número de átomos de um elemento não é definido apenas pela massa de sua amostra, mas pela razão entre ela e a massa molar, que fornece a quantidade em mol.

De olho na BNCC

• EM13CNT301

A Atividade em grupo possibilita o desenvolvimento das habilidades da BNCC: **EM13CNT301**, ao estimular os estudantes a elaborar estimativas e interpretar modelos explicativos para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema; e **EM13CNT302**, pois permite que eles comuniquem resultados de análises, participando de debates em torno de temas científicos.

• EM13CNT302

Dialogando com o texto

As informações no *Dialogando com o texto* visam esclarecer uma confusão comum causada pelo fato de a unidade mol ser simbolizada da mesma maneira que seu nome, ao contrário de outras unidades de medida. Mostre para os estudantes que flexionamos para o plural o nome das unidades apenas ao escrevê-las por extenso (como acontece, por exemplo, em um texto), mas nunca flexionamos a representação da unidade. Assim, no caso da unidade da grandeza quantidade de matéria, que é o mol, não se deve flexioná-la ao exibir o resultado de um cálculo.

Aplicando conhecimentos

- 6 Para calcular quantos átomos há em um cristal de 56 mg de silício (Si), o que equivale a $56 \cdot 10^{-3}$ g, vamos utilizar a massa molar do silício, obtida por consulta à tabela periódica: M(Si) = 28 g/mol.

$$\begin{array}{l} \text{massa de} \\ \text{silício} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{número de} \\ \text{átomos} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 28 \text{ g} \\ 56 \cdot 10^{-3} \text{ g} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{23} \\ \longrightarrow x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 1,2 \cdot 10^{21}$$

Assim, existem $1,2 \cdot 10^{21}$ átomos de silício no cristal mencionado.

- 7** Para calcular o número de átomos de germânio (Ge), temos que $73 \text{ mg} = 73 \cdot 10^{-3} \text{ g}$ e $M(\text{Ge}) = 73 \text{ g/mol}$.

$$\begin{array}{l} \text{massa de} \\ \text{germânio} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{número de} \\ \text{átomos} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 73 \text{ g} \\ 73 \cdot 10^{-3} \text{ g} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{23} \\ \longrightarrow x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 6,0 \cdot 10^{20}$$

Então, no cristal existem $6,0 \cdot 10^{20}$ átomos de germânio. Como, para cada bilhão ($1 \cdot 10^9$) de átomos de germânio, há um átomo dopante, temos:

$$\begin{array}{l} \text{átomos de} \\ \text{germânio} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{átomos} \\ \text{dopantes} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \cdot 10^9 \\ 6,0 \cdot 10^{20} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 1 \\ \longrightarrow y \end{array} \right\} \Rightarrow x = 6,0 \cdot 10^{11}$$

Assim, estimamos a presença de $6,0 \cdot 10^{11}$ átomos (600 bilhões de átomos) de impureza em um cristal de apenas 73 mg e com o elevado grau de pureza (um átomo de impureza para cada bilhão de átomos de germânio).

- 8** Para calcular a quantidade de acetileno (C_2H_2), em mols, temos que $13 \text{ kg} = 13 \cdot 10^3 \text{ g}$ e que a massa molar do acetileno é $M = 26 \text{ g/mol}$.

$$\begin{array}{l} \text{massa de} \\ \text{acetileno} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 26 \text{ g} \\ 13 \cdot 10^3 \text{ g} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 1,0 \text{ mol} \\ \longrightarrow n \end{array} \right\} \Rightarrow n = 500 \text{ mol}$$

Então, o serrageiro comprou 500 mol de moléculas de acetileno. Esse valor também pode ser determinado por meio da relação:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{13 \cdot 10^3 \text{ g}}{26 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 500 \text{ mol}$$

O cálculo do número de moléculas é:

$$\begin{array}{l} \text{quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{número de} \\ \text{moléculas} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ mol} \\ 500 \text{ mol} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{23} \\ \longrightarrow x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 3,0 \cdot 10^{26}$$

Há $3,0 \cdot 10^{26}$ moléculas em 500 mol de acetileno.

- 9** A partir da tabela periódica, temos:

$$M(\text{Au}) = 197 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Ag}) = 108 \text{ g/mol}$$

Cálculo do número de átomos de ouro (Au):

$$\begin{array}{l} \text{massa de} \\ \text{ouro} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{número} \\ \text{de átomos} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 197 \text{ g} \\ 19,7 \text{ g} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{23} \\ \longrightarrow x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 6,0 \cdot 10^{22}$$

Cálculo da massa de prata (Ag):

$$\begin{array}{l} \text{massa de} \\ \text{prata} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{número} \\ \text{de átomos} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 108 \text{ g} \\ y \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{23} \\ \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{22} \end{array} \right\} \Rightarrow y = 10,8 \text{ g}$$

Assim, 10,8 g do metal prata contém o mesmo número de átomos que existe em 19,7 g de ouro.

- 10** Cálculo do número de moléculas de dióxido de carbono (CO_2) no extintor de incêndio mencionado:

$$6 \text{ kg} = 6 \cdot 10^3 \text{ g}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$$

$$\begin{array}{l} \text{massa} \\ \text{de CO}_2 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{número de} \\ \text{moléculas} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 44 \text{ g} \\ 6 \cdot 10^3 \text{ g} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{23} \\ \longrightarrow x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 8,2 \cdot 10^{25}$$

Cálculo do número de moléculas de água (H_2O) no garrafão de bebedouro mencionado:

$$5 \text{ kg} = 5 \cdot 10^3 \text{ g}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

$$\begin{array}{l} \text{massa} \\ \text{de H}_2\text{O} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{número de} \\ \text{moléculas} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 18 \text{ g} \\ 5 \cdot 10^3 \text{ g} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{23} \\ \longrightarrow x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 1,7 \cdot 10^{26}$$

Portanto, o número de moléculas de H_2O é maior do que o número de moléculas de CO_2 .

- 11** a) $\begin{array}{l} \text{massa} \\ \text{de ar} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array}$

$$\left. \begin{array}{l} 29 \text{ g} \\ 5,1 \cdot 10^{21} \text{ g} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 1 \text{ mol} \\ \longrightarrow x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 1,8 \cdot 10^{20} \text{ mol}$$

b) $\frac{0,01}{100} \cdot 1,8 \cdot 10^{20} \text{ mol} = 1,8 \cdot 10^{16} \text{ mol}$

c) $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$

$$\begin{array}{l} \text{quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{massa} \\ \text{de CO}_2 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ mol} \\ 1,8 \cdot 10^{16} \text{ mol} \end{array} \right| \begin{array}{l} \longrightarrow 44 \text{ g} \\ \longrightarrow y \end{array} \right\} \Rightarrow y = 7,9 \cdot 10^{17} \text{ g}$$

Como uma tonelada corresponde a um milhão de gramas ($1 \text{ t} = 10^6 \text{ g}$), esse resultado equivale a:

$$y = 7,9 \cdot 10^{11} \text{ t}$$

Assim, a massa de $\text{CO}_2(\text{g})$ produzida pela humanidade desde a Revolução Industrial que permaneceu na atmosfera é de 790 bilhões de toneladas. Muito mais do que isso foi produzido, mas teve outros destinos, por exemplo, absorção pelos oceanos ou se transformou em biomassa por meio da fotossíntese.

- d) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes associem o aumento da concentração atmosférica de CO_2 com atividades que envolvem queimadas e o uso de combustíveis fósseis como fonte de energia, e proponham ações que promovam a sua substituição por alternativas menos poluentes (energia solar ou eólica, por exemplo). Espera-se também que falem sobre a

necessidade de campanhas educativas da população a respeito desse problema, com argumentos pertinentes, sugerindo a veiculação dessas campanhas conjuntamente por meio de rádio, tevê e redes sociais, com postagem de vídeos e de textos para blogs e jornais, por exemplo.

- 12** Uma das maneiras de obter a ordem decrescente do número de átomos é considerar a massa de cada elemento químico em uma amostra de 100 g. Dividindo essa massa pela massa molar do elemento químico, obtemos a quantidade em mol do elemento nessa amostra:

$$\text{Oxigênio (O):} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{50 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 3,1 \text{ mol}$$

$$\text{Silício (Si):} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{26 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0,93 \text{ mol}$$

$$\text{Alumínio (Al): } n = \frac{m}{M} = \frac{7,5 \text{ g}}{27 \text{ g/mol}} = 0,28 \text{ mol}$$

$$\text{Ferro (Fe):} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{4,7 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} = 0,084 \text{ mol}$$

$$\text{Cálcio (Ca):} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{3,4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0,085 \text{ mol}$$

$$\text{Sódio (Na):} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{2,6 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 0,11 \text{ mol}$$

$$\text{Potássio (K):} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{2,4 \text{ g}}{39 \text{ g/mol}} = 0,062 \text{ mol}$$

$$\text{Magnésio (Mg): } n = \frac{m}{M} = \frac{1,9 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0,079 \text{ mol}$$

$$\text{Hidrogênio (H): } n = \frac{m}{M} = \frac{0,90 \text{ g}}{1,0 \text{ g/mol}} = 0,90 \text{ mol}$$

$$\text{Titânio (Ti):} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{0,6 \text{ g}}{48 \text{ g/mol}} = 0,01 \text{ mol}$$

Como o número de átomos é diretamente proporcional à quantidade em mol, podemos usar os valores calculados acima para estabelecer a sequência solicitada. A ordem decrescente em número de átomos será oxigênio, silício, hidrogênio, alumínio, sódio, cálcio, ferro, magnésio, potássio e titânio.

- $$m = 5.93 \cdot 10^4 \text{ g} = 59.3 \text{ kg}$$

b) Não é possível, pois seria necessário que aproximadamente 85% do seu corpo fosse composto por moléculas de ATP (isso porque 59,3 kg representam 84,7% de 70 kg).

$$\text{c) } n = \frac{m}{M} = \frac{50 \text{ g}}{507 \text{ g/mol}} = 0,099 \text{ mol} \approx 0,1 \text{ mol}$$

d) Não há contradição porque o ATP é sintetizado a partir do ADP, que é produzido na hidrólise do próprio ATP. Se o corpo humano possui cerca de 0,099 mol de ATP, e durante um dia neces-

sita de 117 mol, ele será reciclado por volta de 1.182 vezes. (Esse valor foi obtido da divisão de 117 mol por 0,099 mol. Se os estudantes aproximaram a quantidade de matéria de ATP para 0,1 mol, o que não é incorreto visto se tratar de uma estimativa, a divisão de 117 mol por 0,1 mol resultará 1.170 como número de vezes que uma molécula de ADP é convertida em ATP – e vice-versa – diariamente.)

- 14** a) O prefixo multiplicador mega (M) indica 10^6 .

$$513 \text{ Mt} = 513 \cdot 10^6 \text{ t} = 513 \cdot 10^{12} \text{ g (arroz produzido)}$$

$$20 \text{ mg} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ g} \text{ (cada grão de arroz)}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{massa} & & \text{grãos de arroz} \\ 20 \cdot 10^{-3} \text{ g} & \text{---} & 1 \\ 513 \cdot 10^{12} \text{ g} & \text{---} & x \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = 2,6 \cdot 10^{16}$$

Essa é a estimativa do número de grãos de arroz produzidos naquele ano. A quantidade em mols é:

$$\begin{array}{l} \text{quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{número} \\ \text{de grãos} \end{array}$$

1 mol $\frac{\longrightarrow}{v}$ $6,0 \cdot 10^{23}$
 y $\frac{\longrightarrow}{v}$ $2,6 \cdot 10^{16}$

$\Rightarrow y = 4,3 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$

b) tempo quantidade
 $1 \text{ ano} = 4,3 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$
 $t = 1 \text{ mol}$

Seriam necessários 23 milhões de anos para produzir um mol de grãos de arroz. Isso vai ao encontro da afirmação do enunciado de que a unidade mol não é útil para expressar quantidade de objetos macroscópicos, por menores que sejam.

De olho na BNCC

- EM13CNT105
 - EM13CNT203
 - EM13CNT302

A atividade 9 do *Aplicando conhecimentos* possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT105**, pois permite compreender aspectos quantitativos referentes ao ciclo do carbono e perceber a interferência humana sobre esse ciclo, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida; **EM13CNT203**, já que possibilita avaliar intervenções nos ecossistemas, com base nos ciclos da matéria; e **EM13CNT302**, pois permite comunicar resultados de análises, elaborando e/ou interpretando textos, de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos.

4. Porcentagem em massa de um elemento

Peça aos estudantes que observem as fórmulas da ureia na Figura 2. Descreva a composição da molécula como foi feito no Livro do Estudante e monte uma tabela na lousa com as quantidades de átomos de cada elemento químico. Ao dobrar essa quantidade, preencha uma nova linha da tabela. Use outros exemplos além dos apresentados no livro, multiplicando por 10, 100, 1.000 e outros valores que os

estudantes consigam calcular mentalmente, a fim de manter o processo dinâmico. Procure utilizar potências de dez, quando necessário, e conclua a tabela com o valor $6,0 \cdot 10^{23}$.

Explique que, como $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos equivalem a 1 mol de átomos, pode-se dizer que em 1 mol de moléculas de ureia há 1 mol de átomos de carbono, 4 mol de átomos de hidrogênio, 2 mol de átomos de nitrogênio e 1 mol de átomos de oxigênio. Peça aos estudantes que pesquisem na tabela periódica a massa atômica desses quatro elementos e calculem a sua massa molar, utilizando-as, a seguir, para determinar as massas das quantidades em mol mencionadas. Com isso, eles podem concluir aquilo que está esquematizado no Item 4: em 60 g de ureia existem 12 g do elemento químico carbono, 4 g do elemento químico hidrogênio, 28 g do elemento químico nitrogênio e 16 g do elemento químico oxigênio.

Apresente a situação-problema proposta, em que um químico encarregado de formular um fertilizante deve escolher o composto com maior porcentagem de nitrogênio considerando a ureia e o nitrato de amônio. Para fazer o cálculo dessas porcentagens, serão usadas regras de três. Lembre-se de seguir as recomendações feitas no Item 2 para executar esse tipo de cálculo. Resolva as regras de três com eles e conclua, com base nos resultados, que a porcentagem em massa do elemento químico nitrogênio é maior na ureia do que no nitrato de amônio.

De olho na BNCC

• EM13CNT101

Esse Item 4 possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** da BNCC, pois permite analisar e representar as conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria (no caso, entender e operar com a composição de substâncias, expressa em porcentagem em massa) para realizar previsões referentes a situações cotidianas ou processos produtivos.

Dialogando com o texto

O pensamento computacional é um processo cognitivo que envolve o raciocínio lógico e proporciona habilidades de analisar, fazer generalizações, identificar padrões, representar conceitos abstratos (relevando elementos menos importantes em prol da priorização daqueles de fato relevantes na modelagem de um problema e da busca de uma solução) e desmembrar situações-problema em problemas menores, mais simples de resolver individualmente para que, depois, sejam integrados. O desenvolvimento das habilidades de pensamento computacional permite que os estudantes usem essas ferramentas em todo o conteúdo escolar e na vida em geral. Recomendamos que o docente leia o texto sobre pensamento computacional na primeira parte deste Suplemento do Professor.

O pensamento computacional inclui o raciocínio algorítmico, por meio do qual são definidas as etapas de resolução, incluindo a explicitação de etapas a serem seguidas. Um **algoritmo** é uma sequência de etapas que constituem o procedimento para resolver determinado problema. Veja, como exemplo, um algoritmo para calcular a massa molar de uma substância:

- Identifique os elementos químicos que constituem a substância.
- Encontre os valores das massas atômicas (em u) de cada um desses elementos químicos na tabela periódica e, com base nelas, conclua qual é a massa molar (em g/mol) de cada um deles.
- Multiplique a massa molar do primeiro elemento da fórmula pela quantidade de átomos presentes na substância.
- Repita a etapa 3 para os demais elementos químicos.
- Some todos os valores obtidos nos itens 3 e 4. O valor obtido é a massa molar da substância, em g/mol.

Quando for conveniente, um algoritmo pode ser expresso por meio de um **fluxograma**, uma representação gráfica do fluxo a ser seguido na realização das etapas do algoritmo, ou seja, da ordem de realização dessas etapas.

Essa atividade do *Dialogando com o texto* apresenta aos estudantes um algoritmo expresso por meio de um fluxograma e pede, no Item 1, que os estudantes identifiquem os erros de lógica e reescrevam o fluxograma corrigindo esses erros.

O fluxograma corrigido é mostrado abaixo, com números indicativos referentes à interpretação do algoritmo, feita a seguir.

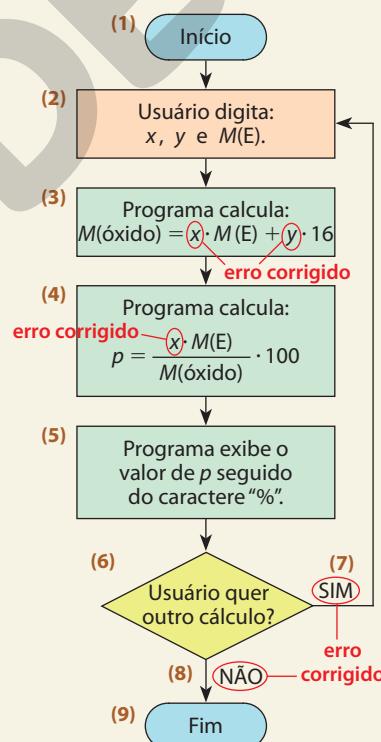


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

- Início da execução das instruções do algoritmo.
- Esse bloco bege indica uma ação na qual o usuário insere dados no computador, que serão necessários ao cálculo. (Os detalhes de como essa inserção é feita não são relevantes para o pensamento computacional envolvido na atividade. Eles dizem respeito ao estudo

da linguagem de programação e da interface usada no programa.) No caso, o computador receberá três dados:

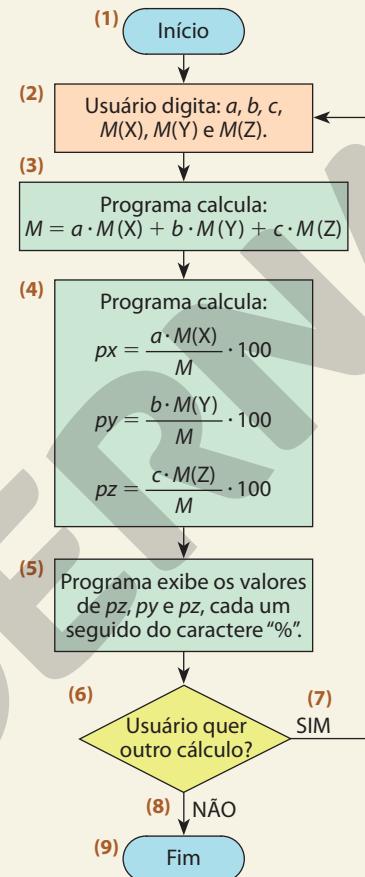
- um dado é o índice do elemento químico E na fórmula do óxido (E_xO_y), que será alocado (guardado) na memória como a variável representada por x ;
- outro dado é o índice do elemento químico oxigênio na fórmula do óxido (E_xO_y), que será alocado na memória como a variável representada por y ;
- o terceiro dado é a massa molar do elemento E, que será alocada na memória como a variável representada por $M(E)$.

3. Nos blocos verdes, há ações realizadas pelo computador. Em (3), o computador calcula a massa molar do óxido e armazena o resultado na memória como uma variável $M(\text{óxido})$. O **primeiro erro** estava nesse quadro: x e y estavam trocados na fórmula para calcular a massa molar do óxido. Imagine que o óxido seja SO_2 . Nesse caso, $x = 1$, $y = 2$, $M(E) = 32$ e a massa molar é calculada por $M(\text{óxido}) = 1 \cdot 32 + 2 \cdot 16$, o que resulta 64. (Os cálculos são realizados pelo computador com números, sem unidades. A interpretação é 64 g/mol.)
4. O programa calcula a porcentagem em massa de E e armazena o resultado na variável p . Primeiro, divide a massa desse elemento químico presente em 1 mol de óxido ($x \cdot M(E)$) pela massa molar do composto ($M(\text{óxido})$). O resultado é uma fração entre 0 e 1, que o computador multiplica por 100, obtendo o resultado desejado. Por exemplo, no caso do SO_2 , a divisão é 32/64 que, multiplicada por 100, resulta 50. O **segundo erro** estava em (4): havia um y onde deveria haver um x .
5. O valor de p é exibido seguido do caractere "%". No caso do SO_2 , será exibido 50%.
6. O losango amarelo indica um bloco de decisão, no qual o fluxo (a sequência de instruções a serem executadas) se bifurca, e o caminho a ser percorrido depende da resposta à pergunta que aparece no bloco. No caso, o usuário responderá se quer outro cálculo. Se a resposta for SIM, o fluxo segue pelo caminho (7). Caso a resposta seja NÃO, o fluxo segue pelo caminho (8). O **terceiro erro** do algoritmo estava nessa tomada de decisão: SIM e NÃO estavam trocados de lugar entre si.
7. Se o usuário quer outro cálculo, a sequência de blocos (2) a (5) é realizada e uma nova decisão (6) será tomada. A cada novo cálculo, o computador armazena novos valores nos locais da memória alocados (reservados) às variáveis x , y , $M(E)$, $M(\text{óxido})$ e p .
8. Quando, ao ser indagado se deseja outro cálculo, o usuário responder que NÃO, o programa deixará de repetir o bloco (2) a (6).
9. Termina a execução do conjunto de instruções expressas no algoritmo.

Outros exemplos de saída fornecidos por esse algoritmo são CO_2 : 27,27%; SO_3 : 40,0%; Fe_2O_3 : 69,92%; Fe_3O_4 : 72,34%. Pode ser conveniente realizar, com os

estudantes, os cálculos para cada um desses exemplos (seguindo o algoritmo), pois, em pensamento computacional, a análise de casos particulares ajuda a compreender generalizações.

A atividade também solicita aos estudantes que criem outro fluxograma, mais abrangente, que possibilite calcular a porcentagem em massa de três elementos em um composto de fórmula $X_aY_bZ_c$. Uma resposta possível é dada a seguir.



Os números indicativos têm significados análogos aos discutidos anteriormente e as variáveis envolvidas são:

- a , b , c : índices, respectivamente, dos elementos químicos X, Y e Z na fórmula do composto $X_aY_bZ_c$.
- $M(X)$, $M(Y)$, $M(Z)$: massas molares (em g/mol), respectivamente, dos elementos químicos X, Y e Z.
- M : massa molar (em g/mol), do composto $X_aY_bZ_c$.
- px , py , pz : porcentagem em massa, respectivamente, dos elementos químicos X, Y e Z no composto $X_aY_bZ_c$.

De olho na BNCC

• EM13CNT308

O raciocínio algorítmico, que abrange diversas habilidades ligadas ao pensamento computacional, viabiliza definir as etapas para resolver uma situação-problema e a sequência em que serão realizadas, bem como explicitar as rotinas que devem ser repetidas, estando intrinsecamente relacionado à ideia de automação. Assim, o *Dialogando com o texto* permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308** da BNCC, já que torna possível compreender a base de funcionamento de sistemas de automação, muito usados em tecnologias contemporâneas.

5. Concentração em quantidade de matéria

Para apresentar o conceito de concentração em quantidade de matéria, sugerimos que o professor prepare uma solução (de um soluto solúvel em água) em sala aula. O Livro do Estudante emprega nitrato de cobre como exemplo por se tratar de uma solução colorida, como mostrado na Figura 3 do item. Na escola, contudo, a utilização desse soluto introduz o complicador do descarte da solução, uma vez que ela contém um metal pesado, o cobre, sob a forma de íons cobre(II), Cu²⁺(aq). Assim, não recomendamos utilizar esse soluto, mas cloreto de sódio (NaCl).

Coloque um bêquer (de 200 mL ou 500 mL) sobre o prato de uma balança digital e pressione o botão “zerar”. Acrescente ao bêquer pequenas porções de cloreto de sódio até atingir 5,85 g, que equivale a 0,10 mol desse sal, já que a massa molar do NaCl vale 58,5 g · mol⁻¹. O cálculo de quantidade de matéria é:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5,85 \text{ g}}{58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,10 \text{ mol}$$

Acrescente água destilada ao bêquer e mexa com um bastão de vidro até a completa dissolução do sal. (A quantidade de água deve ser suficiente para a dissolução total.) Transfira essa solução integralmente para um balão volumétrico de 1 L.

O balão volumétrico apresenta uma marca indicativa (também chamada traço de calibração, ou de aferição), que é feita pelo fabricante a determinada temperatura (frequentemente 20 °C). O volume e a temperatura são grafados no equipamento e, assim, quando preenchidos com líquido até a marca, tem-se uma medida de volume razoavelmente precisa. Como a superfície do líquido não é plana devido à forte interação das moléculas de água com o vidro, a técnica correta é que essa superfície (denominada menisco do líquido) tangencie a marca indicativa com o olho do observador situado na mesma linha horizontal da marca (Fig. 1).



Figura 1 Técnica correta para utilização da marca indicativa existente no balão volumétrico. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte consultada: SKOOG, D. A. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 9. ed. Belmont: Cengage, 2014.

Adicione mais água destilada ao balão até a marca indicativa que existe no balão. Mostre aos estudantes essa marca e comente como a leitura correta deve ser feita. Tampe o balão e agite-o algumas vezes para homogeneizar.

Feita a solução, pode ser elaborada uma frase que descreve sua composição – “há 5,85 g de cloreto de sódio dissolvidos em um litro de solução aquosa” – e essa frase pode ser passada para uma linguagem científica: “NaCl(aq) 5,85 g/L”.

Considerando a quantidade de matéria anteriormente calculada, essa frase é equivalente a “há 0,10 mol de cloreto de sódio dissolvido em um litro de solução aquosa”, o que, em linguagem científica, pode ser expresso assim: “NaCl(aq) 0,10 mol/L”.

Quando os estudantes acompanham o preparo dessa solução, percebem que o volume medido é de solução (não do solvente água). Assim, eles entendem com mais facilidade porque, referindo-se a essa solução, estaria *incorrecta* a descrição “há 0,10 mol de cloreto de sódio em um litro de água”. O restante do desenvolvimento do item é facilitado a partir dessa compreensão inicial.

Se julgar necessário, reveja com os estudantes as principais unidades de volume e a relação entre elas:

$$\begin{aligned}1 \text{ mL} &= 1 \text{ cm}^3 \\1 \text{ L} &= 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ mL} = 10^3 \text{ cm}^3 \\1 \text{ m}^3 &= 10^3 \text{ L}\end{aligned}$$

Em seguida, comente o exemplo mostrado no Livro do Estudante, da solução 0,10 mol/L de nitrato de cobre(II), insistindo na existência de uma proporcionalidade, na solução preparada, entre quantidade de matéria (em mol) de soluto e volume de solução. Considerando qualquer amostra dela retirada, teremos menor volume de solução e, proporcionalmente, menor quantidade de soluto, por exemplo:

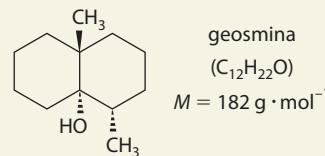
$$\frac{0,1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = \frac{0,025 \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} = \frac{0,02 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}$$

Usando a mesma solução como exemplo, explique aos estudantes (como apresentado no final do item) que, considerando a dissociação iônica do soluto, podem ser calculadas as concentrações dos íons presentes no meio aquoso.

Atividade em grupo

Nessa atividade, os estudantes analisarão um problema real, e para chegar à resposta será necessário pesquisar dados que não foram fornecidos no enunciado. Antes de iniciar a atividade, oriente-os a ler o texto e listar quais são as informações necessárias para resolver o problema. Em seguida, devem identificar quais informações não foram fornecidas (a fórmula da geosmina para obter sua massa molar). Eles devem pesquisar essas informações e efetuar os cálculos necessários para obter a resposta.

Fórmula estrutural, fórmula molecular e massa molar da geosmina:



Cálculo da quantidade de matéria por litro de solução:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{16 \cdot 10^{-9} \text{ g}}{182 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 8,8 \cdot 10^{-11} \text{ mol}$$

Multiplicando esse valor pela constante de Avogadro ($6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$), obtemos o número de moléculas de geosmina presente em 1 L (ou 10^3 mL), com o qual estabelecemos a relação:

$$\begin{array}{lcl} \text{Moléculas} & \text{Volume} \\ \text{de geosmina} & \text{de solução} \\ \hline 8,8 \cdot 10^{-11} \cdot 6,0 \cdot 10^{23} & \text{---} & 10^3 \text{ mL} \\ x & \text{---} & 19 \text{ mL} \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = 1,0 \cdot 10^{12}$$

Isso equivale a 1.000.000.000.000, ou seja, 1 trilhão de moléculas de geosmina em um pequeno gole de água. Aproveite para evidenciar aos estudantes: ainda que a concentração seja extremamente pequena, há grande quantidade de moléculas do soluto.

Nessa atividade, os estudantes deverão perceber a necessidade de buscar dados, no caso, a fórmula molecular do composto e as massas molares na tabela periódica, informações a partir das quais podem determinar a massa molar da geosmina. A atividade também visa desenvolver a capacidade de expor o raciocínio e o desenvolvimento que conduziu à solução da situação-problema.

De olho na BNCC

- EM13CNT302**

A atividade comentada anteriormente possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**, pois permite comunicar resultados de análises, elaborando e/ou interpretando textos, símbolos e códigos.

Aplicando conhecimentos

- 15** a) A fórmula molecular da hidrazina é: N_2H_4 .
 b) $M = 2 \cdot 14 \text{ g/mol} + 4 \cdot 1 \text{ g/mol} = 32 \text{ g/mol}$
 c) Em 1 mol de hidrazina há 2 mol de átomos do elemento químico nitrogênio (N) e 4 mol de átomos do elemento químico hidrogênio (H). Então:
 massa do elemento nitrogênio (N) = $2 \cdot 14 \text{ g} = 28 \text{ g}$
 massa do elemento hidrogênio (H) = $4 \cdot 1 \text{ g} = 4 \text{ g}$
- 16** Para deduzir a fórmula molecular, basta descobrirmos as quantidades de matéria de cada elemento constituinte em 1 mol da substância. Se em 0,5 mol dessa substância verificou-se a presença de 10 mol de carbono (C), 15 mol de hidrogênio (H) e 0,5 mol de oxigênio (O), basta dobrar esses valores. Assim, na constituição da substância existe a proporção:

20 mol de C : 30 mol de H : 1 mol de O.

Consequentemente, a fórmula molecular é $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}$.

- 17** Em 1 mol do composto Fe_2O_3 há 112 g de Fe e 48 g de O, conduzindo a $M = 160 \text{ g/mol}$. Assim:

$$\begin{array}{lcl} \text{massa} & \text{porcentagem} \\ \hline 160 \text{ g} & \text{---} & 100\% \\ 112 \text{ g} & \text{---} & x \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = 70,0\%$$

Em 1 mol do composto Fe_3O_4 há 168 g de Fe e 64 g de O, conduzindo a $M = 232 \text{ g/mol}$. Então:

$$\begin{array}{lcl} \text{massa} & \text{porcentagem} \\ \hline 232 \text{ g} & \text{---} & 100\% \\ 168 \text{ g} & \text{---} & y \end{array} \left. \right\} \Rightarrow y = 72,4\%$$

Portanto, o Fe_3O_4 apresenta maior porcentagem em massa do elemento químico ferro.

- 18** a) Consultando a tabela periódica, determinamos as massas molares do nióbio (Nb) e do pentóxido de diníobio (Nb_2O_5) que são, respectivamente, 92,9 g/mol e 265,8 g/mol. Com elas, podemos estabelecer a seguinte relação:

$$\begin{array}{lcl} \text{massa} & \text{porcentagem} \\ \hline 265,8 \text{ g} & \text{---} & 100\% \\ 2 \cdot 92,9 \text{ g} & \text{---} & x \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = 69,9\%$$

- b) Duas regras de três possibilitam chegar à resposta. Primeiramente, encontramos a massa de Nb_2O_5 em 1 t (10^3 kg) de minério:

$$\begin{array}{lcl} \text{massa} & \text{porcentagem} \\ \hline 10^3 \text{ kg} & \text{---} & 100\% \\ y & \text{---} & 60\% \end{array} \left. \right\} \Rightarrow y = 600 \text{ kg}$$

A seguir, empregamos o resultado do item anterior, pois 69,9% da massa de Nb_2O_5 corresponde apenas ao nióbio, ou seja, à massa máxima desse metal que pode ser obtida, se nenhuma perda ocorrer:

$$\begin{array}{lcl} \text{massa} & \text{porcentagem} \\ \hline 600 \text{ kg} & \text{---} & 100\% \\ z & \text{---} & 69,9\% \end{array} \left. \right\} \Rightarrow z = 419 \text{ kg}$$

- 19** Vamos calcular a massa de cada elemento em um mol da substância e, a seguir, determinar a quantidade em mols correspondente a cada uma dessas massas. Representando as massas dos elementos químicos carbono (C), hidrogênio (H), enxofre (S) e oxigênio (O), respectivamente, por x, y, z e w , temos:

$$\begin{array}{lcl} \text{massa} & \text{porcentagem} \\ \hline 162 \text{ g} & \text{---} & 100\% \\ x & \text{---} & 44,4\% \\ y & \text{---} & 6,2\% \\ z & \text{---} & 39,5\% \\ w & \text{---} & 9,9\% \end{array} \left. \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} x = 72 \text{ g} \\ y = 10 \text{ g} \\ z = 64 \text{ g} \\ w = 16 \text{ g} \end{array}$$

O cálculo da quantidade de matéria para cada um dos elementos está descrito a seguir:

$$\text{Carbono (C): } n = \frac{m}{M} = \frac{72 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 6 \text{ mol}$$

$$\text{Hidrogênio (H): } n = \frac{m}{M} = \frac{10 \text{ g}}{1 \text{ g/mol}} = 10 \text{ mol}$$

$$\text{Enxofre (S): } n = \frac{m}{M} = \frac{64 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{Oxigênio (O): } n = \frac{m}{M} = \frac{16 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$$

Portanto, a fórmula molecular da alicina é $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{S}_2\text{O}$.

- 20** Ácido fosfórico, H_3PO_4 : $M = 98 \text{ g/mol}$

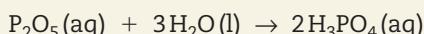
A massa do soluto H_3PO_4 que existe em 1 litro de solução ($2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$) é:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot 98 \text{ g/mol}$$

$$m = 1,96 \text{ g}$$

Então, a concentração de ácido fosfórico no refrigerante analisado é 1,96 g/L. Portanto, o produto deve ser **reprovado** por conter uma concentração de ácido fosfórico superior ao limite permitido.

Observação ao docente: A concentração limite de ácido fosfórico em bebidas estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é expressa pela autarquia em massa equivalente de P₂O₅ (anidrido fosfórico) por litro de refrigerante, sendo, dentro dessa consideração, 0,70 g/L. A conversão de P₂O₅ a H₃PO₄ por reação com água é assim equacionada:



Considerando a proporção em mols entre P₂O₅ e H₃PO₄, que é de 1 : 2, e as massas molares de ambos os compostos (142 g/mol e 98 g/mol), conclui-se que 0,70 g/L de P₂O₅ equivale a 0,97 g/L de H₃PO₄, valor que é apresentado aos estudantes no enunciado da atividade.

21 Um modo de obter a concentração em mol/L a partir da concentração em mg/L é convertê-la inicialmente para g/L e, a seguir, dividir esse valor pela massa molar do íon em questão. Como parte desse processo, os estudantes devem consultar a tabela periódica para determinar a massa molar de cada um dos íons envolvidos. Além disso, é necessário que pesquisem a fórmula dos íons que eventualmente não conheciam.

A atividade solicita a organização de uma tabela para expor os dados utilizados no cálculo e os resultados obtidos. A seguir, é mostrado um exemplo de resposta possível.

| Íon | Fórmula | C (g/L) | M (g/mol) | η (mol/L) |
|-------------|-------------------------------|---------|-----------|------------------------|
| Bicarbonato | HCO ₃ ⁻ | 0,04121 | 61 | 6,8 · 10 ⁻⁴ |
| Sódio | Na ⁺ | 0,00634 | 23 | 2,8 · 10 ⁻⁴ |
| Cálcio | Ca ²⁺ | 0,00582 | 40 | 1,5 · 10 ⁻⁴ |
| Nitrato | NO ₃ ⁻ | 0,00267 | 62 | 4,3 · 10 ⁻⁵ |
| Potássio | K ⁺ | 0,00264 | 39 | 6,8 · 10 ⁻⁵ |
| Magnésio | Mg ²⁺ | 0,00158 | 24 | 6,6 · 10 ⁻⁵ |
| Sulfato | SO ₄ ²⁻ | 0,00096 | 96 | 1,0 · 10 ⁻⁵ |
| Cloreto | Cl ⁻ | 0,00068 | 35,5 | 1,9 · 10 ⁻⁵ |
| Fluoreto | F ⁻ | 0,00010 | 19 | 5,3 · 10 ⁻⁶ |
| Fosfato | PO ₄ ³⁻ | 0,00005 | 95 | 5,3 · 10 ⁻⁷ |

A ordem decrescente da concentração em quantidade de matéria (mol/L) será bicarbonato, sódio, cálcio, potássio, magnésio, nitrato, cloreto, sulfato, fluoreto e fosfato.

22 Em solução aquosa, o iodeto de potássio (KI) se dissocia segundo a equação KI(s) → K⁺(aq) + I⁻(aq). Portanto, como cada mol de KI gera 1 mol de íons potássio (K⁺) e 1 mol de íons iodeto (I⁻), para uma solução de KI de concentração de 0,1 mol/L, temos:

$$\eta(K^+) = 0,1 \text{ mol/L} \quad \text{e} \quad \eta(I^-) = 0,1 \text{ mol/L}$$

23 A equação da ionização do ácido sulfúrico é:



A proporção entre o ácido sulfúrico e o ânion sulfato é de 1 : 1. Portanto, $\eta(SO_4^{2-}) = 0,003 \text{ mol/L}$.

- 24** a) Cada mol de sulfato de ferro(III), Fe₂(SO₄)₃, libera 2 mol de íons Fe³⁺(aq) e 3 mol de íons SO₄²⁻(aq) em solução, na sua dissociação total. Usando essa proporção, a pesquisadora pode determinar que a concentração de íons Fe³⁺(aq) será 0,2 mol/dm³ e a de íons SO₄²⁻(aq) é 0,3 mol/dm³.
b) A pesquisadora pode determinar o volume usando a expressão da concentração em quantidade de matéria, da seguinte maneira:

$$\eta(Fe^{3+}) = \frac{n(Fe^{3+})}{V_{\text{solução}}} \Rightarrow V_{\text{solução}} = \frac{n(Fe^{3+})}{\eta(Fe^{3+})} \Rightarrow \\ \Rightarrow V_{\text{solução}} = \frac{0,04 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol/dm}^3} \Rightarrow V_{\text{solução}} = 0,2 \text{ dm}^3$$

$$\text{Como } 1 \text{ dm}^3 = 1.000 \text{ mL, } V_{\text{solução}} = 200 \text{ mL.}$$

25 Sim, os dados são suficientes. Usando a densidade, obtém-se que 1 L (isto é, 1.000 cm³) de solução tem massa total 1.190 g. Dessa massa, 20% correspondem ao soluto (Na₂SO₄):

$$m_{\text{sólido}} = 0,20 \cdot 1.190 \text{ g} = 238 \text{ g}$$

A partir da tabela periódica, obtemos a massa molar do soluto ($M = 142 \text{ g/mol}$) e, empregando-a, calculamos a quantidade em mol de soluto:

$$n = \frac{m_{\text{sólido}}}{M_{\text{sólido}}} = \frac{238 \text{ g}}{142 \text{ g/mol}} = 1,68 \text{ mol}$$

Como essa quantidade de soluto está dissolvida em 1 L de solução, a concentração em quantidade de matéria é 1,68 mol/L.

26 A soma da quantidade de glicose presente nas duas soluções misturadas é igual à quantidade de glicose na solução resultante. Designando por A a solução 1,0 mol/L, por B a solução 2,0 mol/L e por f a solução final, podemos expressar essa soma assim:

$$n_{\text{glicose,A}} + n_{\text{glicose,B}} = n_{\text{glicose,f}}$$

Pela definição de concentração em quantidade de matéria, cada uma dessas quantidades em mol é dada pelo produto $\eta \cdot V$. Então:

$$\eta_A \cdot V_A + \eta_B \cdot V_B = \eta_f \cdot V_f$$

Como a soma dos volumes das soluções misturadas deve resultar o volume final, temos que

$$V_A + V_B = V_f$$

Substituindo essa relação e os valores numéricos das concentrações na expressão anteriormente deduzida, temos:

$$1,0 \cdot V_A + 2,0 \cdot V_B = 1,2 \cdot (V_A + V_B)$$

$$1,0 \cdot V_A + 2,0 \cdot V_B = 1,2V_A + 1,2V_B$$

$$0,2V_A = 0,8V_B$$

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{0,8}{0,2} = \frac{4}{1}$$

Então, o volume utilizado da solução 1,0 mol/L (V_A) deve ser quatro vezes o volume da solução 2,0 mol/L (V_B). Por exemplo, para 4 L da solução 1,0 mol/L, deve ser usado 1 L da solução 2,0 mol/L.

Metas do capítulo

- Explicar a teoria cinética da matéria.
- Conhecer os estados físicos da matéria.
- Conhecer as escalas de temperatura.
- Compreender o conceito de calor e as interações de troca.
- Compreender a energia dos alimentos.
- Mostrar o comportamento de curvas de aquecimento e de resfriamento.
- Analisar o ciclo da água.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo explora alguns fenômenos relacionados à energia térmica. Aborda os fundamentos da Termometria, área da Física na qual se investigam métodos e processos para a medição de temperaturas, e as escalas termométricas usuais. Explora ainda os estados físicos da matéria e a influência da pressão em sua mudança. Espera-se que, ao final do estudo deste capítulo, os estudantes compreendam o conceito de temperatura e que possam prever os efeitos da pressão sobre a mudança de um estado físico.

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **Competência geral 1**

A abertura é um texto de divulgação científica que trabalha a habilidade **EM13CNT303**. Ele trata da temática das Ciências da Natureza e apresenta informações sobre a importância da energia térmica para a manutenção da vida.

A **competência geral 1** é mobilizada neste capítulo ao valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para entender e explicar a realidade.

1. Teoria cinética da matéria

O ponto central para o desenvolvimento deste capítulo é o conceito de temperatura, uma medida que dá a ideia da energia cinética média – “grau de agitação” – das partículas que constituem o corpo.

Sugerimos iniciar sua aula comentando esta seção e realizando rapidamente apenas uma parte do experimento nº 3 descrito no site <<http://tati.fsc.ufsc.br/webfisica/calorimetria/icf2-mod5-aula5/experimento3.htm>>. (Acesso em: 26 jun. 2020.) O objetivo é mostrar que a agitação das partículas do sistema provoca um aumento em sua temperatura, ainda não entrando na discussão sobre calor, assunto que será tratado posteriormente. Simplesmente faça as medições das temperaturas inicial e final do sistema, com um termômetro relativamente preciso; tente não envolver cálculos.

Sugestão de atividade complementar

Experimento das três bacias

Uma atividade dinâmica e simples, mas muito enriquecedora, pode ser utilizada para iniciar as discussões sobre o tema da Termologia na sala de aula. Trata-se do experimento das três bacias. Para executar o experimento serão necessários três recipientes grandes, dispostos em linha, cada um contendo água em temperaturas distintas: no recipiente central, água morna com temperatura próxima à temperatura da pele (aproximadamente 32 °C); nas laterais, água fria (aproximadamente 20 °C) de um lado e água quente (aproximadamente 35 °C) de outro. Não é necessário que as temperaturas sejam aferidas com rigor, mas é importante que haja diferença em relação à temperatura da bacia com água morna em uma amplitude de pelo menos 3 °C. As condições da atividade são facilmente conseguidas com gelo e forno de micro-ondas. Por segurança, certifique-se de que a água não fique muito quente. Para começar, os estudantes colocam as duas mãos no recipiente central com água morna por 15 segundos, aproximadamente. Peça a eles que descrevam, genericamente, que sensações tiveram. Mesmo que respondam que estão sentindo molhado ou outras características não importantes ao experimento, continue indagando até que a temperatura da água seja indicada em sua fala. É importante observarmos que, nessa etapa do experimento, os estudantes não sabem do que trata a atividade; portanto, prepare-se para algumas brincadeiras típicas da fase de desenvolvimento em que estão, pois elas normalmente surgem em atividades que os motivem. Em seguida, peça a eles que retirem as mãos da água e as mergulhem nos recipientes lateralmente dispostos com água quente e fria. As mãos devem ficar mergulhadas mais 15 segundos para que haja adaptação. Indague novamente qual é a sensação em cada uma das mãos. Peça a eles que retirem as mãos dos recipientes laterais e voltem a colocá-las no recipiente central. Finalmente, indague-os sobre o que sentem. Os estudantes provavelmente se espantarão com a sensação térmica paradoxal de quente e frio sobre a mesma água que anteriormente lhes parecia morna. Algumas questões para debate:

- Por que as sensações térmicas foram diferentes no recipiente central?
- A mão que estava na água fria passou a sentir a água do recipiente central quente, e a mão da água quente passou a sentir a do recipiente central frio. Por quê?
- Afinal, a água estava quente ou fria?

Utilizando a teoria cinética da matéria, explica-se o paradoxo sensorial em razão dos diferentes sentidos de transferência de calor durante a última etapa da experimentação.

A mão previamente aquecida pela água quente, na última etapa, passa a fornecer calor ao recipiente central, o que resulta em sensação de frio. A mão esfriada pela água fria, ao contrário, passa a receber calor, e a sensação que temos é de que a água no recipiente central está quente. É importante que os estudantes percebam as possíveis dificuldades em avaliar a temperatura sem a utilização de instrumentos adequados. O termômetro surgiu dessa necessidade.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT301**

Esta seção trabalha as habilidades **EM13CNT101**, pois analisa e representa algumas transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria e de energia e **EM13CNT301** por meio de representação e interpretação de modelos e resultados experimentais, elaborando hipóteses e previsões.

2. Estados físicos da matéria

Analise a representação esquemática das mudanças de estado físico da matéria e indique aos estudantes que o estado da matéria pode ser modificado. Pergunte a eles o que faz um objeto sólido transformar-se em líquido, que, por sua vez, transforma-se em gasoso. Para auxiliar nas respostas tornando o conteúdo mais tangível, utilize a simulação Estados da Matéria: Básico, disponível em <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_pt_BR.html> (Acesso em: 11 Jul. 2020).

Na simulação, podem ser observadas as variações do grau de agitação das moléculas e átomos nos três diferentes estados físicos da matéria. As moléculas no estado sólido têm pouca energia cinética, uma vez que não conseguem se locomover com facilidade, pois as estruturas cristalinas devem se manter no objeto sólido. Quando um sólido é aquecido, essa estrutura cristalina é quebrada e os átomos ganham mais energia cinética e entram no ponto de fusão (fase líquida). Para maiores transferências de calor, a fase líquida se modifica para gasosa, situação na qual os átomos adquirem muita agitação e alta energia térmica.

Em destaque

Antes de a leitura ser iniciada, questione os estudantes sobre o que é a febre e como podemos medi-la. Tome cuidado, pois nesse tópico eles podem confundir sensação térmica com temperatura.

Peça aos estudantes que leiam com atenção o boxe e responda às questões juntamente com os estudantes. Utilize as perguntas que não conseguirem responder como atividades de pesquisa em livros, em busca de resposta.

Respostas:

1. A temperatura média do corpo considerada ideal para os seres humanos varia entre 36 °C e 36,7 °C, sendo mais baixa pela manhã e mais alta no final da tarde e à noite.
2. O termômetro é o instrumento mais adequado para medir

a temperatura corporal. A maneira mais adequada para utilizar esse equipamento é o contato direto com o corpo humano, para haver a transferência de energia necessária para o instrumento detectar a temperatura do paciente.

3. Termostato é um dispositivo que mantém a temperatura de um sistema.

4. Nós suamos quando estamos com febre para que nossa temperatura corporal seja reduzida com a evaporação do suor.

5. Os antitérmicos são medicamentos que reduzem a febre, ou seja, diminuem a temperatura corporal.

6. Os seres humanos são animais endotérmicos, pois usam a sua energia interna para manter a temperatura do corpo inalterada. São também animais termorreguladores, pois conseguem manter a sua temperatura corpórea praticamente constante por intermédio de conjuntos fisiológicos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT303**

Esse item trabalha a habilidade **EM13CNT101**, pois apresenta as transformações da matéria, em seus estados naturais: sólido, líquido e gasoso. Além disso, a realização da simulação sugerida permite o trabalho com a habilidade **EM13CNT303**.

3. Temperatura e suas escalas

Comece esta seção apresentando o conceito de temperatura. Caso tenha feito a experiência sugerida na seção *1. Teoria cinética da matéria*, retome o resultado qualitativo dela. O trabalho mecânico realizado sobre o sistema (agitação) converteu-se em energia térmica, aumentando, assim, a temperatura do sistema. Portanto, a temperatura está intimamente ligada ao grau de agitação das partículas do sistema. Há autores que se referem à temperatura como “o nível de energia térmica do sistema”.

Destaque que os termômetros sempre indicam a temperatura de um corpo ou de um sistema de maneira indireta: pela variação de uma grandeza física macroscópica que pode ser facilmente medida, como, por exemplo, a altura de uma coluna líquida no interior de um tubo de vidro, e que a temperatura indicada é a temperatura do termômetro.

Enfatize que o mercúrio é o único metal líquido nas condições ambientais de pressão e temperatura. Durante muito tempo, o mercúrio foi utilizado em termômetros clínicos, mas, em razão de sua toxicidade, esse tipo de termômetro vem sendo substituído por eletrônicos digitais ou por similares a álcool. É importante levar os estudantes a verificar como um termômetro com coluna de mercúrio funciona e discutir sobre por que é usado o mercúrio, e não outra substância. Outra discussão possível é sobre o funcionamento de termômetros digitais. Você também pode apresentar à turma os riscos para a saúde ao manipular um termômetro de mercúrio que se quebrou.

Dialogando com o texto

Na atividade sugerida neste boxe, o objetivo é identificar quando a diferença dos valores das temperaturas entre as escalas Fahrenheit e Celsius será igual a zero. Portanto:

$$\theta_F - \theta_C = 0 \Rightarrow \theta_F = \theta_C$$

Assim, basta substituir na equação:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_C - 32}{9} \Rightarrow 9 \cdot \theta_C = 5 \theta_C - 160 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 9\theta_C - 5\theta_C = -160 \Rightarrow 4\theta_C = -160 \Rightarrow \theta_C = \frac{-160}{4}$$

$$\therefore \theta_C = -40^{\circ}\text{C}$$

Portanto, a diferença dos valores das temperaturas entre as escalas Fahrenheit e Celsius será zero quando as temperaturas forem equivalentes a -40°C e -40°F .

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT301**

O boxe *Dialogando com o texto* aborda as seguintes habilidades: **EM13CNT101**, por meio da análise da sensação térmica e medição da temperatura de um objeto, visualizando as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria e de energia; e **EM13CNT301**, por meio da utilização de um instrumento capaz de medir a temperatura dos corpos, o termômetro. A utilização de instrumentos de medição ocorre para representar e interpretar situações da natureza.

4. Calor: energia térmica em trânsito

Você pode apresentar aos estudantes o conceito de calor: energia térmica que se transfere entre sistemas em diferentes temperaturas, até o estabelecimento do equilíbrio térmico.

Ressalte que não há cabimento, do ponto de vista físico, falar em “calor contido em um corpo”; um corpo possui, apenas, energia térmica.

Ao falarmos de calor, vêm à mente situações relacionadas com clima e temperatura, o que reflete uma preocupação ambiental: o efeito estufa.

Proponha aos estudantes uma discussão com base nas mudanças climáticas na Terra, oferecendo condições para a compreensão do fenômeno do efeito estufa. O tema envolve o aumento progressivo da concentração de CO₂ na atmosfera e o entendimento de que o aumento da emissão desse gás é resultado de atividades agrícolas e tecnológicas realizadas de maneira descontrolada e ainda com pouca preocupação ambiental. É uma oportunidade de trabalhar de maneira mais abrangente os aspectos tecnológicos relacionados aos conceitos de calor e de temperatura.

Com isso, espera-se que os estudantes possam desenvolver habilidades de compreensão de aspectos do entorno social em relação à fenomenologia da Física.

Atividade em grupo

A *Atividade em grupo* deve priorizar um entendimento maior sobre o zero absoluto e o fenômeno da supercondutividade. Encontrar formas para baixar a temperatura da matéria permite o desenvolvimento de diversas aplicações tecnológicas. Alguns materiais, abaixo de certa temperatura, que é característica do material, tornam-se supercondutores de eletricidade quando submetidos a temperaturas que vão desde 4,2 kelvins, para o mercúrio sólido, até perto de 140 kelvins, para algumas modernas cerâmicas compostas de tálio, itérbio, cobre, bário, cálcio e mercúrio. Esse comportamento, descoberto em 1911 por Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926), atualmente é encontrado em mais de 30 metais e algumas cerâmicas especiais, deve-se a distorções na estrutura cristalina do material provocadas pela passagem dos elétrons de condução. Conduzir eletricidade sem grandes perdas de energia é um objetivo almejado em diversos segmentos tecnológicos, como os sistemas de transmissão de energia elétrica de alta potência e a microeletrônica.

Oriente os grupos a pesquisar sobre como ocorre a obtenção de temperaturas muito baixas e a influência causada em alguns materiais, que se tornam supercondutores, e a possibilidade de aplicação tecnológica desse fenômeno.

De olho na BNCC

- **EM13CHS106**
- **EM13LGG703**
- **EM13LGG704**

A *Atividade em grupo* contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS106**, na medida em que sugere a utilização das tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica e significativa, e as habilidades **EM13LGG703** e **EM13LGG704**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, ao utilizar ferramentas digitais em processos de produção coletiva e colaborativa e apropriar-se criticamente de processos de pesquisa e busca de informação.

Experimento de Joule

Utilizando a simulação *Experimento de Joule*, disponível em *referências bibliográficas complementares do volume*, explique detalhadamente os processos do experimento no qual uma palheta é colocada para fazer um movimento circular dentro da água devido ao torque oriundo do peso de duas massas. Como a palheta está em movimento e a água é uma barreira para esse movimento, uma pequena quantidade de energia cinética da palheta é convertida em energia térmica na água, aumentando a temperatura dela. Os resultados corroboram as análises feitas por Thompson, porém esses experimentos apresentaram dados mais consistentes.

Pergunte a eles qual é a diferença entre o mercúrio e a água nesse experimento e oriente-os a compreender que o mercúrio é um metal, que metais são ótimos condutores de energia e calor e que, devido a isso, a variação da temperatura é mais significativa durante a realização do experimento.

As unidades de medida de calor

Explique aos estudantes que a unidade de medida caloria (cal) foi criada pelo físico e químico escocês Joseph Black (1728-1799). Ele descobriu que, quando se colocavam em uma caixa fechada diferentes objetos, alguns quentes e outros frios, eles acabavam atingindo a mesma temperatura. Black acreditava que isso acontecia porque o calor era um tipo de fluido que passava dos corpos quentes para os corpos frios. Na tentativa de quantificar esse fluido, Black criou a unidade de medida caloria (cal) usada até hoje.

Sugestão de atividade complementar

Com esta montagem, os estudantes poderão verificar que o calor é uma forma de energia capaz de se transferir entre corpos que se encontram em temperaturas diferentes. Você precisará de:

- dois copos transparentes de plástico resistente;
- dois comprimidos de vitamina C efervescente;
- água quente;
- água gelada.

Coloque a água quente, como a do chuveiro, em um dos copos e a água gelada no outro copo. Deposite delicadamente um comprimido de vitamina C efervescente em cada copo e observe como cada um deles se dissolve na água.



ILUSTRAÇÕES: RAFAEL OLIVETTI

O objetivo deste experimento é mostrar aos estudantes que calor é a energia térmica transferida entre corpos em temperaturas diferentes. Observar a dissolução dos comprimidos de vitamina C efervescente em água a temperaturas diferentes permitirá discutir com os estudantes a respeito das velocidades das moléculas de água e como isso afeta a velocidade de dissolução desses comprimidos em cada caso. Pode-se ainda associar a rapidez com que o calor é transferido (trocado) entre os corpos à diferença de temperatura entre eles, dando embasamento para o próximo capítulo, que tratará da transmissão de calor.

Dialogando com o texto

Para a realização da atividade sugerida neste boxe, pode ser interessante uma interação com a disciplina de História. Peça ao professor dessa disciplina que contextualize aos estudantes sobre o cenário mundial no século XVII, assim eles poderão reconhecer os problemas sociais e econômicos da época.

Sugerimos a leitura do artigo *James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: reproduzindo as dificuldades do laboratório*, disponível em *referências bibliográficas complementares do volume*, para auxiliar na elaboração da aula e na abordagem do boxe.

De olho na BNCC

- EM13CNT101
- EM13CNT301
- EM13CHS102
- EM13CNT303

O boxe *Dialogando com o texto* trabalha as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT301**, ao mostrar um exemplo de transformações e conservações em sistemas que envolvem quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas.

Esse boxe também desenvolve a habilidade **EM13CNT303**, por meio da interpretação de textos de divulgação científica que tratam de temáticas das Ciências da Natureza e a habilidade **EM13CHS102**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao identificar e analisar circunstâncias históricas, sociais e culturais da emergência de matrizes conceituais hegemônicas.

5. Energia para a vida e energia dos alimentos

Esta seção apresenta a importância da alimentação para a nossa saúde. Se possível, converse com o professor de Biologia para que ele esteja presente na aula e mostre a classificação de alimentos como carboidratos e proteínas e explique a respiração celular ou, então, apenas busque as devidas orientações com o professor para encontrar a melhor maneira de abordar esse conteúdo.

De olho na BNCC

- EM13CNT202

Nesta seção é explorada a habilidade **EM13CNT202**, por meio da análise de condições e fatores limitantes para a vida.

Dialogando com o texto

Nessa pesquisa, os estudantes devem buscar informações sobre as situações de insegurança alimentar e nutricional no Brasil. Para o desenvolvimento dessa atividade, sugerimos que oriente os estudantes a elaborar um roteiro para o vídeo, baseado nos resultados da pesquisa. O roteiro deve contemplar uma introdução sobre o tema, os dados encontrados sobre a situação atual e o histórico da situação alimentar e nutricional da população brasileira, se possível comparando esses dados com os de outros países.

Os vídeos produzidos podem ser apresentados em aula para estimular uma discussão sobre o tema. Também podem ser divulgados nas mídias sociais da escola, ampliando a discussão para o restante da comunidade escolar.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **EM13CHS402**
- **EM13LGG305**
- **EM13MAT101**
- **EM13MAT104**

A atividade desenvolvida no boxe *Dialogando com o texto* explora a habilidade **EM13CNT302**, por meio da utilização de mídias de tecnologia, a habilidade **EM13CHS402**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, na medida em que propõe a análise e comparação de indicadores de renda e de características socioeconômicas da sociedade brasileira, a habilidade **EM13LGG305**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, ao sugerir o uso de práticas de linguagem para criar possibilidades de atuação social para enfrentar desafios contemporâneos, e as habilidades **EM13MAT101** e **EM13MAT104**, da área de Matemática e suas Tecnologias, por meio da interpretação de situações econômicas, índices e taxas.

6. Curvas de aquecimento e de resfriamento

Nesta seção, você pode ressaltar que o entendimento do que se representa nas curvas de aquecimento e de resfriamento de uma substância pura será importante para o desenvolvimento de parte do capítulo seguinte. Faça o levantamento das curvas de aquecimento e resfriamento com os estudantes indicando as transformações de estado envolvidas.

Atividade em grupo

Nesta atividade, sugerimos que os estudantes sejam divididos em grupos. Todos devem preencher a tabela com os objetos encontrados em sala de aula em estados físicos diferentes.

A tabela abaixo pode conter alguns exemplos do que os estudantes podem responder.

| Líquido | Gasoso | Sólido |
|-------------------|------------|--------------------------|
| Corretivo Água | Ar Água | Lápis Borracha Giz |

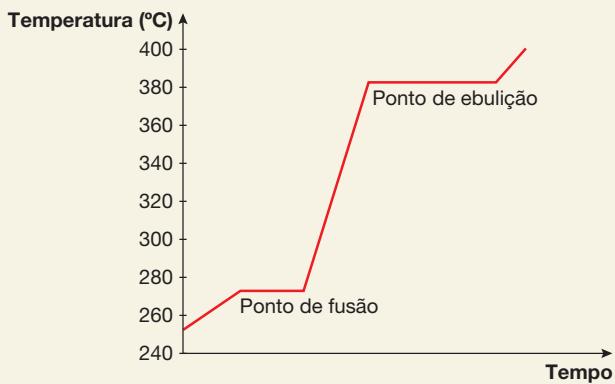
Oriente os estudantes a fazer as análises orientadas no simulador do PhET Colorado e responder às questões sugeridas no boxe.

Comentários sobre as questões:

1. Verifique que, quando aumentamos a temperatura de um objeto, aumentamos a energia cinética das moléculas ou átomos e, em um sólido, as ligações ou estruturas cristalinas são “rompidas”, formando um líquido. Se aumentarmos ainda mais a temperatura, as moléculas ganham mais energia cinética e conseguem se mover livremente no recipiente, ocupando o seu espaço por completo no estado gasoso. No caso do resfriamento, as moléculas perdem energia cinética e se acumulam no fundo do recipiente, transformando-se do estado gasoso para o líquido. O líquido, por sua vez, solidifica, e precipitados de sólidos são formados até a solidificação completa. No caso dos sólidos, as moléculas possuem baixa mobilidade.
2. Espera-se que os estudantes encontrem dados semelhantes aos da tabela a seguir. Tenha atenção com os valores obtidos, pois cada estudante terá coletado valores diferentes uns dos outros e que podem ser diferentes dos valores teóricos. Explique que isso acontece porque estamos utilizando uma simulação, que pode ser considerada um experimento, e todas as ferramentas que utilizamos para coleta de informações têm suas limitações.

| Material | Temperatura de fusão | Temperatura de solidificação | Temperatura de ebullição | Temperatura de condensação |
|----------|----------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Neônio | -248,67 °C | -248,67 °C | -246,05 °C | -246,05 °C |
| Argônio | -189,34 °C | -189,34 °C | -185,84 °C | -185,84 °C |
| Oxigênio | -218,4 °C | -218,4 °C | -182,8 °C | -182,8 °C |
| Água | 0 °C | 0 °C | 100 °C | 100 °C |

3. Neônio, oxigênio, argônio e água.
4. Não há substâncias com o mesmo ponto de ebullição, mas teoricamente o argônio e o oxigênio têm valores próximos.
5. A vaporização e a fusão exigem fornecimento de energia ao material; logo, são processos **endotérmicos** que absorvem energia. Portanto, as transformações inversas, condensação e solidificação, são processos **exotérmicos** que liberam energia.



Uma última análise deve ser realizada. Aumente a pressão do pistão no simulador e, realizando essa etapa, explique aos estudantes que a pressão influencia as temperaturas de fusão e ebulição.

De olho na BNCC

- EM13CNT205
- EM13CNT101
- EM13CNT301

A atividade desenvolvida no boxe *Atividade em grupo* contempla as seguintes habilidades: **EM13CNT205**, por meio da interpretação de previsões em atividades experimentais; **EM13CNT101**, por meio da análise das transformações da matéria; e **EM13CNT301**, em que os estudantes devem empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos para justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

7. O ciclo da água

Nesta seção, ressalte aos estudantes a importância de entender as mudanças de estado físico de uma substância para compreender o ciclo da água e sua relevância para a vida em nosso planeta. Sugerimos tentar uma abordagem interdisciplinar com o(a) professor(a) de Geografia. No site Brasil Escola, sugerimos a leitura das páginas indicadas a seguir, as quais exploram, com alguns detalhes, o ciclo da água em nosso planeta.

- <<http://www.brasilescola.com/geografia/ciclo-agua.htm>>. (Acesso em: 27 jun. 2020.)
- <<http://www.brasilescola.com/geografia/hidrosfera.htm>>. (Acesso em: 27 jun. 2020.)
- <<http://www.brasilescola.com/geografia/agua-potavel.htm>>. (Acesso em: 27 jun. 2020.)
- <<http://www.brasilescola.com/geografia/agua-uma-riqueza-limitada.htm>>. (Acesso em: 27 jun. 2020.)

De olho na BNCC

- EM13CNT101
- EM13CNT202

Esta seção explora as seguintes habilidades: **EM13CNT101**, por meio da análise das modificações físicas da água na natureza, devido ao calor, provocando as chuvas que abastecem os rios e o solo. Todo esse processo é um bom exemplo de transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria e energia; **EM13CNT202**, por meio da interpretação das condições e fatores ambientais favoráveis para a vida na Terra.

8. Trocas de calor

Ao iniciar o estudo desta seção, sugerimos a você que busque junto aos estudantes situações cotidianas que eles vivenciam e nas quais procuram provocar trocas de calor. Situações como colocar cubos de gelo em água ou sucos, regular a temperatura da água do banho misturando água aquecida com água fria ou simplesmente alterando a vazão de água nos chuveiros elétricos.

O importante aqui é que eles concluam que, ao misturar corpos a temperaturas diferentes, ocorre passagem de energia do corpo mais quente para o corpo mais frio até que a temperatura se estabilize.

A seguir, explique o conceito de equilíbrio térmico, estado no qual não ocorre a troca de calor entre os corpos ou sistema.

Ressalte aos estudantes que uma substância pura, constituída por apenas um tipo de grupamento atômico, ao receber ou ceder calor, pode mudar de temperatura ou mudar de estado físico, mas nunca esses dois efeitos ocorrem simultaneamente.

Capacidade térmica de um corpo

Explique o conceito de capacidade térmica e procure interpretar fisicamente seu significado: se um corpo tem, por exemplo, capacidade térmica de 20 cal/°C, então, a cada 20 cal recebidas, a temperatura do corpo aumenta em 1 °C ou, a cada 20 cal perdidas, a temperatura do corpo diminui em 1 °C.

Calor específico sensível de um material

Defina o calor específico de uma substância e interprete fisicamente seu significado. Pode ser útil comparar, por exemplo, o calor específico da água, 1 cal/(g · °C), e o calor específico do ferro, aproximadamente 0,1 cal/(g · °C).

Conclua que o calor específico sensível é a quantidade de calor necessária para elevar ou baixar em 1 °C a temperatura de 1 grama dessa substância.

Quantidade de calor trocada e quantidade de calor sensível

Explique aos estudantes que, se realizarmos um processo de mudança de energia e o estado final atingir uma temperatura menor que o estado inicial, isso indicará que o material perdeu e/ou cedeu calor e que Q é negativo ($Q < 0$). Se realizarmos um processo de mudança de energia e o estado final chegar a uma temperatura maior que o estado inicial, isso indicará que o material absorveu calor e que Q é positivo ($Q > 0$).

Trabalhe a equação matemática com os estudantes e mostre exemplos de cálculos de calor de substâncias diferentes quando há alteração na temperatura. Os cálculos adicionais são bons exemplos da aplicação direta da equação, familiarizando os estudantes com esse conceito.

Trocas de calor nas mudanças de estado: calor latente

Apresente aos estudantes a expressão para o cálculo do calor latente e alerte-os para a distinção entre a massa m , que aparece na equação fundamental da Calorimetria, e a que aparece na equação do calor necessário para a mudança de estado. Na primeira, m é a massa do corpo que muda de temperatura, ou seja, a massa total do corpo. Já na segunda, m é a massa que muda de estado físico, podendo ser diferente da massa total do corpo para o caso em que apenas uma fração do corpo muda de estado.

De olho na BNCC

• EM13CNT101

Esta seção explora a habilidade **EM13CNT101**, de acordo com a qual serão analisados a perda ou o ganho de calor dos corpos durante o seu resfriamento ou seu aquecimento ou, ainda, durante uma mudança de estado físico.

Aplicando conhecimentos

- a) Devemos utilizar a equação $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, lembrando que 1 L de água tem massa igual a 1 kg. Logo: 10.000 L de água equivalem a 10.000 kg de água.

Portanto, ao converter quilograma em grama, temos a seguinte situação:

$$Q = 10^7 \cdot 1 \cdot (38 - 28) \therefore Q = 10^8 \text{ cal}$$

- b) Dos dados obtidos do enunciado, sabemos que o aquecedor solar tem uma potência de 80 W a cada m^2 , assim para que o tempo de aquecimento da água seja equivalente ao tempo gasto pelo aquecedor elétrico, devemos ter:

$$P_{\text{solar}} = P_{\text{elétrico}}$$

Para isso, a área do aquecedor solar será:

$$80 \text{ W} \quad 1 \text{ m}^2$$

$$5.000 \text{ W} \quad A$$

$$\therefore A = \frac{5.000 \text{ W} \cdot 1 \text{ m}^2}{80 \text{ W}} \Rightarrow A = 62,5 \text{ m}^2$$

- c) Um aquecedor elétrico tem maior potência e, por isso, aquece mais rápido a água e consome muita energia elétrica. Já a energia solar é uma fonte de energia limpa, mas não muito eficiente.

Leitura adicional: Enem

O Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) tem cada vez mais influência no cenário educacional brasileiro. Desde a autonomia outorgada às universidades quanto à forma de aplicação do exame de vestibular, a nota do Enem (cuja primeira versão ocorreu em 1998) vem sendo considerada como parte integrante do vestibular por um número crescente de universidades em todo o país.

A partir de 2005, o Enem teve grande adesão por servir como critério de distribuição de bolsas do Programa Universidade para Todos (ProUni), de iniciativa do governo federal. Com a finalidade de criar um Sistema de Seleção Unificada

(Sisu) para o ingresso de estudantes no Ensino Superior, em 2009 o exame foi reformulado e sua matriz de referência foi aprovada pela Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (Andifes). Desse modo, grande número de universidades e institutos públicos federais também passou a adotar total ou parcialmente a nota do Enem no processo seletivo através do Sisu.

A crescente influência do Enem vem direcionando a avaliação para ingressar no Ensino Superior de modo a ratificar o exposto nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN). Consequentemente, as metodologias e os conteúdos apresentados em sala de aula precisam acompanhar tais evoluções, sob o risco de se tornarem inadequadas aos rumos que a educação brasileira vem tomado. Dessa maneira, é preciso estar atento a essas mudanças e acompanhá-las de perto. Em 2009, o Enem passou por mudanças significativas, assumindo uma apresentação mais disciplinar para se adaptar às exigências de sua universalização. Assim, o exame passou a ser organizado em quatro grandes áreas: Linguagem, Códigos e suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias.

Os objetos de conhecimento associados à matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, especificamente no âmbito da Física, são: o movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas; energia, trabalho e potência; a Mecânica e o funcionamento do Universo; fenômenos elétricos e magnéticos; oscilações, ondas, Óptica e radiação; o calor e os fenômenos térmicos.

As questões do Enem relacionadas à Física são abrangentes e privilegiam muito mais as relações entre os conceitos físicos do que os conceitos em si. Mesmo a Matemática, tão largamente explorada na Física, toma função articuladora, perdendo o caráter exclusivo ou principal, o que acontece, muitas vezes, em questões de vestibulares.

Essas questões indicam o caráter interdisciplinar que o Enem e praticamente todos os parâmetros, orientações e propostas curriculares atualizados vêm adotando. As questões associam áreas como Termologia (também conhecida por Termodinâmica), Eletricidade e Matemática para solucionar problemas socioambientais, exigindo do estudante compreensão não compartimentada de seu conhecimento e valorizando as relações entre os conteúdos por meio de contextos reais de aplicação.

9. Princípio geral das trocas de calor

Antes de iniciar este tópico, relembre aos estudantes que o calor é uma forma de energia e, como tal, ao se transferir de um corpo para o outro, em um sistema termicamente isolado, ele o faz de acordo com o princípio da conservação da energia. Assim, em um sistema termicamente isolado constituído por dois corpos, o calor perdido por um deles, o que estiver à temperatura mais alta, necessariamente deverá ser recebido pelo outro corpo, o que está à temperatura mais baixa.

De olho na BNCC

• EM13CNT101

Esta seção explora a habilidade **EM13CNT101**, por meio da análise da perda ou do ganho de calor entre corpos distintos.

CAPÍTULO 5 Transmissão de calor

Metas do capítulo

- Compreender os mecanismos para a troca de calor.
- Aprender o conceito de fluxo de calor.
- Conhecer os principais processos de transmissão de calor.
- Reconhecer quando um material é um condutor térmico.
- Reconhecer quando um material é um isolante térmico.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo explora os processos de transmissão de calor (condução, convecção e irradiação), suas aplicações e fenômenos observáveis no dia a dia, como a inversão térmica e o efeito estufa, além de analisar as trocas de calor entre corpos.

Ao explorar este capítulo, investigue os conhecimentos prévios dos estudantes e procure abordar os temas de maneira fenomenológica. O objetivo principal é que, ao final do capítulo, eles possam diferenciar os variados mecanismos envolvidos nas trocas de calor, os materiais mais indicados para aumentar ou diminuir o fluxo de calor, suas aplicações e usos no dia a dia.

Para esta abertura de capítulo, sugerimos uma discussão menos conceitual e mais reflexiva, saindo dos conceitos de Física e adentrando no campo da vivência, para depois apresentar os conceitos envolvidos na transmissão de calor. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

- Competência geral 1
- Competência geral 2

As competências gerais 1 e 2 são mobilizadas neste capítulo ao valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e exercitar a curiosidade intelectual, recorrendo 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.

1. Introdução

Sugerimos que utilize este momento da aula para explorar o que os estudantes sabem sobre a questão proposta nesta seção, orientando-os em relação às ideias correspondentes ao senso comum. Verifique o que eles já conhecem sobre conceitos da Física e de outras disciplinas escolares.

2. Fluxo de calor

Ao iniciar o estudo desta seção, sugerimos a você que busque, junto aos estudantes, situações cotidianas nas quais eles possam identificar a ocorrência de trocas de calor. A lista pode incluir desde equipamentos que favorecem a troca de calor, como as geladeiras, até aqueles que minimizam a troca de calor, como os recipientes de isopor e as garrafas térmicas.

Procure também avaliar se os estudantes conseguem perceber que as trocas de calor ocorrem espontaneamente sempre do corpo ou sistema com maior temperatura para o corpo ou sistema com menor temperatura. Dê como exemplo uma xícara de café quente deixada sobre a mesa em uma sala. Com o passar do tempo, o café inevitavelmente esfria; por outro lado, uma lata de refrigerante gelado, deixado sobre a mesma mesa, com o transcorrer do tempo vai se aquecer.

Destaque que, em algumas situações, é importante conhecer a rapidez desse processo, ou seja, o fluxo de calor, representado pela razão entre a quantidade de calor transmitida e o correspondente intervalo de tempo.

De olho na BNCC

• EM13CNT101

Nesta seção é explorada a habilidade **EM13CNT101**, por meio da análise das formas de transmissão de energia para realizar previsões da velocidade de transferência de calor de um corpo para o outro.

3. Condução térmica

Na natureza, existem materiais que absorvem ou cedem calor de maneira mais acentuada, chamados de condutores térmicos. A realização do experimento proposto no início desta seção permitirá que os estudantes observem o fenômeno da condução, associando melhor o conceito. Enfatize aos estudantes que, além dos condutores térmicos, existem também os isolantes térmicos, onde o processo de absorção ou transmissão de calor praticamente não ocorre.

Explique aos estudantes que a lei de Fourier permite calcular a quantidade de calor que atravessa um material. Na figura 3, é possível observar que o bloco absorve calor do ambiente que está em contato com o seu lado esquerdo e o transmite para o lado direito. Estimule os estudantes a criar

hipóteses sobre como a espessura do bloco, a temperatura do ambiente e a área de contato (ambiente-bloco) podem influenciar na transferência de energia. Para relacionar essas grandezas com o calor, existe uma constante de proporcionalidade chamada coeficiente de condutibilidade térmica: quanto maior for o valor da constante, maior será o calor transmitido. Portanto, os materiais condutores térmicos têm elevados valores de coeficiente de condutibilidade térmica.

O exercício resolvido, apresentado como exemplo nesta seção, é uma ótima ferramenta para que os estudantes se familiarizem com a expressão matemática da lei de Fourier. Faça a leitura coletiva do enunciado da atividade apresentada explicando a eles o passo a passo da resolução.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

A condução térmica é um dos exemplos de transferência de calor entre corpos em contato, tema que contempla a habilidade **EM13CNT101**, em que são analisadas as transformações de energia na matéria.

Dialogando com o texto

A questão proposta neste boxe pode ser respondida em um debate que envolva a classe toda ou ser resolvida em pequenos grupos, para, depois, ser aberta para todos, comparando as respostas.

Para fazer o cálculo da quantidade de carvão necessária para um mês de 30 dias, é preciso levar em consideração as informações contidas no exercício resolvido, apresentado como exemplo. Com essas informações, é possível saber que em um período de 12 horas são consumidos 108 kg de carvão. Portanto, para o cálculo da quantidade de carvão necessária para um mês de 30 dias, é preciso multiplicar a massa diária – 108 kg – por 30 dias, resultando em um valor de 3.240 kg. Após a realização do cálculo mensal, é esperado que os estudantes cheguem à conclusão de que são necessários 3.240 kg de carvão para manter a temperatura interna de uma casa no inverno durante um mês inteiro.

De olho na BNCC

- **Competência geral 7**

As atividades sugeridas neste boxe levam os estudantes a argumentar para formular e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns, mobilizando a **competência geral 7**.

Aplicando conhecimentos

- 1 O papel das nossas vestimentas é o de servir como isolantes térmicos e dificultar a absorção ou a perda de calor para o ambiente. Quando estamos em um lugar com alta temperatura, as vestimentas dificultam a absorção de calor pelo nosso corpo.
- 2 O espaço existente na serragem é ocupado pelo ar atmosférico, que é um excelente isolante térmico por ter coeficiente de condutibilidade térmica muito baixa.

- 3 O ventilador é utilizado para fazer o ar circular e favorecer a evaporação do suor, o que nos dá a sensação térmica de diminuição da temperatura.
- 4 Para resolver essa questão, solicite aos estudantes que observem a tabela de condutibilidade térmica exibida no livro. Nessa tabela, é possível visualizar que o cobre possui maior condutibilidade que o ferro e, portanto, aquecerá com mais facilidade.

4. Convecção térmica

Para desenvolver este tema, é interessante iniciar uma conversa com os estudantes utilizando o exemplo da água aquecida em uma panela. Explique que, para acelerar o processo de aquecimento da água em uma panela, é sugerido que a tampa seja colocada sobre ela. Peça aos estudantes que formularem hipóteses para explicar o motivo dessa sugestão. Explique a eles que, ao aquecer a água, ocorrerá transmissão do calor em forma de energia térmica nas massas líquidas em movimento. Assim, as moléculas da água são aquecidas pela convecção térmica. Ao aquecer a água com a panela destampada, é correto dizer que parte das moléculas da água em forma de vapor são absorvidas pela atmosfera, porém, se tamparmos a panela, as moléculas da água na forma gasosa ficarão aprisionadas no sistema, onde ocorrerá a convecção do vapor d'água dentro da panela. Nessa situação, a panela armazena maior quantidade de energia térmica, aquecendo a água com mais facilidade.

Enfatize aos estudantes que o ar atmosférico próximo ao solo aumenta sua temperatura devido à absorção de calor. Isso provoca a diminuição da densidade da massa de ar, que se desloca para as regiões mais altas da atmosfera. Essa massa de ar, ao entrar em contato com a massa de ar mais fria, perde calor e aumenta a densidade, retornando à região mais próxima ao solo. Esse processo é o responsável por espalhar resíduos de poluição pelo ar de forma menos perceptível a nós seres humanos.

Inversão térmica

Mostre a figura 7 dessa seção e destaque que, em ambientes com grandes concentrações de poluentes na atmosfera, a inversão térmica pode gerar problemas de saúde na população. Sugerimos que seja solicitada aos estudantes uma pesquisa sobre os tipos de poluentes mais comuns liberados na atmosfera, atividade que pode ser realizada com o professor de Biologia. Após a pesquisa, proponha aos estudantes a estruturação e a produção de um *podcast* informativo, relacionando a liberação de poluentes na atmosfera com a inversão térmica e sugerindo ações e tecnologias para minimizar esse problema. O *podcast* pode ser apresentado em aula ou divulgado pelas redes sociais da escola, estimulando o debate da comunidade escolar sobre o assunto.

Em destaque

Após a leitura do texto, proponha uma roda de conversa, com o intuito de discutir as hipóteses para o fenômeno apresentado no texto. É esperado que os estudantes associem essas

hipóteses com a convecção do ar e com a inversão térmica. Por dificultar a convecção do ar, quando ocorre em locais que possuem grandes índices de poluição atmosférica, como São Paulo, a inversão térmica provoca a retenção da poluição próxima ao solo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **EM13CHS104**
- **EM13CHS302**
- **EM13CHS304**
- **EM13CHS305**
- **EM13LGG305**

O conteúdo do boxe *Em destaque* permite o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT303**, por meio da interpretação de textos de divulgação científica que tratam de temáticas das Ciências da Natureza; **EM13CHS302** e **EM13CHS304**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, por meio da análise dos impactos econômicos e socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas, de indivíduos e de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias; **EM13CHS305**, ao analisar e discutir o papel dos organismos nacionais de regulação, controle e fiscalização ambiental; e **EM13LGG305**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, por meio da escrita da carta, que permite aos estudantes mapear e criar, por meio de práticas de linguagem, possibilidades de atuação social.

A habilidade **EM13CHS104**, da área de Ciências Humanas e Sociais aplicadas, também é favorecida ao analisar objetos da cultura imaterial como suporte de conhecimentos e práticas que singularizam diferentes sociedades inseridas no tempo e no espaço.

Atividade prática

Essa atividade deve ser realizada em grupo, com a presença do professor e, de preferência, em um ambiente com boa ventilação. Antes do início da atividade, enfatize aos estudantes a importância do cuidado ao manusear o canudo de papel com fogo e ao colocá-lo no lixo.

Ao finalizar o experimento, os estudantes provavelmente terão observado que a fumaça se deslocou para a região inferior da garrafa. A fumaça é o ar aquecido, ao adentrarem a garrafa, são impedidos de circular pelo fato de a garrafa estar fechada. Assim, a fumaça, por ser mais densa que o ar, tende a se deslocar para o fundo dela.

Aplicando conhecimentos

5 Na situação apresentada no exercício, a decisão de Juvêncio foi equivocada. O aquecedor deve ser colocado no solo, pois o ar quente, sendo menos denso, tende a subir.

Você pode aproveitar a oportunidade e comparar a posição dos congeladores na parte superior das geladeiras em contraposição aos balcões frigoríficos, horizontais, abertos ao ambiente e próximos ao solo, em um supermercado.

Como regra, você poderá dizer que, para favorecer a convecção térmica espontânea, o aquecimento é sempre feito de baixo para cima (ocorrendo, assim, a subida do fluido aquecido, menos denso), enquanto o resfriamento deve ser feito de cima para baixo (para favorecer a descida do fluido resfriado, mais denso).

6 O ar resfriado próximo aos alimentos, por ser mais denso que o ar mais quente do ambiente, não sobe, permanecendo em contato com esses produtos, o que não permite seu aquecimento e sua consequente deterioração.

7 Alternativa E.

As camadas de ar junto ao solo apresentam temperaturas menores que as superiores e, por isso, não sobem, dificultando a dispersão dos poluentes. Essa inversão de temperaturas nas camadas atmosféricas dificulta ou impede a convecção das massas quente e fria do ar atmosférico em determinada região.

5. Irradiação térmica

Antes de iniciar o conteúdo, questione os estudantes sobre o que se pode considerar fonte de energia. Entre as respostas, espera-se que eles identifiquem que os raios solares podem ser considerados fonte de energia. Caso não os mencionem, explique um pouco sobre as fontes de energia.

A transmissão de energia pelo Sol é conhecida como radiação térmica, e todos os corpos emitem radiação térmica que depende da temperatura do corpo. Podemos observar esse fenômeno com mais facilidade no fogo, na brasa de uma churrasqueira e num metal incandescente. Se considerar conveniente, questione se o ser humano emite radiação eletromagnética. Caso as respostas sejam afirmativas, pergunte aos estudantes o porquê de não enxergarmos a radiação emitida. Após uma primeira discussão sobre o assunto, explique que emitimos radiação eletromagnética, numa faixa espectral invisível para o olho humano, conhecida como infravermelho. Esta seção contempla a habilidade **EM13CNT101**.

Atividade prática

Ao colocar duas moedas idênticas expostas ao Sol, uma pintada de preto e outra de branco, será possível verificar que, depois de um mesmo intervalo de tempo de exposição, a moeda preta estará mais quente que a branca. Isso ocorre porque a moeda preta absorve mais intensamente a energia dos raios infravermelhos e se aquece mais. A branca reflete mais intensamente parte dos raios infravermelhos que nela incidem, aquecendo-se menos.

Peça aos estudantes que produzam um relatório de desenvolvimento da atividade, indicando os materiais utilizados, os procedimentos e suas hipóteses, que poderá ser utilizado como recurso para a avaliação.

A estufa de plantas e o efeito estufa

Para discutir esse tema, sugerimos que, após a explicação, você peça aos estudantes que elaborem hipóteses sobre o que aconteceria com o planeta Terra se não houvesse gases de efeito estufa na atmosfera e, depois, compartilhá-las com a turma. Outra possibilidade é lançar a eles a seguinte pergunta: Considerando que as moléculas e partículas presentes na atmosfera terrestre são responsáveis pela absorção de energia, se essa quantidade de matéria aumentar na atmosfera, o que pode acontecer com a temperatura do planeta Terra? Com essa questão, os estudantes podem discutir, argumentar e entender os fenômenos do efeito estufa e do aquecimento global.

Atividade em grupo

Você pode retomar as discussões sobre o efeito estufa. Com relação à pesquisa, você pode dividir a classe em grupos (4, 8 ou 12 grupos) e propor a eles quatro temas. Como cada grupo escolhe um, tenha o cuidado para que todos os temas sejam contemplados igualmente; assim, se há 8 grupos, 2 se encarregam do mesmo tema. Os temas sugeridos são estes:

1. Como funciona uma estufa para plantas, qual é a necessidade de seu uso e quais são os benefícios obtidos com a sua utilização.
2. As causas do efeito estufa atmosférico, apontando as atividades humanas que contribuem para a sua intensificação, as substâncias que acentuam esse fenômeno, a influência no aumento da temperatura média do planeta e o porquê de ter esse nome.
3. Os avanços, se aconteceram, nas discussões entre os governos sobre o efeito estufa, desde o Protocolo de Kyoto em 1997 até a Conferência de Copenhague (COP-15) em 2009, passando pelo quinto relatório do IPCC (publicado em 2014).
4. Atitudes e práticas que todo e qualquer cidadão pode incorporar aos seus hábitos cotidianos a fim de contribuir para amenizar ou, no mínimo, não piorar a situação climática do planeta, que já é grave.

Cada grupo desenvolve sua pesquisa e a expõe em data previamente agendada. É interessante que haja uma aula para cada tema: nessa aula, os grupos que pesquisaram esse tema fazem a apresentação e realizam um debate.

Ao final das discussões, os grupos se reúnem por tema e elaboram uma campanha de divulgação e de conscientização sobre os problemas que o planeta enfrenta. A campanha deve propor atitudes simples a serem incorporadas pela escola.

De olho na BNCC

• EM13LGG704

A *Atividade em grupo* possibilita o trabalho com a habilidade **EM13LGG704**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, na medida em que os estudantes são convidados a apropriar-se criticamente de processos de pesquisa e busca de informação, por meio dos novos formatos de produção e distribuição do conhecimento na cultura de rede.

observar que entre as paredes laterais existe ar rarefeito (“vácuo”). A superfície em que o líquido fica armazenado é lisa e espelhada e a tampa da garrafa é feita de material isolante. Enfatize que todos os componentes da garrafa são elementos que refletem calor (parede espelhada) ou materiais isolantes (tampa, vidro e “vácuo”), que dificultam a troca de energia por condução.

Aquecimento da água por energia solar

Antes de ler o texto, sugerimos propor o seguinte desafio aos estudantes, considerando tudo o que já foi trabalho em aula: Como seria um esquema do sistema de aquecimento de água por energia solar?

O desafio pode ser respondido em um debate que envolva a classe toda ou pode ser resolvido em pequenos grupos, para, depois, ser aberto para todos, comparando as respostas.

Para dar subsídios aos estudantes, retome a leitura e as discussões do início desta seção.

Para complementar, sugerimos a leitura do texto “*Ensino Física com consciência ecológica e com materiais descartáveis*”, de Felipe Damásio e Maria Helena Steffani. O texto está disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/070808.pdf>>. (Acesso em: 10 jul. 2020.)

De olho na BNCC

• EM13CNT101

• EM13CNT103

• EM13CNT106

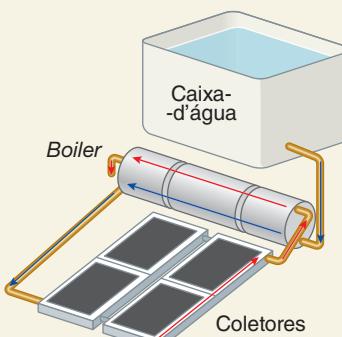
• EM13CHS102

Esta seção desenvolve as habilidades **EM13CNT101**, por meio da análise dos sistemas de transformação e conservação de energia; **EM13CNT103**, por meio da utilização do conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano e na geração de energia elétrica; e **EM13CNT106**, pois leva os estudantes a avaliar tecnologias e soluções para geração de energia, considerando suas características de produção.

Ao abordar o contexto histórico do desenvolvimento das garrafas térmicas, esse item permite a análise e a discussão de circunstâncias históricas da emergência de matrizes conceituais hegemônicas, possibilitando o trabalho com a habilidade **EM13CHS102**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Dialogando com o texto

Incentive os estudantes a compartilhar seus desenhos e suas hipóteses com os colegas. A ilustração a seguir representa o fluxo de água quente e fria em um sistema de aquecimento solar: a água fria desce da caixa-d’água, passa pelo boiler e se direciona aos coletores, onde é aquecida e direcionada novamente para o boiler.



Dialogando com o texto

A atividade desse boxe sugere a elaboração de desenhos esquemáticos que forneçam uma explicação detalhada sobre os fenômenos indicados em cada tópico. Oriente os estudantes a fazer os desenhos em papel cartolina grande e posteriormente apresentá-los à turma, explicando o tópico escolhido. Essa atividade é importante para estimular o senso de colaboração entre os estudantes, além de ser uma boa oportunidade para avaliar os conhecimentos adquiridos sobre o tema.

Garrafa térmica

Apresente a figura 9 aos estudantes, indicando detalhadamente os materiais que constituem a garrafa térmica. É possível

Aplicando conhecimentos

- 8 Como o espaço entre a mão e a lâmpada é preenchido por ar, um bom isolante térmico, pode-se desprezar a transmissão de calor por condução. Além disso, o ar aquecido tende naturalmente a subir, e não a descer, até a sua mão; portanto, podemos também desprezar a transmissão de calor por convecção. Assim, dos três processos de transmissão de calor, apenas a irradiação é capaz de transmitir calor à sua mão de maneira significativa.
- 9 No verão, é preferível usar roupas com cores claras, que refletem melhor a energia radiante. Já no inverno, é aconselhável usar roupas em tons escuros, visto que a absorção da energia radiante será maior.
- 10 Nas regiões próximas à linha do Equador, os raios solares incidem mais diretamente do que nas regiões polares (veja a figura a seguir).

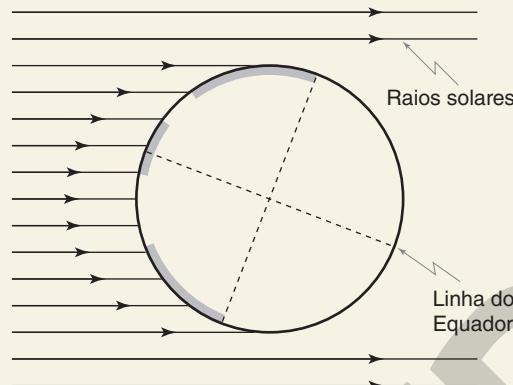


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Assim, devido ao formato esférico da Terra, a concentração de energia luminosa por unidade de área tende a ser maior nas regiões próximas à linha do Equador.

- 11 A temperatura em uma noite com estrelas será provavelmente menor do que a temperatura em uma noite sem estrelas. Isso pode ser explicado se considerarmos que, em uma noite estrelada, a maior parte da radiação emitida pela Terra se propagará pelo espaço; já em uma noite sem estrelas, a cobertura de nuvens absorve boa parte da radiação emitida pela Terra.

De olho na BNCC

- **Competência geral 7**

As atividades sugeridas neste boxe levam os estudantes a argumentar para formular e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns, mobilizando a **competência geral 7**.

CAPÍTULO 6 Proporção nas reações químicas: estequiometria

Metas do capítulo

- Relacionar os coeficientes estequiométricos de uma equação química corretamente balanceada à quantidade de matéria de reagentes e produtos envolvidos na reação química representada pela equação.
- Perceber as relações estequiométricas fundamentais e utilizá-las em cálculos para obter quantidades de reagentes ou de produtos.
- Realizar cálculos estequiométricos em processos que envolvem reações sucessivas.
- Determinar o grau de pureza de uma substância a partir de dados pertinentes.
- Estimar o rendimento de uma reação a partir de dados experimentais adequados.

- Realizar cálculos estequiométricos referentes a processos com reagentes em solução aquosa, utilizando corretamente dados de concentração em quantidade de matéria.
- Compreender a técnica da titulação ácido-base para determinar a concentração de uma solução problema.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Química.

Na abertura do capítulo é discutida a fermentação feita pelas leveduras na fabricação do pão. Sugerimos que inicie a aula questionando aos estudantes a causa de a massa crescer em razão da adição do fermento. Mencione que existem, para uso culinário, dois tipos de fermento: o químico e o biológico.

Pergunte se eles conhecem a diferença entre esses dois tipos de fermento, anote no quadro as ideias fornecidas pelos estudantes e destaque as informações da foto de abertura do capítulo. Explique que o fermento biológico é composto por microrganismos conhecidos como leveduras e que, diferentemente dele, o fermento químico é composto por sais, como o hidrogenocarbonato de sódio.

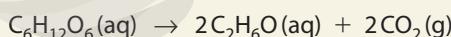
Ao falar sobre o processo de fermentação descrito no texto, mostre que a fermentação que ocorre na panificação envolve a reação de fermentação alcoólica (estudada no Capítulo 2). Mencione também que as leveduras não têm enzimas para hidrolisar o amido (polissacarídio) da farinha de trigo, mas têm enzimas para hidrolisar a sacarose (dissacarídio). Embora possa haver uma pequena quantidade de dissacarídio na farinha, é comum adicionar um pouco de sacarose na massa para favorecer a fermentação.

Amplie o exemplo dado na abertura sobre a fermentação, estabelecendo uma relação com as reações químicas, e faça as seguintes perguntas para os estudantes: Quando uma reação química é realizada com quantidades conhecidas de reagentes, é possível prever a quantidade de cada um dos produtos que será formada? E, de modo inverso, é possível fazer uma estimativa da quantidade de reagentes necessária para obter certa quantia de produtos? Utilize essas perguntas para averiguar o conhecimento prévio dos estudantes antes de explicar o que são os cálculos estequiométricos.

Deixe claro que a meta central do capítulo é propiciar a compreensão dos raciocínios usados quando é necessário determinar a quantidade de reagentes que devem reagir a fim de obter determinada quantidade de produtos ou determinar a quantidade de produtos em que quantidades conhecidas de reagentes podem se transformar quimicamente. Nesses cálculos, algumas informações adicionais frequentemente precisam ser consideradas, tais como pureza de reagentes e rendimento de reações.

1. Relações estequiométricas fundamentais

Retome com os estudantes a reação de fermentação alcoólica que ocorre na massa do pão. Explique o que são os coeficientes estequiométricos e a importância de balancear corretamente uma equação química a fim de obter esses coeficientes. Caso considere válido, realize o balanceamento da equação a seguir na lousa juntamente com os estudantes.



Usando os esquemas do Livro do Estudante, mostre que a proporção estequiométrica pode ser usada para indicar o número de moléculas e também a quantidade de matéria de reagentes e de produtos em uma reação química.

Ressalte que, inicialmente, os cálculos estequiométricos serão realizados tendo como base condições idealizadas, nas quais os reagentes são considerados 100% puros, o rendimento da reação equivale a 100% e a quantidade de substâncias

presentes encontra-se na proporção exata indicada pelos coeficientes da reação balanceada (ou seja, sem reagentes em excesso). No entanto, como na prática os processos químicos não ocorrem dessa forma, ressalte que posteriormente fatores como impureza de reagentes e rendimento da reação inferior a 100% serão apresentados.

Atividade em grupo

Esta *Atividade em grupo* apresenta uma proposta que possibilita o desenvolvimento do Tema Contemporâneo Transversal (TCT) **Trabalho**. Nesta 1^a etapa, os estudantes deverão pesquisar sobre profissões relacionadas aos temas estudados em Ciências da Natureza. Auxilie-os a identificar essas carreiras, que vão além da Biologia, da Física e da Química. Caso considere válido, selecione algumas profissões, escreva o nome de cada uma delas em um cartão e distribua os cartões entre os grupos, incentivando-os a buscar também informações sobre elas e a entrevistar profissionais que atuem nessas áreas. Para a síntese do conteúdo pesquisado, solicite aos estudantes a elaboração de um texto, que pode incluir esquemas e outras indicações de infografia. Essa atividade pode ser realizada com o auxílio do professor de Língua Portuguesa e poderá ser utilizada para a produção do material solicitado ao final da 4^a etapa.

De olho na BNCC

• EM13CNT302

A *Atividade em grupo* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302** da BNCC, pois leva os estudantes a comunicar resultados de análises e pesquisas, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos e tabelas, 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 com relevância sociocultural.

Relação estequiométrica entre quantidades de matéria

Resolva na lousa o exemplo dado no Livro do Estudante. Após encontrar a quantidade de glicose em mol, peça aos estudantes que observem a equação química que representa a reação da conversão da glicose em etanol e gás carbônico. Lembre-os de que os coeficientes estequiométricos definem a proporção em mol dos reagentes e dos produtos. Portanto, nesse caso, a quantidade (em mol) de gás carbônico produzido é sempre o dobro da quantidade (em mol) de glicose que reage.

Ao mostrar o cálculo da quantidade de gás carbônico em mol, comente que, para qualquer reação química, o estabelecimento das proporções entre quantidades de matéria torna possível determinar as quantidades que reagem ou que são produzidas. Para obter a massa de gás carbônico, explique aos estudantes que está sendo usado o mesmo tipo de expressão matemática que foi aplicado para calcular a quantidade de glicose em mol.

Relação estequiométrica entre massas

Mostre que é possível realizar o cálculo do exemplo anterior em apenas uma etapa estabelecendo-se uma relação entre massas conforme apresentado no Livro do Estudante. Nesse caso, trata-se da proporção entre a massa de glicose que reage e massa do dióxido de carbono produzido.

Deixe claro que é possível obter a proporção em massa entre reagentes e produtos por meio do cálculo das massas molares de cada participante da reação seguido da multiplicação dessas massas pelos respectivos coeficientes estequiométricos na equação química balanceada. Com o estabelecimento dessa proporção, torna-se possível resolver de modo relativamente sucinto situações-problema que envolvam a determinação da massa de reagente(s) ou de produto(s).

Relação estequiométrica envolvendo volume gasoso

Inicialmente, explique que, em experimentos que envolvem reações com reagentes ou produtos em fase gasosa, medir o volume dessas substâncias é mais prático do que medir a massa. Explique o conceito de *volume molar de gás ideal* e diga que, em condições ambientes (25 °C e 1 atm), ele vale 24,5 L/mol. É importante que os estudantes percebam que a expressão *volume molar* significa *volume de 1 mol*. Se considerar necessário, comente que a expressão *gás ideal* designa um modelo teórico em que duas considerações são feitas: não existem forças intermoleculares e as moléculas do gás são consideradas puntiformes, ou seja, seu volume é desprezado. Gases reais aproximam-se do comportamento ideal quando a temperatura aumenta e a pressão diminui, pois essas condições aumentam a energia cinética das moléculas (diminuindo a relevância das atrações intermoleculares) e também o espaçamento entre elas (tornando menos importante o tamanho das moléculas em relação ao volume ocupado pela amostra).

Mostre como é montada a regra de três para obter o volume de gás carbônico, conforme o exemplo do Livro do Estudante. Chame a atenção para o fato de que esse exemplo envolve duas grandezas diferentes: a massa e o volume. Mostre que, em cada coluna da regra de três, colocamos uma mesma grandeza com as mesmas unidades de medida.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT301**

Este item e as atividades a ele relacionadas da seção *Aplicando conhecimentos* possibilitam o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT101**, pois promovem a análise e a representação das transformações e conservações em sistemas que envolvem quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas; e **EM13CNT301**, uma vez que estimulam os estudantes a construir previsões e estimativas, 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.

Dialogando com o texto

Antes de propor e trabalhar com os estudantes esta atividade, recomendamos que o docente leia o texto sobre *pensamento computacional* na parte inicial deste Suplemento do Professor e também o comentário a respeito da atividade *Dialogando com o texto* do Item 4 do Capítulo 3, no qual algumas das ideias aqui envolvidas são abordadas.

A atividade apresenta um algoritmo para a automação de um equipamento industrial em que se realizarão reações químicas e solicita aos estudantes que deduzam a expressão matemática que falta (indicada por "?" no fluxograma). Também solicita que pesquisem o que é um *loop*, identifiquem o *loop* que existe no algoritmo e expliquem qual é a condição usada para sair dele.

A análise do algoritmo, feita a seguir, reporta-se aos números indicativos em magenta, exclusivos do professor, que aparecem junto do fluxograma na sua versão do Livro do Estudante.

1. Início da execução das instruções do algoritmo.
2. Inicialmente, o computador enviará comandos ao equipamento para medir a massa do reagente A (s) e armazenará, na memória, o resultado numérico dessa medida na variável $m(A)$. Uma vez que o reagente B (l) está disponível em excesso, o valor da massa de A (s) será usado para determinar, por estequiometria, a massa necessária de B e, consequentemente, seu volume.
*a, b: coeficientes estequiométricos de A e B;
M(A), M(B): massas molares (em g/mol) de A e B;
d(B): densidade (em g/mL) de B.*
3. O computador recebe entradas de dados e os armazena na memória:
*a, b: coeficientes estequiométricos de A e B;
M(A), M(B): massas molares (em g/mol) de A e B;
d(B): densidade (em g/mL) de B.*
4. Vamos deduzir a expressão que entra no lugar indicado por "?" no fluxograma. Considerando que a equação da reação é $aA(s) + bB(l) \rightarrow cC(s)$, podemos determinar a massa de B assim:

$$\frac{a \cdot M(A)}{m(A)} = \frac{b \cdot M(B)}{x} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{b \cdot M(B) \cdot m(A)}{a \cdot M(A)}$$

E, a seguir, o volume de B pode ser determinado a partir da densidade:

$$d(B) = \frac{m(B)}{V(B)} \quad \Rightarrow \quad V(B) = \frac{m(B)}{d(B)} \quad \Rightarrow \quad V(B) = \frac{x}{d(B)}$$

Substituindo o valor de x , calculado anteriormente, chegamos à expressão solicitada na pergunta 1 da atividade:

$$V(B) = \frac{b \cdot M(B) \cdot m(A)}{a \cdot M(A) \cdot d(B)}$$

No bloco (4) do algoritmo, esse valor é calculado pelo computador e o resultado numérico é armazenado na memória como valor da variável $V(B)$.

5. O equipamento insere a quantidade total do reagente A no reator (recipiente no qual ocorrerá a reação).
6. O computador reserva uma área na memória na qual será alocada a variável V_{adic} (que representa o volume adicionado), e atribui a ela o valor inicial zero.

7. O equipamento insere 1 mL do reagente B líquido e aumenta uma unidade na variável V_{adic} , que passa a valer 1, ou seja, 1 mL de B já foi adicionado.
8. O programa testa se V_{adic} é igual ou superior ao valor total que deverá ser adicionado do líquido B, que é $V(B)$, calculado em (4). Nessa primeira passagem por (8), a resposta da comparação feita é NÃO.
9. O computador aguarda um intervalo de tempo de 1 segundo e vai para o bloco (10), que é o mesmo bloco (7) pelo qual já passou anteriormente.
10. O equipamento insere mais 1 mL de B e aumenta uma unidade na variável V_{adic} , que passa a valer 2, ou seja, 2 mL de B já foram adicionados.
11. O programa testa novamente se V_{adic} igualou ou superou $V(B)$. Enquanto a resposta for NÃO, o programa executará o seguinte conjunto de instruções:

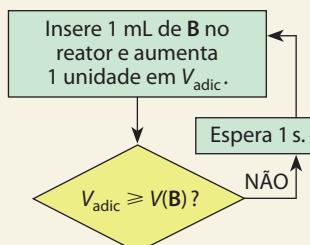


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

- Um **loop** é um conjunto de instruções que um programa de computador executa até que sejam alcançadas uma ou mais condições desejadas. O conjunto destacado acima é o *loop* que existe no algoritmo, e será executado enquanto a variável V_{adic} for menor que $V(B)$. A cada execução, a variável V_{adic} é aumentada em 1 unidade na memória do computador. Quando V_{adic} igualar $V(B)$ ou superá-lo ligeiramente (não superará por mais do que 1 mL), a resposta à pergunta " $V_{adic} \geq V(B)$?" será SIM, e o *loop* se encerrará. A condição para encerrar o *loop* é, portanto, que a variável V_{adic} seja igual a $V(B)$. Essas são as respostas esperadas para a pergunta 2 da atividade.
12. O fluxo somente passará por (12) quando a condição para encerramento do *loop* for satisfeita.
 13. O computador comanda o desligamento da agitação e avisa o usuário que o procedimento foi concluído.
 14. O conjunto de instruções do algoritmo termina.

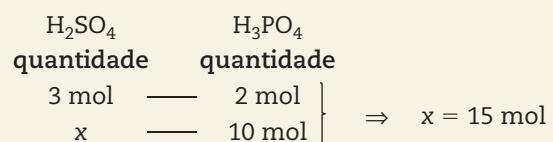
De olho na BNCC

- EM13CNT308**

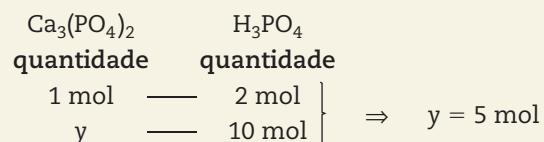
O Dialogando com o texto possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308** da BNCC, já que possibilita a investigação e a análise do funcionamento de sistemas de automação por meio de fluxogramas, que são a base dos sistemas que automatizam tarefas (braçais ou intelectuais), para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

Aplicando conhecimentos

- 1** a) A proporção em mols entre H_2SO_4 e H_3PO_4 é 3 : 2, com a qual podemos elaborar o cálculo:

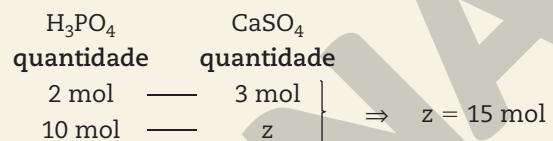


A proporção em mols entre $Ca_3(PO_4)_2$ e H_3PO_4 é 1 : 2, com a qual podemos elaborar o cálculo:

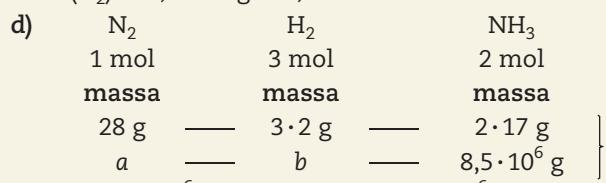
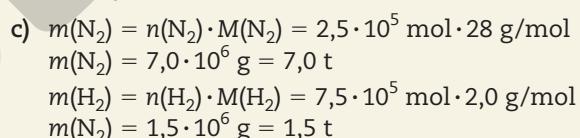
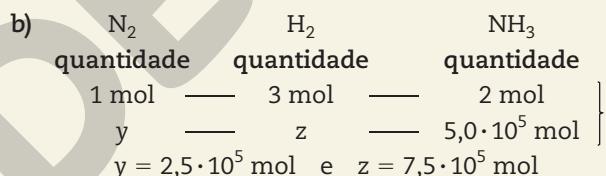
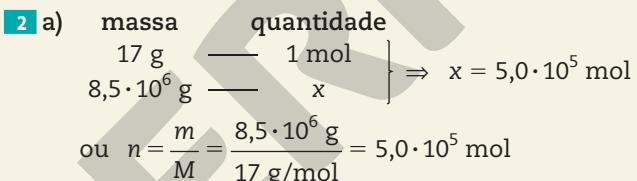


Assim, as quantidades necessárias são 15 mol de ácido sulfúrico e 5 mol de fosfato de cálcio.

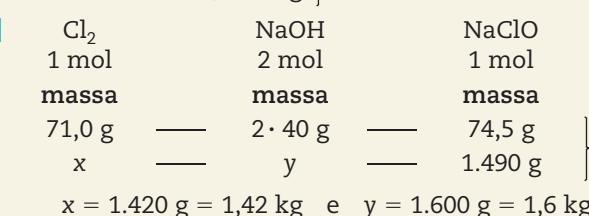
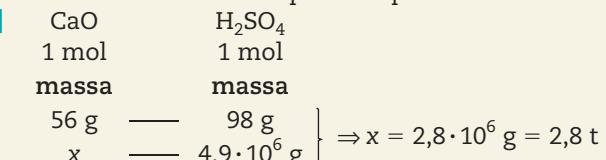
- b)** A proporção em mols entre H_3PO_4 e $CaSO_4$ é 2 : 3, com a qual podemos elaborar o cálculo:



Assim, a quantidade produzida de sulfato de cálcio é 15 mol.



Os resultados obtidos coincidem com os do item c, pois são dois modos equivalentes para efetuar o cálculo de massas por estequiometria.



- 5** A proporção (em mols) entre $MnO_2(s)$ e $Mn(s)$ é 3 : 3, que é equivalente a 1 : 1. Então:

$$\begin{array}{ll} MnO_2 & Mn \\ 1 \text{ mol} & 1 \text{ mol} \\ \text{massa} & \text{massa} \\ 87 \text{ g} & 55 \text{ g} \\ x & 5,0 \cdot 10^6 \text{ g} \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = 7,9 \cdot 10^6 \text{ g} = 7,9 \text{ t}$$

- 6** a) Lavoisier constatou que a massa final de um recipiente fechado, após ocorrer dentro dele uma reação química, é sempre igual à massa inicial. A lei de Lavoisier, ou lei da conservação da massa, enuncia que, quando uma reação química é realizada em recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. Ressalte aos estudantes que, entre os reagentes e/ou entre os produtos de uma reação química, podem existir substâncias gasosas. Se, por exemplo, uma substância gasosa for produzida em uma reação, ela sairá espontaneamente do recipiente e sua massa não será medida pela balança como parte da massa final do sistema. Ao escolher recipientes fechados, Lavoisier eliminou dúvidas sobre a possível entrada ou saída de gases do sistema.

Usando a lei de Lavoisier, a massa de gás oxigênio que reage é calculada subtraindo a massa de Mg da massa de MgO . As massas obtidas para os experimentos 1 a 6 são, respectivamente, 3,20 g; 4,80 g; 6,40 g; 8,00 g; 9,60 g e 11,20 g.

- b) Consultando a tabela periódica, obtemos:

$$M(Mg) = 24,3 \text{ g/mol}, M(O_2) = 32,0 \text{ g/mol} \text{ e} \\ M(MgO) = 40,3 \text{ g/mol}$$

Empregando a relação $n = m/M$, calculamos os valores para montar a seguinte tabela, solicitada na atividade, com n expresso na unidade mol:

| Experimento | $n(Mg)$ | $n(O_2)$ | $n(MgO)$ |
|-------------|---------|----------|----------|
| 1 | 0,20 | 0,10 | 0,20 |
| 2 | 0,30 | 0,15 | 0,30 |
| 3 | 0,40 | 0,20 | 0,40 |
| 4 | 0,50 | 0,25 | 0,50 |
| 5 | 0,60 | 0,30 | 0,60 |
| 6 | 0,70 | 0,35 | 0,70 |

- c) $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$

A tabela elaborada no item anterior está de acordo com a proporção estequiométrica (expressa pelos coeficientes da equação), já que as quantidades (em mol) de $Mg(s)$ e $MgO(s)$ são iguais, e cada uma delas é o dobro da quantidade (em mol) de $O_2(g)$.

- d) Não, pois a soma das quantidades (em mol) de reagentes pode ser diferente da soma das quantidades (em mol) de produtos. No caso da reação citada nesta atividade, a soma das quantidades (em mol) de magnésio e de gás oxigênio que reagem é maior que a quantidade (em mol) de óxido de magnésio formada.



b) Os volumes dos dois produtos (referentes às mesmas condições de pressão e temperatura) não são iguais porque os coeficientes estequiométricos não são iguais, ou seja, porque a quantidade (em mol) das substâncias produzidas é distinta. A proporção entre os coeficientes estequiométricos de gás hidrogênio (H_2) e gás oxigênio (O_2) é 2 : 1. Assim a proporção entre os volumes de $H_2(g)$ e $O_2(g)$ produzidos também é 2 : 1, o que significa que a relação (razão) entre eles é:

$$\frac{\text{volume de } H_2(g)}{\text{volume de } O_2(g)} = 2$$

2. Reações sucessivas, pureza e rendimento

A partir da situação problema da produção do etanol por meio da sacarose, o item aborda os conceitos de reações sucessivas, pureza e rendimento. Para contextualizar o tema, procure falar sobre esse processo produtivo, destacando que, no Brasil, a fermentação da cana-de-açúcar é o principal método empregado para obtenção do etanol. Comente que esse combustível também pode ser obtido da fermentação de vários outros vegetais ricos em açúcar, amido ou celulose, como o milho, a beterraba, o trigo, o arroz e a mandioca.

Caso considere válido, realize uma atividade na qual os estudantes deverão identificar os principais procedimentos (moagem, produção de melaço, fermentação do mosto, destilação do mosto fermentado) envolvidos na produção de etanol a partir da cana. Essa atividade pode ser ampliada e desenvolvida junto ao professor de História como sugerido no artigo: BRAIBANTE, M. E. F. et al. Cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc35_1/02-PIBID-38-12.pdf>, acesso em: 8 ago. 2020.

Em seguida, converse com os estudantes sobre a informação dada no Livro do Estudante, de que o rendimento do processo de produção de etanol na indústria fictícia mencionada é de 48%. Questione-os sobre o significado desse valor, estimule os estudantes a levantarem hipóteses. Registre-as e retorne a elas ao final da abordagem deste Item 2, a fim de que eles possam reavaliá-las e reformulá-las. Apresente a sequência de reações sucessivas do processo de fermentação alcoólica, destacando que os reagentes das reações 2 e 3 são produtos da reação 1.

Reações sucessivas

Explique para os estudantes que, no caso estudado, é necessário ter controle sobre a quantidade de sacarose adicionada ao reator e sobre a quantidade de etanol produzida após a fermentação. Para a finalidade desejada, não há necessidade de determinar as quantidades de glicose e frutose, que atuam como intermediários de reação nesse

processo, sendo produzidas em uma etapa e consumidas em outra etapa posterior. Além disso, ressalte que, por meio de um procedimento algébrico com as equações químicas das etapas, é possível obter uma equação global que relaciona diretamente as quantidades estequiométricas de sacarose e etanol.

Escreva as equações das etapas na lousa, fazendo as devidas simplificações e obtendo a equação química resultante da soma. Nesse processo é importante o detalhamento dos cancelamentos dos intermediários, pois os estudantes podem apresentar dúvidas nessa etapa. Mencione que, ao final do processo, é possível obter a relação:

$$1 \text{ mol de sacarose} : 4 \text{ mol de etanol.}$$

Atividade em grupo

Para trabalhar a 2^a etapa da *Atividade em grupo* iniciada no item anterior, os estudantes investigarão as características importantes para ter sucesso profissional. Estimule os estudantes a indicar o que eles consideram um perfil adequado para uma profissão de sua escolha. Deixe claro que não existe uma regra, mas que características como proatividade, comprometimento, criatividade, organização e inteligência emocional podem contribuir para que o profissional tenha sucesso nas mais diversas áreas.

Contribua com sua experiência e conhecimento a respeito da sua profissão, e oriente-os sobre o tipo informação que deverão buscar a respeito das profissões sobre as quais estão pesquisando. Lembre-os de que também devem pesquisar aspectos da atuação profissional como algo também voltado ao benefício da coletividade. Auxilie os estudantes na realização das entrevistas que poderão ser feitas pessoalmente ou por meio de videoconferências. Peça a eles que acessem as sugestões de uso de mídias digitais que estão disponíveis no início do Livro do Estudante para que verifiquem etapas importantes a serem consideradas na realização de uma entrevista.

Para o desenvolvimento da 3^a etapa da *Atividade em grupo*, converse com eles sobre suas aspirações pessoais, e como uma determinada profissão pode eventualmente gerar conflitos com as realizações desses objetivos. Peça aos estudantes que escrevam um texto em forma de carta, para a sua versão do futuro, descrevendo suas aspirações pessoais e profissionais, inspirando-se também na vivência profissional de amigos e familiares.

Essas 2^a e 3^a etapas da *Atividade em grupo* possibilitam a abordagem dos Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) **Trabalho e Vida familiar e social**, este último na medida em que as etapas abrangem aspectos da relação entre vida profissional e familiar, da reflexão sobre como administrar conflitos entre as duas instâncias, e da percepção de que o trabalho pode ser fonte de estresse e este interfere na qualidade de vida e nas relações interpessoais, pessoais e profissionais.

É recomendável que a escola promova uma palestra na qual profissionais como psicólogos e assistentes sociais poderão tirar possíveis dúvidas dos estudantes não apenas

sobre vida profissional, mas sobre o desenvolvimento e a manutenção de relações profissionais e familiares saudáveis.

De olho na BNCC

• EM13CHS403

As *Atividades em grupo* deste item permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS403** da BNCC, pois requerem caracterizar e analisar os impactos das transformações tecnológicas nas relações sociais e de trabalho próprias da contemporaneidade.

Pureza

Ao explicar o conceito de pureza, é possível que os estudantes apresentem dúvidas na montagem da regra de três e realizem a associação incorreta do grau de pureza à massa total da amostra. Portanto, sugerimos que faça uma representação simples na lousa, de um copo com um líquido; indique que esse copo contém 550 g de líquido, e que esse líquido é composto por etanol e impurezas. Faça uma divisão na representação, de forma que seja possível observar que a parte maior representa 92%, a parte menor representa 8% e o líquido todo representa 100%. Portanto, é a quantidade de etanol, ainda desconhecida, que equivale a 92%. Saliente que essa divisão esquemática é apenas didática, pois a substância de interesse (etanol) e as impurezas (água e pequena quantidade de outras substâncias) constituem um sistema homogêneo e não são visualmente distinguíveis.

Rendimento

Para tratar o conteúdo abordado neste subitem, sugerimos que explique aos estudantes que no cálculo da pureza foi obtida a quantidade de etanol produzida (506 g). Auxilie-os a comparar esse valor com a quantidade que seria obtida caso toda a sacarose fosse transformada em etanol, destacando que, na prática, o rendimento de uma transformação química é geralmente inferior a 100%.

Comente que existem muitos fatores que interferem no desenvolvimento de uma reação química. Entre eles estão a pureza dos reagentes, a ocorrência de reações paralelas (pelos quais os reagentes se transformam em outras substâncias que não são as de interesse) e a variação nas condições reacionais. Outros fatores que na prática precisam ser considerados são a imprecisão das medidas e os possíveis erros na execução do experimento. (Para conhecimento do docente, outra razão de as reações nem sempre se completarem é o estabelecimento de uma situação de equilíbrio químico, na qual reagentes e produtos passam a coexistir no sistema com concentrações constantes ao longo do tempo.)

Resolva as etapas de obtenção da quantidade de sacarose, apresentadas no Livro do Estudante, a partir da solução inicial. Em seguida, monte o cálculo estequiométrico que permite obter a quantidade teórica de etanol. Conclua o encaminhamento desse tema montando a regra de três para o cálculo do rendimento da reação.

De olho na BNCC

• EM13CNT301

Este item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** da BNCC, pois permite construir questões, previsões e estimativas e interpretar modelos explicativos para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Dialogando com o texto

A análise que realizamos, anteriormente, neste *Suplemento do Professor*, continua válida até o passo (12), que é a saída do *loop*. As diferenças ocorrem daí em diante e, para comentá-las, empregaremos a numeração indicada a seguir:

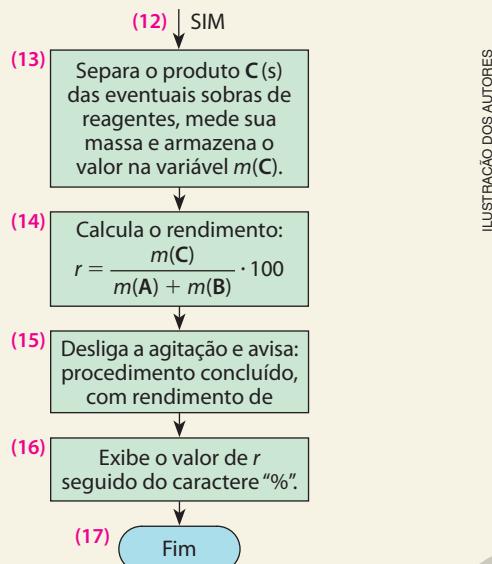


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

A parte numérica desse cálculo, indicada no bloco (14), é:

$$\frac{m(C)}{m(A) + m(B)} \cdot 100$$

Isso responde à pergunta feita na atividade. Importante perceber que, se a reação tivesse mais de um produto, a relação $m(C)_{\text{teórica}} = m(A) + m(B)$ não seria válida e, portanto, a expressão deduzida acima também teria validade.

15. O computador comanda o desligamento da agitação e avisa o usuário que o procedimento foi concluído.
16. O computador exibe o valor numérico de r seguido do símbolo de porcentagem.
17. O conjunto de instruções do algoritmo termina.

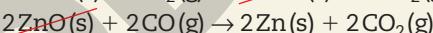
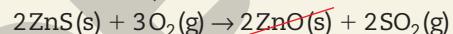
De olho na BNCC

• EM13CNT308

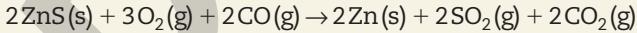
O *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308** da BNCC, já que possibilita a investigação e a análise do funcionamento de sistemas de automação por meio de fluxogramas, que são a base dos sistemas que automatizam tarefas (braçais ou intelectuais), para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

Aplicando conhecimentos

- 8** Esse é um processo que apresenta reações sucessivas. Multiplicando a segunda equação por 2 e somando as duas, temos:



(+)



Como a proporção entre sulfeto de zinco, ZnS, e zinco metálico, Zn, é de 1 : 1, são obtidos 8,5 mol de Zn.

- 9**
- | | |
|---------------------------|--------|
| ZnS | Zn |
| 1 mol | 1 mol |
| massa | massa |
| 97,4 g | 65,4 g |
| 2,925 · 10 ⁶ g | x |
- $\Rightarrow x = 1,96 \cdot 10^6 \text{ g} = 1,96 \text{ t}$

- 10** Como o minério tinha pureza de 80%, então a quantidade de Fe₂O₃ é de 800 kg. Considerando que M(Fe₂O₃) = 160 g/mol e M(Fe) = 56 g/mol, temos:

| | |
|--------------------------------|----------|
| Fe ₂ O ₃ | Fe |
| 1 mol | 2 mol |
| massa | massa |
| 160 g | 2 · 56 g |
| 800 kg | x |

$\Rightarrow x = 560 \text{ kg}$

Destaque aos estudantes que usamos g na primeira linha e kg na segunda porque se trata de uma relação massa-massa. Assim, o fator de conversão de kg para g se cancela e o resultado sai em kg.

- 11** Alternativa D.

62% de 1 t = 0,62 t

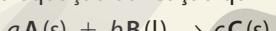
| | |
|--------|-----------------|
| CaO | CO ₂ |
| 1 mol | 1 mol |
| massa | massa |
| 56 g | 44 g |
| 0,62 t | x |

$\Rightarrow x = 0,49 \text{ t}$

Fator de emissão de CO₂ = $\frac{0,49 \text{ t}}{1 \text{ t}} = 0,49 = 4,9 \cdot 10^{-1}$

13. O equipamento controlado pelo *software* purifica C(s) e mede sua massa. O computador armazena o resultado dessa medida na memória como o valor da variável $m(C)$, a massa real obtida.

14. Considerando a equação da reação química fornecida,



notamos que há **apenas um produto**. Assim, pela conservação dos átomos em uma reação química (que implica conservação da massa), a massa teórica de C(s) que deveria ser formada quando as massas $m(A)$ e $m(B)$ reagem estequiométricamente com rendimento total (100%) é igual a:

$$m(C)_{\text{teórica}} = m(A) + m(B).$$

Então, o rendimento é dado por:

$$\frac{\text{massa de C}}{\text{massa de A}} \cdot 100\%$$

$$\frac{m(C)_{\text{obtida}}}{m(C)_{\text{teórica}}} = r \quad \left\{ \Rightarrow r = \frac{m(C)_{\text{obtida}}}{m(C)_{\text{teórica}}} \cdot 100\% \right.$$

Ocorre que $m(C)_{\text{obtida}}$ é igual a $m(C)$ determinada no bloco (13) e $m(C)_{\text{teórica}}$ é igual a $m(A) + m(B)$. Substituindo na expressão acima, concluímos que o rendimento é dado por:

$$r = \frac{m(C)}{m(A) + m(B)} \cdot 100\%$$

- 12 Como $560 \text{ mL} = 0,560 \text{ L}$ e $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g/mol}$, temos:

$$\begin{array}{ll} \text{Zn} & \text{H}_2 \\ 1 \text{ mol} & 1 \text{ mol} \\ \text{massa} & \text{volume} \\ 65,4 \text{ g} & \left. \begin{array}{l} \hline 22,4 \text{ L} \\ x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 1,64 \text{ g} \\ x & \left. \begin{array}{l} \hline 0,560 \text{ L} \end{array} \right\} \end{array}$$

A amostra contém 1,64 g de zinco (Zn), e o restante é cobre (Cu). Então:

$$\begin{array}{ll} \text{massa} & \text{porcentagem} \\ 4,0 \text{ g} & \left. \begin{array}{l} \hline 100\% \\ y \end{array} \right\} \Rightarrow y = 41\% \\ 1,64 \text{ g} & \left. \begin{array}{l} \hline \end{array} \right\} \end{array}$$

- 13 a) CaCO_3 CO_2
1 mol 1 mol

$$\begin{array}{ll} \text{massa} & \text{volume} \\ 100 \text{ g} & \left. \begin{array}{l} \hline 25 \text{ L} \\ x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 20 \text{ g} \\ x & \left. \begin{array}{l} \hline 5,0 \text{ L} \end{array} \right\} \end{array}$$

- b) massa porcentagem
25 g 100%
20 g y $\left. \begin{array}{l} \hline \end{array} \right\} \Rightarrow y = 80\%$

- 14 Nesse caso, é indiferente usar a quantidade de trióxido de dicromo (Cr_2O_3) ou de alumínio (Al), pois estão em proporção estequiométrica (1:2).

$$\begin{array}{ll} \text{Cr}_2\text{O}_3 & \text{Cr} \\ \text{quantidade} & \text{quantidade} \\ 1 \text{ mol} & \left. \begin{array}{l} \hline 2 \text{ mol} \\ x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 100 \text{ mol} \\ 50 \text{ mol} & \left. \begin{array}{l} \hline \end{array} \right\} \end{array}$$

Essa é a quantidade de crômio obtida com rendimento máximo. Considerando rendimento de 75%:

$$\begin{array}{ll} \text{quantidade} & \text{rendimento} \\ 100 \text{ mol} & \left. \begin{array}{l} \hline 100\% \\ y \end{array} \right\} \Rightarrow y = 75 \text{ mol} \\ y & \left. \begin{array}{l} \hline 75\% \end{array} \right\} \end{array}$$

- 15 a) $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ CO_2
1 mol 4 mol

$$\begin{array}{ll} \text{massa} & \text{volume} \\ 342 \text{ g} & \left. \begin{array}{l} \hline 4 \cdot 25 \text{ L} \\ x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 2.000 \text{ L} \\ 6.840 \text{ g} & \left. \begin{array}{l} \hline \end{array} \right\} \end{array}$$

Esse é o volume que seria obtido com rendimento máximo. Como foram obtidos 900 L, temos:

$$\begin{array}{ll} \text{volume} & \text{rendimento} \\ 2.000 \text{ L} & \left. \begin{array}{l} \hline 100\% \\ 900 \text{ L} \end{array} \right\} \Rightarrow y = 45\% \\ 900 \text{ L} & \left. \begin{array}{l} \hline y \end{array} \right\} \end{array}$$

- b) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ CO_2
1 mol 1 mol

$$\begin{array}{ll} \text{massa} & \text{volume} \\ 46 \text{ g} & \left. \begin{array}{l} \hline 25 \text{ L} \\ z \end{array} \right\} \Rightarrow z = 1,7 \cdot 10^3 \text{ g} = 1,7 \text{ kg} \\ z & \left. \begin{array}{l} \hline 900 \text{ L} \end{array} \right\} \end{array}$$

3. Cálculos estequiométricos com solutos

Caso disponha do equipamento necessário para a titulação, faça uma demonstração da técnica para os estudantes. Para acompanhar a explicação, use as imagens da Figura 3 do Livro do Estudante, nas quais eles poderão

observar a mudança da cor do indicador na presença de uma solução aquosa de NaOH. Explique que, nesse caso, a titulação consiste em neutralizar essa solução básica de concentração desconhecida. Além disso, é possível determinar a sua concentração a partir da determinação do volume utilizado da solução de HCl com concentração conhecida. Mostre a bureta por meio da Figura 4 e, se tiver essa vidraria disponível, mostre-a aos estudantes. Utilize a Figura 5 para exemplificar a leitura na bureta e explique como deve ser encaminhado o restante do procedimento até que se atinja o ponto de equivalência.

Para explicar a reação de neutralização entre o NaOH e o HCl, abordada no Livro do Estudante, sugerimos que reproduza a equação na lousa e destaque as informações das Figuras 6 e 7. A partir dos coeficientes estequiométricos, mostre que a proporção em mol entre essas substâncias é 1 : 1 e que, em decorrência dela, a quantidade em mol de ácido utilizada na neutralização é igual à quantidade em mol de base presente inicialmente na solução titulada. Apresente os cálculos para determinar a concentração da solução de NaOH e, por meio desse exemplo, deixe claro que a titulação ácido-base é uma técnica utilizada para determinar a concentração de soluções de ácido ou de base.

Em seguida, apresente a equação de neutralização entre o ácido sulfúrico e o hidróxido de sódio, mostrando que a proporção estequiométrica deve ser considerada para calcular a concentração da solução-problema. Ressalte que existem outros tipos de titulação além das titulações ácido-base, e que todas têm o objetivo de determinar concentrações desconhecidas. Uma aplicação importante dessa técnica é no controle de qualidade de matérias-primas, pois trata-se de um procedimento simples e rápido utilizado em indústrias e laboratórios.

De olho na BNCC

• EM13CNT301

Este item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** da BNCC, pois permite que os estudantes construam questões, elaborem hipóteses, previsões e estimativas e representem e interpretem modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Atividade em grupo

Na 4ª e última etapa da *Atividade em grupo*, os estudantes farão a apresentação dos resultados obtidos utilizando mídias digitais. Estimule-os a serem criativos e a mostrar de forma positiva a presença das Ciências da Natureza no mundo do trabalho. Para apresentar os dados e as discussões levantadas por meio desta atividade, proponha aos estudantes a produção de um vídeo ou *podcast* com os dados coletados e as entrevistas realizadas. Para a produção dos materiais digitais, é importante auxiliar o estudante na produção de um roteiro, com base nos textos produzidos na primeira e na segunda etapas. Os materiais produzidos podem ser apresentados para a turma, estimulando discussões sobre o tema.

De olho na BNCC

• EM13CNT302

A Atividade em grupo possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302** da BNCC porque permite aos estudantes comunicar resultados de análises e pesquisas, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos e tabelas, 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. Além disso, as quatro etapas dessa atividade possibilitam o desenvolvimento da **Competência geral 6** da BNCC ao valorizarem a diversidade de saberes e vivências culturais e levarem o estudante 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.

• Competência geral 6

Substituindo os valores:

$$\mathcal{M}_a \cdot 20,0 \text{ mL} = 0,40 \text{ mol/L} \cdot 25,0 \text{ mL}$$

$$\mathcal{M}_a = 0,50 \text{ mol/L}$$

Cálculo da massa de CH₃COOH em 1 L de solução:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH})$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,50 \text{ mol} \cdot 60 \text{ g/mol} = 30 \text{ g}$$

A densidade do vinagre, 1,0 g/mL, informa que cada mililitro tem massa 1,0 g e que um litro (1.000 mL) tem massa 1.000 g. Assim, podemos calcular a porcentagem de ácido acético em um litro de vinagre:

| massa | porcentagem |
|---------|-------------|
| 1.000 g | 100% |
| 30 g | x |

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow x = 3,0\%$$

Portanto, o vinagre não atende à especificação.

- 19** Primeiramente, determinamos a quantidade (em mol) de ácido derramado:

$$n_a = \mathcal{M}_a \cdot V_a = 16 \text{ mol/L} \cdot 5.000 \text{ L} = 8,0 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

A seguir, calculamos a massa de base necessária:

| H ₃ PO ₄ | Ca(OH) ₂ |
|--------------------------------|---------------------|
| 2 mol | 3 mol |
| quantidade | massa |
| 2 mol | 3 · 74 g |
| $8,0 \cdot 10^4$ mol | x |

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow x = 8,9 \cdot 10^6 \text{ g}$$

Essa massa equivale a 8,9 t. Portanto, 10 t de cal hidratada são suficientes para a neutralização.

- 20** Cálculo da quantidade em mol de HCl derramado:

$$n_a = \mathcal{M}_a \cdot V_a = 1,0 \text{ mol/L} \cdot 0,500 \text{ L} = 0,50 \text{ mol}$$

A equação da reação de neutralização indica que o NaHCO₃ e o HCl reagem na proporção (em mol) 1 : 1.

| NaHCO ₃ | HCl |
|--------------------|------------|
| 1 mol | 1 mol |
| massa | quantidade |
| 84 g | 1 mol |
| x | 0,50 mol |

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow x = 42 \text{ g}$$

Portanto, a massa disponível é suficiente.

- 21** a) A divisão em partes solicitada está indicada em magenta (apenas ao professor), no fluxograma que aparece no enunciado da atividade.

Ao comentar em sala de aula a atividade, interprete o fluxograma com os estudantes, a fim de se certificar de que todos o compreenderam. Saliente que, na bifurcação (bloco indicado por um losango) da primeira parte, se a resposta for:

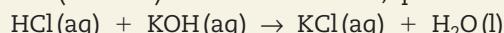
- NÃO, significa que se trata de **titulação de base** e, nesse caso, o usuário conhece a concentração do ácido (solução titulante que está na bureta) e deve inserir esse valor ($\mathcal{M}_{\text{ácido}}$);
- SIM, significa que se trata de **titulação de ácido** e, nesse caso, o usuário conhece a concentração da base (solução titulante que está na bureta) e deve inserir esse valor ($\mathcal{M}_{\text{base}}$).

Após a entrada de dados, o computador terá na memória os dados necessários para realizar o cálculo, por meio da expressão matemática adequada (deduzida no item c, a seguir). Esses dados são:

- x, y, z e $\mathcal{M}_{\text{ácido}}$, no caso de **titulação de base**; e

Aplicando conhecimentos

- 16** A equação da reação fornece a proporção estequiométrica (em mol) entre ácido e base, que é de 1 : 1.



As quantidades (em mol) que reagem são dadas por $\mathcal{M}_a \cdot V_a$ e $\mathcal{M}_b \cdot V_b$, em que o índice a refere-se à solução de ácido e o índice b, à solução de base. Assim:

| HCl | KOH |
|---------------------------|---------------------------|
| quantidade | quantidade |
| 1 mol | 1 mol |
| $\mathcal{M}_a \cdot V_a$ | $\mathcal{M}_b \cdot V_b$ |

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \mathcal{M}_a \cdot V_a = \mathcal{M}_b \cdot V_b$$

Os volumes podem estar em outra unidade além de litro, desde que seja a mesma dos dois lados para que o fator de conversão se cancele. Substituindo os dados:

$$\mathcal{M}_a \cdot 20 \text{ mL} = 0,20 \text{ mol/L} \cdot 30 \text{ mL}$$

$$\mathcal{M}_a = 0,30 \text{ mol/L}$$

A solução não apresenta a concentração alegada.

- 17** H₂SO₄(aq) + 2NaOH(aq) → Na₂SO₄(aq) + 2H₂O(l)

A proporção (em mol) ácido : base é 1 : 2, então:

| H ₂ SO ₄ | NaOH |
|--------------------------------|---------------------------|
| quantidade | quantidade |
| 1 mol | 2 mol |
| $\mathcal{M}_a \cdot V_a$ | $\mathcal{M}_b \cdot V_b$ |

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow 2 \cdot \mathcal{M}_a \cdot V_a = \mathcal{M}_b \cdot V_b$$

Substituindo os valores:

$$2 \cdot \mathcal{M}_a \cdot 25,0 \text{ mL} = 0,100 \text{ mol/L} \cdot 20,0 \text{ mL}$$

$$\mathcal{M}_a = 0,040 \text{ mol/L}$$

Cada litro de solução contém 0,040 mol de H₂SO₄ dissolvido, cuja massa é:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,040 \text{ mol} \cdot 98 \text{ g/mol} = 3,92 \text{ g}$$

Então, cada litro de solução contém 3,92 g de H₂SO₄, ou seja, a concentração da solução é 3,92 g/L. Conclui-se que a informação do rótulo é verdadeira.

- 18** CH₃COOH KOH

| CH ₃ COOH | KOH |
|---------------------------|---------------------------|
| quantidade | quantidade |
| 1 mol | 1 mol |
| $\mathcal{M}_a \cdot V_a$ | $\mathcal{M}_b \cdot V_b$ |

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \mathcal{M}_a \cdot V_a = \mathcal{M}_b \cdot V_b$$

• x, y, z e m_{base} , no caso de **titulação de ácido**. A segunda parte, a da titulação, inclui o loop comentado no item b, a seguir.

A terceira parte se inicia com um bloco de decisão (losango). Novamente, se a resposta for:

- NÃO, significa que se trata de **titulação de base** e, nesse caso, o computador calcula m_{base} ;
- SIM, significa que se trata de **titulação de ácido** e, nesse caso, o computador calcula $m_{\text{ácido}}$.

b) O loop corresponde ao conjunto de instruções representado a seguir, que integra a parte em que se realiza a titulação.

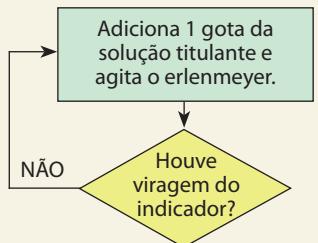


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

O loop é repetido enquanto NÃO houver viragem do indicador, ou seja, enquanto a adição de solução titulante deve prosseguir. A condição para encerrar o loop é que aconteça a **viragem do indicador**, pois, nesse caso, a resposta à pergunta formulada no bloco de decisão (losango) será SIM.

c) A equação dada,
 $yH_xA(\text{aq}) + xB(OH)_y \rightarrow A_yB_x(\text{aq}) + (x \cdot y)H_2O(l)$,

informa que y mol de ácido reage com x mol de base. Então:

| | |
|---|---|
| quantidade de H_xA | quantidade de $B(OH)_y$ |
| y mol | x mol |
| $m_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}}$ | $m_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$ |

que conduz a:

$$x \cdot m_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}} = y \cdot m_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$$

- Se for titulação de base, então deseja-se determinar o valor de m_{base} . Isolando essa variável e substituindo $V_{\text{base}} = z$, obtemos:

$$m_{\text{base}} = \frac{x \cdot m_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}}}{y \cdot z}$$

- Se for titulação de ácido, então deseja-se determinar o valor de $m_{\text{ácido}}$. Isolando essa variável e substituindo $V_{\text{ácido}} = z$, obtemos:

$$m_{\text{ácido}} = \frac{y \cdot m_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}}{x \cdot z}$$

De olho na BNCC

- **EM13CNT308**

A atividade 21 do *Aplicando conhecimentos* possibilita, mais uma vez neste capítulo, desenvolver a habilidade **EM13CNT308** da BNCC, já que estimula a investigação e a análise do funcionamento de sistemas de automação por meio de fluxogramas, que são a base dos sistemas de automação, permitindo compreender tecnologias contemporâneas em que são usados.

CAPÍTULO 7 Fluxo de energia e ciclos da matéria na natureza

Metas do capítulo

- Identificar os integrantes dos diferentes níveis tróficos das cadeias alimentares: produtores, consumidores e decompositores.
- Compreender as relações de transferência de energia nas teias e cadeias alimentares.
- Reconhecer e explicar o comportamento cíclico de alguns elementos químicos que constituem as substâncias orgânicas.
- Representar, por meio de esquemas e desenhos, as etapas fundamentais dos ciclos biogeoquímicos da água, do carbono e do nitrogênio.
- Aplicar o conhecimento sobre os ciclos biogeoquímicos para identificar e interpretar eventuais alterações nos ciclos naturais, prever tendências e adotar soluções de preservação.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo aborda o conceito de fluxo de energia, desde a captação da energia da luz solar pelos seres fotos-

sintetizantes até sua transferência aos demais seres vivos por meio da alimentação. Além disso, contextualiza o papel dos decompõtores no ciclo biogeoquímico e a importância da reciclagem dos elementos constituintes da matéria orgânica na manutenção dos habitats naturais. Esses conhecimentos são fundamentais para a compreensão de aspectos ecológicos básicos, tais como as relações de transferências de energia nas teias e cadeias alimentares e a ciclagem de elementos químicos na natureza. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia.

A **abertura do capítulo** contextualiza o papel do Sol como fonte de energia para os seres vivos e seu impacto na vida das pessoas, reconhecendo o conhecimento legado por culturas da Antiguidade, em que o Sol era cultuado como divindade espiritual.

Antes de iniciar a leitura do texto, sugerimos promover uma breve reflexão com os estudantes sobre o tema. Questione-os sobre o papel do Sol na utilização de automóveis movidos a álcool e a gasolina. Avalie suas concepções prévias

sobre as cadeias alimentares, trabalhadas desde o Ensino Fundamental. Uma possibilidade interessante é fazer a leitura coletiva do texto de abertura e discutir suas principais ideias. É importante ficar claro que a maior parte dos seres vivos em nosso planeta depende da energia do Sol para sobreviver e que cada ser vivo está relacionado a vários outros.

Dialogando com o texto

Nessa atividade o estudante é convidado a pesquisar e escrever um texto sobre a mitologia do deus Sol como fonte de vida em diversas culturas da Antiguidade. Sugerimos que a atividade seja realizada com a participação da área de Humanidades, propiciando um trabalho interdisciplinar. Organize os estudantes em grupos e solicite o auxílio dos professores de História e/ou de Sociologia para orientar as pesquisas sobre o Sol como divindade. Se houver possibilidade, solicite aos estudantes que apresentem oralmente seus textos em aulas de Biologia, de História ou de Sociologia. Se for o caso organize, com os estudantes e os professores participantes, a confecção de cartazes com informações de interesse sobre o tema, para expor a outras turmas da escola.

De olho na BNCC

- **EM13CNT203**
- **EM13CHS104**
- **Competência geral 3**

A atividade *Dialogando com o texto* desse capítulo favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**, por possibilitar a análise de mecanismos de manutenção da vida por meio das transformações e transferências de energia, bem como a reflexão sobre os efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos.

A atividade *Dialogando com o texto* favorece o desenvolvimento da **competência geral 3**, ao pesquisar mitologias que envolvem o Sol, reconhecendo e valorizando diversas culturas e tradições de povos distintos; e da habilidade **EM13CHS104**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao analisar objetos da cultura imaterial, identificando conhecimentos, valores, crenças e práticas que caracterizam a identidade e a diversidade cultural de diferentes sociedades.

1. Energia para a vida

Esse item descreve as principais características do Sol, com destaque para sua composição, seus processos de liberação de energia e sua importância para a existência de vida na Terra. É importante que os estudantes compreendam, como já foi mencionado, que a vida de praticamente todos os seres vivos no planeta Terra depende da energia luminosa do Sol.

Esse item explora a habilidade **EM13CNT203**, quando se faz a análise da energia luminosa do Sol para a manutenção da vida em nosso planeta. No desenvolvimento do item há possibilidade de trabalhar interdisciplinarmente com os professores de Química e de Física. converse com os colegas dessas disciplinas sobre a possibilidade de desenvolver uma atividade de pesquisa integrada, visando à divulgação científica para as demais turmas da escola. Tópicos orientadores das pesquisas

são: Quantos tipos de estrela existem e de que são compostas? Quais são as características principais do ciclo de vida de uma estrela? De que maneira é produzida a energia luminosa do Sol? Qual a influência da energia do Sol no planeta Terra? Oriente os estudantes sobre a importância de utilizar fontes confiáveis de informação. Verifique a possibilidade de compartilhar informações *on-line*, no site ou nas redes sociais da escola.

2. Transferências de energia entre seres vivos

Nesse item é apresentada a definição de biomassa e sua relação com os organismos autotróficos e quimiosintetizantes. Nesse contexto, são discutidos: (1) organização dos seres vivos em teias e cadeias alimentares; (2) representações gráficas dos níveis tróficos; (3) papel dos decompósitos na reciclagem de elementos químicos; (4) consumo e dissipação de energia em uma teia alimentar; (5) formas de representar graficamente as quantidades de biomassa e a dissipação de energia em uma cadeia alimentar; (6) características das pirâmides de biomassa, de energia e de números; e (7) conceito de produtividade.

Os conceitos de organismos autotróficos e heterotróficos, de fotossíntese e de respiração aeróbica são importantes para que se possa compreender como funcionam as teias alimentares e a transferência de energia entre os seres vivos. Ao iniciar esse item é útil avaliar se os estudantes já dominam esses conceitos; se necessário, retome-os com a turma. Para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes pode-se perguntar como eles acham que as plantas se alimentam. O estudo da fotossíntese se inicia no Ensino Fundamental, quando se trabalha a importância da luz na manutenção da vida das plantas.

Avalie os conhecimentos prévios dos estudantes sobre cadeias alimentares. Eventualmente vale a pena pedir a participação deles para desenhar na lousa exemplos de cadeias alimentares simples. Estimule-os a representar plantas e animais de seu dia a dia nas cadeias, classificando-os nas categorias de produtores, consumidores ou decompósitos. Reforce a importância dos decompósitos na reciclagem dos átomos de diferentes elementos químicos. Essa informação é importante para o estudo do ciclo biogeoquímico do carbono. Sugira aos estudantes que elaborem teias a partir das cadeias alimentares apresentadas, mobilizando-se assim a habilidade **EM13CNT202**, ao reconhecer diferentes níveis de organização da vida (de organismo à biosfera).

Se houver disponibilidade de tempo, estimule os estudantes a realizar pesquisas sobre animais e plantas da fauna brasileira. Proponha também a apresentação das diferentes cadeias alimentares elaboradas, atividade que possibilitará aos estudantes praticar suas habilidades de comunicação e expressão, ao compartilhar com os colegas os resultados de seu trabalho de observação e pesquisa.

Aplicando conhecimentos

- 1** Alternativa D. Organismos produtores são seres autotróficos, que podem ser fotossintetizantes ou quimiosintetizantes.

- 2 Alternativa B. Decompositores são organismos responsáveis pela reciclagem de átomos de diferentes elementos químicos na natureza.
- 3 Alternativa A. Consumidores podem ser classificados em primários, secundários etc., de acordo com os seres de que se alimentam.
- 4 Alternativa C. Um mesmo animal pode ocupar mais de um nível trófico na cadeia alimentar, de acordo com seu tipo de alimentação.

Repasse com os estudantes as equações da fotossíntese e respiração aeróbica. Na fotossíntese ocorre síntese de glicídios, além de moléculas de gás oxigênio (O_2). Esses produtos são obtidos a partir de água (H_2O) e gás carbônico (CO_2), tendo como fonte de energia a luz. Na respiração aeróbica a glicose reage com moléculas de gás oxigênio em vias metabólicas enzimaticamente controladas, produzindo moléculas de gás carbônico (CO_2) e moléculas de água, com fornecimento de energia para a síntese de moléculas de ATP, que abastecem de energia os processos metabólicos.

Ao abordar as diferenças entre as pirâmides de biomassa de ambientes terrestres e aquáticos, discuta que a observação pontual das cadeias alimentares marinhas não reflete a realidade dos processos de transferência energética. Quando se analisa a energia em um intervalo de tempo relativamente longo, nota-se que determinados organismos, como os peixes, por exemplo, acumulam biomassa durante um tempo relativamente mais longo. Por outro lado, os organismos planctônicos nascem e morrem em curto espaço de tempo. Embora não acumulem biomassa individualmente, se somarmos a energia total do nível dos produtores, ela será maior que a dos níveis dos consumidores.

Proponha aos estudantes que elaborem um texto sobre os diferentes tipos de pirâmides apresentadas no capítulo. Pode-se sugerir também uma leitura coletiva do texto informativo, com pausas para discussões após a apresentação de cada item do texto. Solicite aos estudantes que escrevam em seus cadernos as siglas utilizadas, o que significam, além das fórmulas. Uma conclusão importante é que quanto menos níveis tróficos uma cadeia alimentar apresentar, menor será a dissipação de energia que nela ocorre.

De olho na BNCC

- EM13CNT101
- EM13CNT202

Os conteúdos do item anteriormente comentado possibilitam o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT101**, por permitir aos estudantes analisar e representar de maneiras diferentes os sistemas que envolvem quantidade de matéria, de energia e seu fluxo, analisando os níveis tróficos e as pirâmides de biomassa e dissipação de energia; e **EM13CNT202**, por possibilitar aos estudantes comparar diversas formas de vida e organizá-las de acordo com o nível trófico.

Dialogando com o texto

Na atividade sugerimos um debate sobre os temas vegetarianismo e veganismo. Solicite aos estudantes que pesquisem as vantagens e as desvantagens de cada tipo de dieta. O debate deve ser organizado de forma a permitir que

sejam apresentados argumentos favoráveis e contrários em diversas correntes de opinião. É importante relacionar o tema com os conceitos de transferência de energia e produtividade, estimulando os estudantes a refletir sobre os conceitos de produtividade bruta e produtividade líquida.

De olho na BNCC

- EM13LGG303
- Competências gerais 7 e 8

Esta atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13LGG303**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, ao debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, e da **competência geral 7**, ao trabalhar a pesquisa e comparação entre dietas vegetarianas e veganas. Os estudantes podem se utilizar de fatos, dados e informações para defender suas ideias, relacionando-as a aspectos ambientais. Trabalha também a **competência geral 8**, ao estimular os estudantes a aumentar o conhecimento sobre si mesmos e a cuidar da própria saúde, física e emocionalmente.

Aplicando conhecimentos

- 5 Alternativa D. Produtividade secundária líquida (PSL), pois representa a biomassa que o herbíboro realmente acumula e que pode ser transferida para o próximo nível trófico.
- 6 Alternativa C. Como os decompositores são responsáveis pela reciclagem de átomos de diferentes elementos químicos, se eles deixassem de atuar possivelmente faltariam vários elementos químicos essenciais para outros seres vivos.

3. Ciclos biogeoquímicos

Neste item são abordados conteúdos referentes aos ciclos biogeoquímicos, em particular aos ciclos da água, do carbono e do nitrogênio. Aspectos importantes a ser destacados são o uso de fontes de energia renováveis e não renováveis, a importância dos ciclos biogeoquímicos na manutenção da vida do planeta e a necessidade de busca por alternativas para a produção energética tendo em vista a preservação dos ambientes naturais.

Um debate importante e atual refere-se à transformação de grandes áreas da Floresta Amazônica em pastagens e terras cultiváveis. Trata-se de uma questão polêmica, que envolve interesses financeiros e entidades nacionais e internacionais. Se houver tempo e interesse, peça aos estudantes que formem grupos de trabalho para pesquisar os seguintes temas: É procedente a informação de que o solo onde se assenta a Floresta Amazônica é mantido pela reciclagem da cobertura vegetal? Sendo a Amazônia rica em biodiversidade, o que poderia ser feito para explorar as riquezas amazônicas em benefício da sociedade, porém sem impactar negativamente o ambiente? O debate poderia ser realizado por meio de exposição de painéis, com representantes e debatedores que apresentariam suas pesquisas e seus pontos de vista acerca das questões.

Antes de trabalhar o ciclo hidrológico, leve os estudantes a refletir sobre a presença da água em nossa vida. Uma estratégia

gia didática interessante é apresentar aos estudantes o vídeo *O ciclo da água (ciclo hidrológico)*, da Agência Nacional de Águas, disponível na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*. A discussão do ciclo hidrológico favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT105**, que trata dos ciclos biogeoquímicos e da interferência humana sobre eles.

Aproveite o tópico Água, um bem cada vez mais precioso para propor aos seus estudantes uma discussão sobre a escassez de água em alguns locais do nosso planeta. Sugira que tentem lembrar locais onde há escassez de água potável e estimule-os a identificar a origem do problema. Para ampliar os conhecimentos sobre o tema sugerimos a apresentação do vídeo *Falta de água*, do canal Nerdologia, disponível na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*. Esse material contextualiza a utilização de água pelo ser humano em diferentes culturas e trata de sua escassez.

Atividade em grupo

Sugira aos estudantes que se organizem em grupos para enfrentar o seguinte desafio: produzir infográficos, isto é, conjuntos de ilustrações e legendas, que representem maneiras ao alcance de todos para a economia de água. Além de serem apresentados e discutidos em classe, os infográficos podem ser exibidos no mural da escola, ajudando a conscientizar os colegas de outras turmas sobre essa importante questão.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT309**
- **EM13CHS304**
- **Competência geral 7**

Essa atividade possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT207**, por promover a discussão sobre desafios contemporâneos, como a distribuição desigual de água no Brasil e do mundo; **EM13CNT302**, ao propor atividades de divulgação sobre temas de relevância socioambiental, com possibilidade de divulgação de conteúdos por meio de mídias digitais; e **EM13CNT309**, por articular os conteúdos de maneira a refletir sobre alternativas e novas tecnologias para o problema da água em nosso planeta.

A atividade contribui também com a habilidade **EM13CHS304**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao analisar os impactos socioambientais decorrentes de práticas cotidianas, discutindo as origens dessas práticas, selecionando, incorporando e promovendo aquelas que favoreçam a consciência socioambiental e o consumo responsável; e com a **competência geral 7**, ao estimular a argumentação com base em fatos, dados e informações confiáveis, para negociar e defender ideias e decisões que respeitem e promovam a consciência socioambiental e o consumo responsável.

A pesquisa de novas fontes de energia para a humanidade é um tema importante, uma vez que a maior parte da energia que utilizamos atualmente é provavelmente do petróleo, combustível fóssil e não renovável. Ajude os estudantes a pesquisar sobre fontes renováveis de energia, entre elas o projeto brasileiro para produzir álcool combustível, as placas fotovoltaicas captadoras de energia solar e os grandes geradores movidos a vento (energia eólica). Verifique a disponibilidade dos professores de Química e Física em auxiliar o desenvolvimento das atividades e debates. Sugira que cada grupo elabore um texto argumentativo com as informações que julgarem mais

importantes. Verifique a possibilidade de divulgação dos textos *on-line*, no site ou em redes sociais da escola.

Atividade em grupo

Sugerimos apresentar aos estudantes o vídeo *A história do petróleo em 2 minutos*, disponível na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*. Chame a atenção para o fato de que o carbono acumulado e “armazenado” durante milhares de anos nas reservas de combustíveis fósseis vem sendo rapidamente “queimado” por conta das ações humanas, o que contribui para a intensificação do efeito estufa e o aquecimento global.

Essa atividade possibilita desenvolver as habilidades **EM13CNT105** e **EM13CNT203**, por estimular o conhecimento sobre como funcionam os ciclos biogeoquímicos, o que possibilita compreender a busca por fontes renováveis de energia e que minimizem os efeitos negativos ao ambiente e à vida; a **EM13CNT302**, ao estimular a comunicação dos resultados das pesquisas, e a **EM13CNT309**, ao analisar questões socioambientais relativas à dependência do mundo dos recursos não renováveis e ao discutir novas alternativas.

Para reforçar a importância do nitrogênio e outros nutrientes presentes na vida das plantas, pode-se propor uma atividade de pesquisa em grupo sobre as diversas técnicas de adubação, que fornecem nitrogênio e outros nutrientes ao solo, necessários ao desenvolvimento das lavouras. Oriente os grupos sugerindo tópicos de pesquisa como: Por que o solo cultivado para a produção das plantas que consumimos deve ser periodicamente adubado? Em que consiste a chamada adubação verde, como a rotação de culturas e outras? Como é feita a adubação com produtos industrializados, quais são seus principais componentes e como eles são obtidos? Se houver tempo e interesse, ao final da pesquisa promova a elaboração de vídeos ou podcasts, incentivando o debate sobre o tema pela comunidade escolar. Essa atividade mobiliza a habilidade **EM13CNT105**, ao promover a análise pelos estudantes do ciclo do nitrogênio e sua importância para a manutenção da vida.

De olho na BNCC

- **EM13CNT105**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT206**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT309**

Os conteúdos e as atividades apresentados nesse item favorecem o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT105**, por possibilitar a análise e a interpretação de ciclos biogeoquímicos e os efeitos da interferência humana sobre esses ciclos; **EM13CNT203**, por promover a reflexão sobre os efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos; **EM13CNT206**, por provocar a reflexão sobre a importância da preservação e conservação e o uso de políticas ambientais para promover sustentabilidade; **EM13CNT302**, ao oferecer atividades de debate e divulgação sobre temas de relevância ambiental; e **EM13CNT309**, por articular os conteúdos com a análise e discussão de questões socioambientais, políticas e econômicas relacionadas ao uso de recursos não renováveis e à necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas.

Metas do capítulo

- Informar-se sobre os principais tipos de nutrientes presentes nos alimentos e sua função no organismo.
- Reconhecer e justificar os fundamentos de uma dieta balanceada para a manutenção de uma boa saúde.
- Conhecer aspectos básicos da anatomia e da fisiologia do sistema digestório humano e compreender o papel de cada órgão no processo de digestão dos alimentos.
- Identificar as funções de glândulas associadas ao tubo digestório: glândulas salivares, glândulas estomacais, fígado e pâncreas.
- Informar-se sobre os principais cuidados com o sistema digestório no que se refere à alimentação, de modo a atuar preventivamente para o bom funcionamento desse sistema corporal.
- Apontar os componentes básicos do sistema cardiovascular humano e compreender o papel de cada um deles no organismo, atuando positivamente para o bom funcionamento desse sistema corporal.
- Representar por meio de esquemas o caminho do sangue nas circulações sanguíneas pulmonar e sistêmica humanas.
- Identificar os componentes básicos do sistema respiratório humano e compreender o papel da hemoglobina no processo de hematose.
- Informar-se sobre os principais cuidados com o sistema respiratório necessários para manter o bom funcionamento desse sistema e da saúde.
- Identificar os componentes básicos do sistema urinário humano e compreender o papel de cada um deles no organismo.
- Conhecer a estrutura do néfron e compreender como ocorrem os processos de circulação do sangue nos glomérulos renais, a reabsorção de substâncias úteis e a eliminação de excreções na urina.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo aborda conceitos relacionados aos quatro principais sistemas de órgãos presentes no corpo humano: digestório, respiratório, cardiovascular e urinário, relacionando-os à importância de hábitos saudáveis. Discute também conceitos básicos de anatomia e fisiologia de alguns órgãos envolvidos nesses sistemas. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia.

O estudo do organismo humano é um tema fundamental no ensino de Ciências, possibilitando aos estudantes perceber que o corpo de uma pessoa é um conjunto anatômico-funcional que integra vários sistemas de órgãos, o que leva à compreensão da necessidade de manter hábitos saudáveis para a manutenção do funcionamento harmonioso dos sistemas corporais.

A **abertura do capítulo** discute uma pesquisa sobre os hábitos alimentares da população brasileira e sua relação com

o aumento dos casos de obesidade e sobrepeso. Aproveite o texto para descobrir os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os hábitos alimentares que eles consideram saudáveis ou não. Verifique se eles relacionam hábitos saudáveis, sobrepeso e obesidade. Conduza os estudantes a refletir sobre seus próprios hábitos alimentares. Avalie quantos deles correlacionam uma nutrição com a boa saúde e equilíbrio das funções corporais. Os conteúdos relacionados à anatomia e à fisiologia básicas da digestão humana, abordados neste item, vão desde a ingestão dos alimentos até a eliminação das fezes.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT207**

Os conteúdos propostos neste capítulo possibilitam o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, por permitir identificar diferentes níveis de organização da vida ao analisar células, tecidos e sistemas corporais, correlacionando-os às suas funções na manutenção da saúde, e **EM13CNT207**, ao propor a reflexão sobre alimentação saudável como um desafio do mundo contemporâneo e desenvolver a compreensão quanto aos cuidados que devemos ter para manter o bom funcionamento de nossos sistemas vitais.

1. A nutrição humana

Este item aborda assuntos como nutrição, dieta balanceada, dieta protetora e vitaminas, importantes em nosso cotidiano. Para descobrir as concepções prévias dos estudantes sobre o tema, pode-se perguntar quantos já ouviram falar em dieta balanceada e se sabem o que esse conceito significa. Que tipos de alimentos devem necessariamente ser ingeridos, e em que quantidades? Oriente-os a realizar pesquisas na internet, jornais e revistas sobre diversos tipos e modalidades de dieta. Se houver tempo e interesse, sugira a formação de grupos de colegas para produzir um pequeno fólder, com texto informativo sobre dieta saudável e ilustrado por fotos e/ou desenhos. Lembre aos estudantes que é importante citar no fólder as principais fontes de informação utilizadas em sua execução. Os fólder elaborados poderiam ser divulgados a pais ou responsáveis e para toda a comunidade escolar.

A atividade de produção de um fólder sobre alimentação saudável pode propiciar um trabalho interdisciplinar com o professor de Língua Portuguesa e de Arte, por exemplo. O desafio é utilizar diferentes linguagens para promover a informação e a discussão de assuntos de importância social.

Este item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, por correlacionar o sistema digestório à nutrição saudável.

Dialogando com o texto

A atividade propõe aos estudantes que pesquisem causas e sintomas do escorbuto e do beribéri. O escorbuto é causado

pela carência de vitamina C, que leva a um enfraquecimento geral do organismo e, em alguns casos, a inflamações e hemorragias nas gengivas e mucosas do nariz e da boca, com eventual perda de dentes. Em casos graves pode ocorrer a morte da pessoa com escorbuto. A avitaminose C era muito comum entre os tripulantes de navios europeus na época das Grandes Navegações (séculos XV e XVI). A dieta a bordo era constituída basicamente de biscoitos duros e carne salgada, alimentos pobres em vitamina C, o que levava muitos marinheiros a serem afetados pelo escorbuto. Entretanto, bastava a ingestão de frutas frescas, sobretudo as cítricas (laranja e limão), para suprir a deficiência de vitamina C, fazendo a doença regredir rapidamente.

O beribéri resulta da carência de vitamina B1, a tiamina. Os principais sintomas dessa avitaminose são falta de energia, fadiga e insônia. A avitaminose B acomete principalmente os marinheiros japoneses na Idade Média, cuja dieta era baseada em arroz branco, pobre em legumes e em alimentos de origem animal. Beribéri significa, em cingalês (um idioma do Sri Lanka), "fraco, fraco" ou "eu não posso, eu não posso", frase supostamente pronunciada pelos marinheiros acometidos pela avitaminose B, sem disposição para realizar suas obrigações a bordo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT303**
- **EM13CHS102**
- **Competências gerais 4 e 8**

A atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT207**, por propor pesquisas sobre avitaminoses, identificando assim vulnerabilidades vinculadas à deficiência nutricional e suas consequências à saúde; **EM13CNT303**, por propor pesquisas e interpretação de textos que envolvem temáticas das Ciências da Natureza, como a nutrição, por exemplo; e **EM13CHS102**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao propor pesquisas que envolvem circunstâncias históricas sobre o assunto nutrição.

Esta atividade também possibilita o desenvolvimento da **competência geral 4**, ao utilizar a linguagem escrita para expressar informações, e da **competência geral 8**, por reconhecer os prejuízos das avitaminoses, dessa forma destacando a importância do autocuidado com a saúde física.

Algumas escolas dispõem de modelos tridimensionais de sistemas corporais humanos, feitos de massa ou material plástico. Tais modelos são muito úteis para a compreensão morfológica e topológica dos órgãos de diversos sistemas corporais. Se esse material não estiver disponível em sua escola, proponha aos estudantes que elaborem modelos em diferentes materiais, tais como argila e massa de modelar, entre outros. Essa atividade pode contar eventualmente com a participação da disciplina de Arte.

Uma atividade que pode despertar o interesse dos estudantes é o levantamento dos hábitos alimentares da classe ou mesmo de toda a comunidade escolar. A proposta é elaborar um "diário alimentar" que abranja o período de uma semana. Com base nesse diário, desafie os estudantes a calcular a quantidade

de calorias ingeridas diariamente. Quantos deles consideram que sua alimentação é balanceada? Uma discussão interessante, inclusive por suas conotações sociais, refere-se ao desperdício de alimentos que ocorre durante sua comercialização em feiras livres, supermercados, restaurantes etc. Estimule os estudantes mais interessados no tema a buscar informações especializadas com nutricionistas ou outros profissionais da saúde.

Atividade em grupo

A atividade propõe aos estudantes que formem grupos com colegas para pesquisar sobre cólicas intestinais. Esse desconforto abdominal é comum no cotidiano humano, acentuadamente em bebês nos primeiros meses de vida. Uma linha possível para guiar a atividade é entrevistar pessoas de diferentes idades sobre a eficiência ou não da medicina popular, como chás de diversos tipos, para alívio de cólicas intestinais. A atividade, além de promover a aquisição de informações adicionais sobre o sistema digestório, possibilita aos estudantes entrar em contato com a chamada "medicina popular".

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **Competência geral 4**

Essa seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**, por comunicar resultados e discutir as vivências e conhecimentos populares relacionados à medicina popular, possibilitando desenvolver o pensamento crítico e a promoção da saúde. A **competência geral 4** também é favorecida, uma vez que os estudantes são estimulados a utilizar diferentes linguagens (visuais, sonoras, digitais etc.) para compartilhar informações.

2. Respiração

Este item trata do sistema respiratório humano e sua importância para o funcionamento corporal. O assunto possibilita reforçar a importância de manter hábitos respiratórios saudáveis, utilizando como contraexemplo os riscos do tabagismo. Estimule os estudantes a pesquisar em diferentes mídias sobre os prejuízos à saúde provocados pelo hábito de fumar.

Uma atividade que pode ser realizada em grupo refere-se a doenças do sistema respiratório, entre elas a bronquite, a asma, a gripe e a pneumonia. Proponha uma pesquisa que aborde tópicos como as causas da doença, seus sintomas, consequências, formas de prevenção e tratamento. Também são válidas descrições de experiências pessoais e com pessoas próximas. Sugira aos grupos que pesquisem também correlações entre poluição, tabagismo e afecções respiratórias. Se for o caso, os grupos podem elaborar infográficos para compartilhar as informações com toda a comunidade escolar.

Atividade complementar - Proposta experimental

Sugerimos organizar os estudantes em grupos e ajudá-los a dividir as tarefas de encontrar o material necessário ao desenvolvimento desta atividade. A proposta permite mobilizar a habilidade **EM13CNT205**, que trata da interpretação de resultados em atividades experimentais.

Material

- garrafa plástica vazia e transparente, de paredes relativamente rígidas
- rolha de cortiça ou de borracha que sirva na boca da garrafa plástica
- “corpo” de caneta esferográfica ou tubo de plástico rígido de diâmetro semelhante ao da caneta
- balões de borracha (“bexigas”)
- tesoura
- fita adesiva, fita-crepe ou elásticos

Procedimentos, observações e questões

A escolha do tipo de garrafa plástica é importante, pois algumas podem ter as paredes muito flexíveis, não sendo adequadas à atividade. Com a tesoura, corte a garrafa plástica um pouco acima da metade e dispense a parte que tem o fundo. Fure a rolha no meio e atravessse o orifício com o corpo de uma caneta esferográfica, conforme mostrado na ilustração. Coloque a rolha no gargalo e deixe cerca de cinco centímetros do corpo da caneta para dentro da garrafa. Nessa extremidade, adapte um balão pequeno e fixe-o firmemente com uma fita adesiva. Teste a montagem soprando pelo corpo da caneta; o ar deve encher o balão, sem escapar. Corte a parte superior de um balão maior e use a película de borracha para vedar o fundo da garrafa cortada. Cuide para que a película fique bem esticada, como a de um tambor, e prenda-a firmemente à garrafa com a fita adesiva ou elástico. Veja a seguir o esquema da montagem.



Para simular a ventilação pulmonar, puxe a membrana de borracha para baixo e empurre-a para cima várias vezes.

- a) No modelo, que partes ou órgãos corporais representam, respectivamente, a garrafa plástica, o corpo da caneta esferográfica, o balão pequeno preso a ela e a membrana de borracha na parte inferior?
- b) O que ocorre com a bexiga dentro da garrafa quando se puxa a membrana para baixo, como mostra a ilustração?

Nesse movimento, o que se pode dizer sobre a pressão interna na garrafa? Que fase da ventilação pulmonar o modelo simula nesse momento? E quando se empurra a membrana de borracha para cima?

Respostas:

- a) Eles representam:
 - I) Garrafa plástica = Cavidade torácica
 - II) Caneta esferográfica = Traqueia
 - III) Balão = Pulmões
 - IV) Membrana de borracha = Diafragma
- b) Quando puxamos a borracha que simula o diafragma, ocorre entrada de ar na bexiga que representa o pulmão; esse movimento ocorre na inspiração. Isso acontece porque, ao puxar a borracha, aumentamos o espaço interno da garrafa, o que diminui a pressão interna do frasco que representa a caixa torácica. Ao contrário, quando empurramos a borracha, simulamos o movimento do diafragma que leva ao esvaziamento da bexiga que simula o pulmão; esse movimento ocorre na expiração.

3. Sistema cardiovascular e circulação do sangue e da linfa

O item trata do sistema cardiovascular, responsável pela integração de todos os sistemas corporais. Certifique-se de que os estudantes relacionam a circulação sanguínea ao fornecimento de nutrientes e gás oxigênio para as células de todos os tecidos corporais e pelo recolhimento do gás carbônico e das excreções.

Converse com seus alunos sobre hábitos alimentares e estilos de vida que podem favorecer ou prejudicar a saúde do sistema cardiovascular. Outro tema interessante para pesquisa refere-se às doenças mais comuns que acometem o sistema cardiovascular humano. Auxilie os estudantes na formação dos grupos e divisão das tarefas de pesquisa. Alguns grupos poderiam ser responsáveis por pesquisar maneiras de manter o sistema cardiorrespiratório saudável, enquanto outros pesquisariam as principais doenças que acometem esse sistema. Como na atividade sobre respiração, também são válidas descrições de experiências pessoais e com pessoas próximas. Proponha aos estudantes a elaboração de infográficos semelhantes aos propostos para o sistema respiratório. Verifique a disponibilidade de compartilhar os infográficos com toda a comunidade escolar.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **Competência geral 4**

A atividade complementar, assim como outras propostas deste capítulo (nutrição, respiração, vacinação), possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT302**, ao sugerir o compartilhamento das informações de infográficos no mural das escolas com o intuito de desenvolver a promoção de saúde; e **EM13CNT303**, por interpretar informações e dados que tratem de Ciências da Natureza em diferentes mídias.

Essas atividades complementares também permitem desenvolver a **competência geral 4**, por utilizar a linguagem oral, visual e escrita para compartilhar informações que promovem saúde pública.

Atividade prática

Nossa sugestão é que os estudantes se organizem em grupos para realizar esta atividade. Verifique a disponibilidade de a escola utilizar quadra de esportes ou outro espaço seguro.

A atividade possibilita também a participação do professor de Matemática, que poderia orientar os estudantes na elaboração de tabelas e gráficos. Se possível, reserve uma parte da aula para que os estudantes apresentem seus resultados. Durante as apresentações, questione-os sobre o significado fisiológico do aumento das frequências cardíaca e respiratória após atividade física intensa. Certifique-se de que os estudantes correlacionam um exercício intenso com o fato de as fibras musculares demandarem maior quantidade de gás oxigênio (O_2) trazido pela corrente sanguínea e que supre a respiração celular. Os pulmões trabalham em ritmo acelerado, aumentando a frequência respiratória. Consequentemente, o coração também aumenta sua frequência e bombeia mais sangue, consequentemente transportando maior quantidade de O_2 .

O conteúdo do capítulo permite enfatizar a importância de hábitos saudáveis para manter a pressão arterial em níveis adequados. Pergunte aos estudantes se conhecem alguém que faça uso de medicamentos para controlar a pressão arterial. Em caso afirmativo, se a pessoa consentir, anote os nomes das medicações e as observações pessoais do medicado. Chame a atenção dos estudantes para o risco da pressão alta durante a gravidez, que pode evoluir para um quadro de eclâmpsia, quando após a 20^a semana de gravidez supera as marcas de 140/90 mmHg. A eclâmpsia pode provocar convulsões e riscos à mulher grávida e ao bebê. Se houver tempo e interesse, sugira uma pesquisa na internet sobre o tema, que poderia inclusive ser debatido em classe.

Se houver possibilidade, organize com a direção da escola uma palestra sobre saúde com um profissional, médico, farmacêutico, fisioterapeuta ou enfermeiro, abordando, entre outros temas, a importância de monitorar periodicamente a pressão arterial. Se for possível, a pressão arterial dos estudantes pode ser aferida durante as palestras. A atividade contribui para o desenvolvimento da **competência geral 8**, relacionada ao autoconhecimento e aos cuidados com a saúde física.

Dialogando com o texto

Para realizar esta atividade, peça aos estudantes que se organizem em grupos para a pesquisa. Para simular os experimentos de Harvey sobre as válvulas venosas, pode ser necessária uma faixa de tecido ou de elástico utilizada como garrote. Supervisione os estudantes para garantir a segurança durante a atividade. Desafie-os a explicar por que o garrote, utilizado quando se vai aplicar uma injeção intravenosa, torna as veias mais salientes e as válvulas venosas mais visíveis.

Essa atividade permite o desenvolvimento da **competência geral 1**, por utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para explicar o mundo.

Continuando os estudos sobre a circulação sanguínea, comente com os estudantes as principais características do

sangue. Pergunte se algum deles já fez, ou conhece alguém que fez, o exame clínico denominado hemograma.

O hemograma analisa as quantidades dos diferentes tipos de células presentes no sangue. Ajude os estudantes a analisar hemogramas eventualmente trazidos por eles, recordando as características e as funções das diversas células do sangue.

Aplicando conhecimentos

- 1 Alternativa C. Um organismo que se alimenta de produtos variados, tanto de origem animal quanto de origem vegetal, é chamado onívoro.
- 2 Alternativa A. Dieta é o conjunto de tipos de alimentos que ingerimos e suas respectivas quantidades.
- 3 Alternativa B. Nutrição é o conjunto de processos pelos quais células assimilam substâncias nutritivas.
- 4 Alternativa D. Vitamina é uma substância orgânica necessária em pequenas quantidades, mas que o organismo é incapaz de sintetizar.
- 5 Alternativa B. Frequência cardíaca é o número de vezes que o coração bate em dado intervalo de tempo.
- 6 Alternativa D. A contração de uma câmara cardíaca é chamada sístole.
- 7 Alternativa A. Diástole é o nome da ação de relaxamento das câmaras cardíacas.
- 8 Alternativa C. A musculatura do coração é denominada miocárdio.

O capítulo também aborda diversos conteúdos relacionados ao sistema imunológico e às vacinas. Se for o caso, pergunte quais estudantes têm carteira de vacinação. Ajude-os a formar grupos com colegas para pesquisar a importância da vacinação. O tema possibilita trabalhar interdisciplinarmente com o professor de História fatos históricos do Brasil, como a Revolta da Vacina. Vale a pena pesquisar a existência de grupos de pessoas contrários à vacinação, apesar dos resultados mais que evidentes de sua eficiência. Todos esses temas podem fazer parte da campanha. A atividade permite desenvolver a **competência geral 1**, por pesquisar, utilizar e valorizar conhecimentos de eventos históricos, como a Revolta da Vacina, por exemplo, para compreender fenômenos das Ciências Naturais.

Dialogando com o texto

Este quadro aborda o papel dos linfonodos, ou nódulos linfáticos, no combate às infecções. Aproveite a oportunidade para propor aos estudantes que façam uma pesquisa na internet sobre a doença denominada elefantíase, relacionada ao sistema linfático. Nesse caso são importantes informações como: principais características da doença, sua causa, manifestações clínicas, áreas do Brasil onde a elefantíase ocorre e como ela pode ser tratada. A elefantíase, ou filariose linfática, é uma doença parasitária causada pelo verme nematódeo *Wuchereria bancrofti*, transmitido pela picada do mosquito *Culex quinquefasciatus*, conhecido como muriçoca. No Brasil a elefantíase é endêmica no Recife. O tratamento utiliza a droga dietilcarbamazina (DEC). Aproveite para discutir as estratégias de saúde pública utilizadas para controlar a proliferação de mosquitos que transmitem vírus como a dengue e o Zika vírus.

4. Sistema urinário

Este item favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, que trata dos diferentes níveis de organização da vida, por abordar o sistema urinário humano e sua importância na eliminação de excreções e na manutenção do equilíbrio iônico do organismo.

Pergunte aos estudantes o que eles sabem sobre exames laboratoriais, inclusive testes de gravidez, feitos a partir da análise da urina. O sistema urinário atua como filtro, eliminando do corpo substâncias tóxicas ou que estão em excesso. O exame de urina permite identificar diversos problemas de saúde. Há diversos tipos de exames de urina, com funções diferentes, entre elas identificar hematúria (presença de sangue na urina), estimar a quantidade de proteínas (proteinúria), estimar o nível de glicose, estimar a acidez, verificar

a presença de substâncias indicativas de infecção etc. No caso do exame de gravidez são aferidos os níveis do hormônio beta-HCG, produzido durante a gestação. Nos testes *anti-dopings*, o exame de urina permite detectar a utilização de determinadas drogas pelos atletas.

É importante discutir com os estudantes que o sistema urinário, além de eliminar resíduos, também regula a quantidade de água e de diversos elementos químicos no corpo, como o sódio, o potássio, o cálcio e o fósforo. Questione os estudantes sobre o que ocorreria no organismo se os rins não conseguissem filtrar corretamente o sangue. Pergunte se alguém conhece algo a respeito de doenças renais e hemodiálise. Proponha uma pesquisa a respeito. Lembre aos estudantes que o Dia Mundial do Rim é comemorado na segunda quinta-feira do mês de março.

CAPÍTULO 9

Termoquímica, petróleo e combustíveis

Metas do capítulo

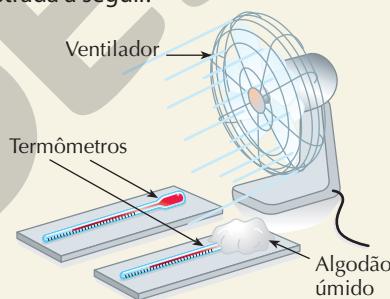
- Compreender e diferenciar os conceitos de processo endotérmico e processo exotérmico.
- Entender o significado de variação de entalpia referente a uma mudança de fase ou reação química.
- Construir e interpretar diagramas de entalpia referentes a processos exotérmicos e processos endotérmicos.
- Determinar variação de entalpia em uma reação química aplicando a lei de Hess.
- Compreender o conceito de entalpia-padrão de combustão e avaliar a energia liberada por um combustível.
- Saber que o petróleo é uma mistura composta principalmente de hidrocarbonetos utilizados como combustíveis e matérias-primas industriais.
- Ter noção, em linhas gerais, sobre a origem e a extração do petróleo, bem como sobre seu fracionamento.
- Conhecer o conceito de entalpia-padrão de formação e usar valores dessa grandeza na determinação da variação de entalpia-padrão de uma reação química.
- Compreender o conceito de entalpia média de ligação e estimar a variação de entalpia de uma reação utilizando valores dessa grandeza.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Química.

Na abertura deste capítulo, é discutido o conteúdo energético de macronutrientes como os carboidratos e lipídios. Esses nutrientes armazenam energia química, que o corpo utiliza em diversas reações químicas relacionadas ao metabolismo. A energia, expressa em joules (J) ou calorias (cal), que está envolvida nessas e em outras reações químicas é objeto de estudo da termoquímica.

Para o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, você pode fazer a atividade prática descrita a seguir. Para isso, é necessário realizar uma montagem experimental como a ilustrada a seguir.



Serão necessários:

- dois termômetros
- ventilador
- algodão
- água (à temperatura ambiente)

Procedimento:

1. Posicione os dois termômetros a uma mesma distância do ventilador, que, neste primeiro momento, deve estar desligado. Mantenha-os nesta posição até que ambos marquem a mesma temperatura.
2. Envolve o bulbo de um dos termômetros com um chumaço de algodão molhado com água e, em seguida, ligue o ventilador.
3. Registre, a cada minuto, durante quinze minutos, a temperatura marcada pelos termômetros.

Oriente os estudantes na análise das anotações feitas ao longo dos quinze minutos. O resultado esperado é que o termômetro cujo bulbo foi envolvido pelo algodão úmido indique diminuição de temperatura em relação ao outro, que serve de controle. Deixe que eles estabeleçam hipóteses e tentem explicar o observado.

Em seguida, conduza a discussão para auxiliá-los a compreender que o ventilador apenas favorece a vaporização da água, mudança de fase que absorve calor das vizinhanças, inclusive do bulbo do termômetro, provocando diminuição de sua temperatura. O experimento oferece uma possibilidade de perceber, antes de iniciar o estudo do capítulo, que a vaporização da água é um processo endotérmico.

1. Processos: exotérmicos e endotérmicos

Apresente os exemplos do Livro do Estudante para diferenciar os processos que absorvem energia daqueles que liberam energia. Comece com as mudanças de fase da água, pois são fenômenos que os estudantes constatam em seu dia a dia. Em seguida, use os exemplos de transformações químicas, como a reação de combustão da glicose e de decomposição do carbonato de cálcio.

Conceitue processo endotérmico e processo exotérmico e apresente a expressão que define variação de entalpia de uma reação. Utilizando-a, mostre que os processos endotérmicos têm variação de entalpia positiva e que os processos exotérmicos têm variação de entalpia negativa.

Com base nas Figuras 1 e 2 do Livro do Estudante, construa na lousa diagramas de entalpia para os processos apresentados, destacando a diferença entre o diagrama que representa uma transformação endotérmica e o diagrama que indica uma transformação exotérmica. Realize esse processo de forma detalhada, pois os estudantes costumam ter dificuldades ao construir esses diagramas.

Dialogando com o texto

Ressalte que, ao analisar uma equação termoquímica balanceada, os coeficientes estequiométricos são interpretados como as quantidades de matéria de reagentes e produtos envolvidos na transformação.

Como o Item 2 falará sobre a lei de Hess, é importante que os estudantes, desde já, levem em conta essa informação ao interpretar equações termoquímicas.

Um aspecto de fundamental relevância é destacar que a unidade **kJ/mol** (ou **kJ·mol⁻¹**) usada para expressar variações de entalpia deve ser interpretada como **quilojoule por mol de reação**.

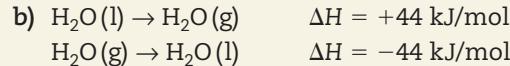
Mostre também as representações recomendadas pela IUPAC para variações de entalpia e comente que serão utilizadas no decorrer do capítulo. No entanto, deixe claro que essas simbologias podem aparecer de maneiras distintas em outros materiais didáticos e questões de vestibular.

Aplicando conhecimentos

1 Oriente os estudantes durante a execução da atividade e reserve um tempo para que eles levantem hipóteses e tentem explicar o que foi observado. Espera-se que eles concluam que sentimos a pele esfriar porque ocorre transferência de calor da mão para a água, calor este absorvido na vaporização do líquido.

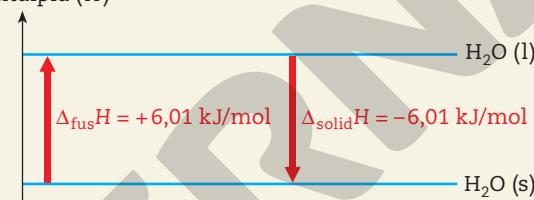
2 Parte da água que está na superfície externa da talha, ou moringa, evapora, e esse processo é endotérmico. Assim, ocorre transferência de calor da moringa para essa parte do líquido que vaporiza, fazendo com que a temperatura da moringa diminua.

3 a) No diagrama em questão, a seta apontando para cima indica absorção de energia em um processo endotérmico, e a seta apontando para baixo indica liberação de energia em um processo exotérmico.



c) Na evaporação, ocorre ruptura de interações intermoleculares, e esse rompimento requer absorção de energia. Por outro lado, durante a condensação, formam-se interações intermoleculares e, com isso, ocorre a liberação de energia.

4 a) Entalpia (H)



b) massa de água energia absorvida

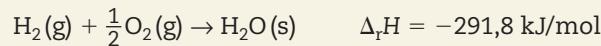
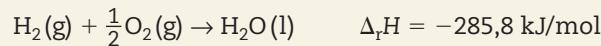
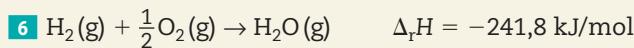
$$\begin{array}{rcl} 18 \text{ g} & \xrightarrow{\quad} & 6,01 \text{ kJ} \\ 1 \text{ g} & \xrightarrow{\quad} & x \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = 0,33 \text{ kJ}$$

c) Como cada grama de água sólida absorve 0,33 kJ de energia na fusão, o calor latente de fusão da água, expresso em kJ/g, é $L_f = 0,33 \text{ kJ/g}$.

5 Considerando que a energia liberada na combustão de 1 mol de metano (16 g) é $8,0 \cdot 10^2 \text{ kJ} = 8,0 \cdot 10^5 \text{ J}$, podemos fazer o cálculo do seguinte modo:

massa de metano energia liberada

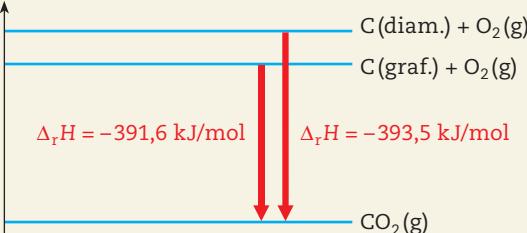
$$\begin{array}{rcl} 16 \text{ g} & \xrightarrow{\quad} & 8,0 \cdot 10^5 \text{ J} \\ x & \xrightarrow{\quad} & 16 \cdot 10^6 \text{ J} \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = 320 \text{ g}$$



As variações de entalpia das três transformações são distintas porque o produto (água) se encontra em fases distintas. A entalpia de 1 mol de água é maior em fase gasosa e menor em fase sólida.

7 O diagrama de entalpia solicitado (fora de escala) é:

Enthalpia (H)



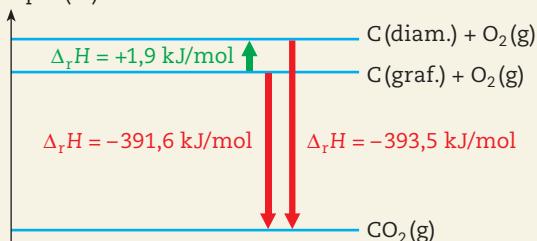
Como a combustão de C(diam.) libera maior quantidade de energia que a combustão de C(graf.), concluímos que o diamante tem maior conteúdo entálico que a grafite.

- 8** Basta calcular a diferença entre os níveis entálicos dos reagentes das duas reações esquematizadas no diagrama de entalpias da resposta anterior.

$$\Delta_r H = +1,9 \text{ kJ/mol}$$

Graficamente, essa variação de entalpia corresponde à seta verde no diagrama (fora de escala) a seguir:

Entalpia (H)



Note que essa atividade já prepara para a compreensão da lei de Hess, tema tratado à frente.

- 9** A leitura do gráfico mostra que ocorre absorção de 500 kJ juntamente com a produção de 100 g de HCN. Como a massa molar do HCN é 27 g/mol, temos que:

| massa de HCN | energia absorvida |
|--------------|-------------------|
| 100 g | 500 kJ |
| 27 g | x |

$\Rightarrow x = 135 \text{ kJ}$

Assim, concluímos que: $\Delta_r H = +135 \text{ kJ/mol}$.

Comente com os estudantes que a leitura direta do valor em y correspondente ao valor de 27 g no eixo x é outra maneira de resolver, mas menos precisa que o método apresentado.

2. Variação de entalpia-padrão e lei de Hess

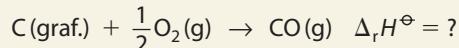
Peça aos estudantes que observem a Figura 3 do Livro do Estudante e auxilie-os na sua interpretação, pois é importante que eles consigam perceber a função de cada uma das partes de um calorímetro usado na determinação de variações de entalpia. Deixe claro que o calorímetro é um equipamento utilizado para medir a energia envolvida em uma reação química e resgate, nessa discussão, conceitos estudados nos Capítulos 4 e 5 sobre quantidade de calor e processos de transmissão de calor.

Ao falar sobre o conceito de estado-padrão (condições-padrão) de uma substância, destaque a importância de se padronizarem as condições em que se mede a variação de entalpia. Explique que existem muitas reações cuja variação de entalpia é conhecida e que é possível consultar muitos desses valores em tabelas. Comente também que essas variações de entalpia conhecidas apresentam diversas aplicações, como na previsão do calor liberado ou absorvido em reações químicas cuja variação de entalpia, por alguma razão, não foi medida.

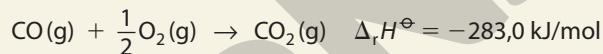
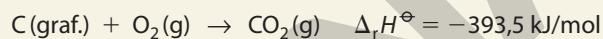
Para mostrar que a lei de Hess possibilita prever a variação de entalpia de uma reação química, utilize inicialmente o exemplo descrito na Figura 4. Esse exemplo é importante, pois provavelmente será o primeiro contato dos estudantes com

a demonstração de que, ao somar equações, o ΔH resultante será igual à soma dos valores de ΔH das etapas somadas.

A seguir, trabalhe, na lousa, um exemplo numérico como o que comentamos a seguir. A reação de combustão incompleta do carbono grafite, C(graf.), formando monóxido de carbono gasoso, CO(g), é difícil de realizar na prática com alto rendimento; uma parte do carbono pode queimar até formar dióxido de carbono gasoso, CO₂(g), e outra parte pode permanecer sem queimar. Por isso, é complexo medir a variação de entalpia da reação assim equacionada:



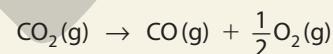
Por outro lado, a combustão do carbono grafite produzindo dióxido de carbono e a combustão do monóxido de carbono, também produzindo dióxido de carbono, são reações relativamente simples de realizar e cujos valores de $\Delta_r H^\ominus$, a 25 °C, podem ser determinados com relativa facilidade:



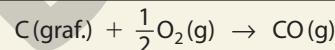
Com esses valores, podemos usar a lei de Hess para determinar o $\Delta_r H^\ominus$, a 25 °C, da combustão incompleta do carbono grafite. Para isso, somamos a primeira equação com a segunda invertida (e, consequentemente, com o sinal de $\Delta_r H^\ominus$ alterado de menos para mais):



$$\Delta_1 H^\ominus = -393,5 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta_2 H^\ominus = +283,0 \text{ kJ/mol}$$



O valor de $\Delta_r H^\ominus$, a 25 °C, da equação obtida é:

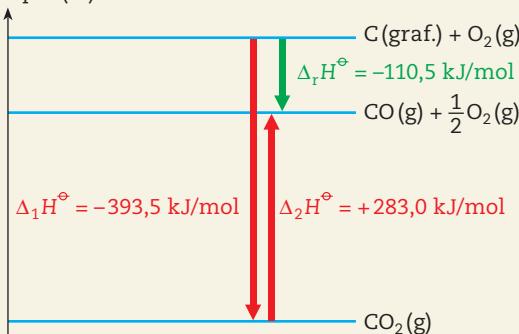
$$\Delta_r H^\ominus = \Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus$$

$$\Delta_r H^\ominus = -393,5 \text{ kJ/mol} + 283,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_r H^\ominus = -110,5 \text{ kJ/mol}$$

Graficamente, esse resultado está representado pela seta verde no diagrama de entalpias (fora de escala) a seguir:

Entalpia (H)



3. Entalpia-padrão de combustão

Peça aos estudantes que citem exemplos de combustíveis e aplicações das reações de combustão. Conduza a discussão para que eles percebam que qualquer reação de combustão

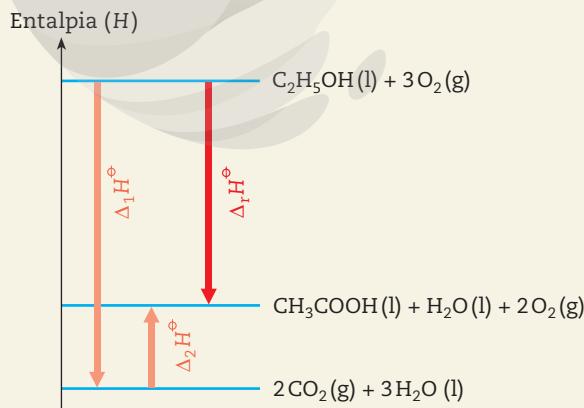
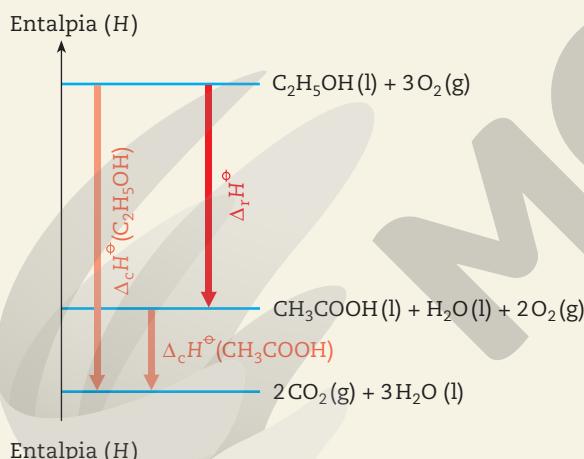
é exotérmica. Para diferenciar a combustão completa da combustão incompleta, solicite que os estudantes analisem as equações da queima do gás metano disponíveis no Livro do Estudante e identifiquem as diferenças entre elas.

Caso considere válido, realize a atividade a seguir. Comente que os componentes majoritários do gás de cozinha são propano (C_3H_8) e butano (C_4H_{10}) e peça que os estudantes elaborem, para cada um desses compostos, as equações que representam três formas de combustão – completa, incompleta com formação de monóxido de carbono e incompleta com formação de carbono grafite –, considere reagentes e produtos nas condições-padrão, a 25 °C.

Em seguida, defina entalpia-padrão de combustão e apresente alguns exemplos da Tabela 1.

Aproveitando as equações elaboradas por eles, sugira que consultem a Tabela 1 do Livro do Estudante, que se refere a reações de combustão completa, e expressem a quantidade de calor liberada quando 1 mol de propano e 1 mol de butano, separadamente, reagem em combustão completa, a 100 kPa e 25 °C. Proponha também que, fundamentados nos valores encontrados, comparem propano e butano quanto ao calor liberado por mol de combustível utilizado.

Como exemplificação da utilização de entalpias-padrão de combustão junto da lei de Hess, apresente as equações do Livro do Estudante e reproduza na lousa o cálculo da variação de entalpia da reação de oxidação do etanol em ácido acético e água. Construa os diagramas desse processo em conjunto com os estudantes, para ajudar a elucidar o cálculo realizado. Eles são mostrados (fora de escala) a seguir.



É importante que os estudantes percebam que esses diagramas entálpicos reúnem as informações das equações termoquímicas e possibilitam uma melhor visualização do uso da lei de Hess para cálculo de variação de entalpia.

De olho na BNCC

- EM13CNT303

O tema discutido neste item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303** da BNCC, pois envolve a interpretação de textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas.

4. Petróleo

A importância do petróleo na geração de energia e na obtenção de produtos que fazem parte do cotidiano é apresentada para que os combustíveis sejam abordados de maneira contextualizada. converse com os estudantes sobre o processo de formação do petróleo. Com o auxílio da Figura 6, mostre um esquema de exploração de jazida petrolífera no continente. Depois de retirado da jazida, o petróleo cru não se apresenta de grande utilidade, devendo passar pelo processo de refino para gerar materiais com aplicações variadas. Aproveite a oportunidade para destacar impactos ambientais que podem advir da extração e do processamento do petróleo.

Ao falar sobre o fracionamento do petróleo, enfatize que o petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos com massas moleculares distintas e temperaturas de ebulição diferentes. Detalhes de como realizar essa abordagem estão no artigo: SANTA MARIA, L. C. et al. Petróleo: um tema para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 15, p. 19-23, 2002. Disponível em: <<http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc15/v15a04.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2020.

Mencione a importância da indústria petroquímica na vida moderna e cite os trabalhos das químicas Yulia Lermontova e Giuliana Cavagliere Tesoro. Trata-se de uma excelente oportunidade de promover positivamente a imagem da mulher, considerando sua participação em diferentes trabalhos científicos.

Este Item 4 apresenta duas atividades *Dialogando com o texto*, comentadas, separadamente, a seguir.

De olho na BNCC

- EM13CNT307
- EM13CNT309

Este item possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT307**, pois permite aos estudantes analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas); e **EM13CNT309**, já que estimula os estudantes a 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.

Dialogando com o texto

O primeiro *Dialogando com o texto* solicita que os estudantes pesquisem imagens de colunas de fracionamento. Ao analisá-las em sala com eles, mostre que nas situações reais a operação de uma coluna é um processo complexo e que envolve muitas variáveis. Isso possibilita usar condições de operação que priorizem a obtenção de determinados produtos de interesse. Enfatize que se trata de uma operação contínua, em fluxo, na qual a coluna é continuamente abastecida com óleo cru aquecido e as frações se acumulam nas diversas bandejas metálicas.

Explique, também, que existem diversos tipos de coluna de fracionamento em uma refinaria, muitas delas empregadas na separação mais elaborada das frações inicialmente obtidas.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

O *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** da BNCC, pois permite aos estudantes interpretar modelos explicativos para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Dialogando com o texto

No segundo *Dialogando com o texto*, os estudantes trabalharão novamente neste volume com aspectos relativos ao pensamento computacional (o que já foi feito nos Capítulos 3 e 6), avançando no grau de complexidade (progressão da aprendizagem).

A saída que será produzida pelo **algoritmo da equipe 1** será constituída de 16 avisos. Os primeiros 4, que têm em comum o preço do etanol em R\$ 3,10, serão:

"Com o etanol custando R\$ 3,10 e a gasolina custando R\$ 4,50, use **etanol!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,10 e a gasolina custando R\$ 4,60, use **etanol!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,10 e a gasolina custando R\$ 4,70, use **etanol!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,10 e a gasolina custando R\$ 4,80, use **etanol!**"

Os próximos 4, com o preço do etanol em R\$ 3,20, serão:

"Com o etanol custando R\$ 3,20 e a gasolina custando R\$ 4,50, use **gasolina!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,20 e a gasolina custando R\$ 4,60, use **etanol!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,20 e a gasolina custando R\$ 4,70, use **etanol!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,20 e a gasolina custando R\$ 4,80, use **etanol!**"

Os 4 seguintes, com o preço do etanol em R\$ 3,30, serão:

"Com o etanol custando R\$ 3,30 e a gasolina custando R\$ 4,50, use **gasolina!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,30 e a gasolina custando R\$ 4,60, use **gasolina!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,30 e a gasolina custando R\$ 4,70, use **gasolina!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,30 e a gasolina custando R\$ 4,80, use **etanol!**"

E os últimos 4, com o preço do etanol em R\$ 3,40, serão:

"Com o etanol custando R\$ 3,40 e a gasolina custando R\$ 4,50, use **gasolina!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,40 e a gasolina custando R\$ 4,60, use **gasolina!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,40 e a gasolina custando R\$ 4,70, use **gasolina!**"

"Com o etanol custando R\$ 3,40 e a gasolina custando R\$ 4,80, use **gasolina!**"

O algoritmo consiste de dois *loops*, um dentro do outro. A cada volta no *loop* interno, o preço da gasolina é acrescido de 10 centavos. A cada volta no *loop* externo, o preço do etanol é acrescido em 10 centavos.

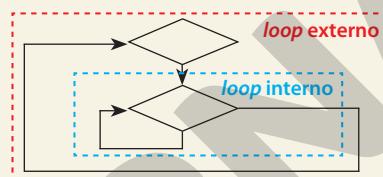


ILUSTRAÇÃO
DOS AUTORES

A interpretação do algoritmo, dada a seguir, fará referência aos números em magenta que estão junto do fluxograma (exclusivos do professor), na atividade. Conforme a análise esclarecerá, o bloco de decisão (losango) designado por (2) é onde se inicia o *loop* externo e o bloco de decisão (4) é onde se inicia o *loop* interno.

Imediatamente após o início, o fluxo passa por (1), onde a variável PE (preço do litro de etanol) recebe o valor 3,10 (valor mínimo). Em (2), esse valor é comparado com 3,40 (preço máximo do etanol) e, como a resposta da pergunta "3,10 > 3,40?" é NÃO, o fluxo vai para (3), onde a variável PG (preço do litro de gasolina) recebe o valor 4,50 (valor mínimo). Em (4), esse valor é comparado com 4,80 (preço máximo da gasolina) e, como a resposta da pergunta "4,50 > 4,80?" é NÃO, o fluxo vai para (5), onde são feitos os seguintes cálculos:

- $CE = PE \cdot 143 = 3,10 \cdot 143 = 443,30$ (custo de 143 L de etanol);
- $CG = PG \cdot 100 = 4,50 \cdot 100 = 450,00$ (custo de 100 L de gasolina).

Em (6), compara-se se CG (450,00) é menor que CE (443,30), o que resulta NÃO. Assim, o fluxo vai para (7), onde é feita a comparação se CG é maior que CE, o que resulta SIM. Isso significa que custa mais usar gasolina que etanol para percorrer um mesmo percurso com o automóvel. Devido a esse SIM, chega-se a (8) e isso resulta na primeira saída do algoritmo, o aviso: "Com o etanol custando R\$ 3,10 e a gasolina custando R\$ 4,50, use **etanol!**"

Saindo de (8), o fluxo vai para (9), onde PG é aumentado em 0,10, passando a valer 4,60. Isso completa a primeira volta do *loop* interno.

Chegando em (4), o que está na memória é $PE = 3,10$ e $PG = 4,60$. Como PG não é maior que 4,80, a resposta em (4) é novamente NÃO e o *loop* interno é percorrido pela segunda vez, calculando-se:

- $CE = PE \cdot 143 = 3,10 \cdot 143 = 443,30$ (custo de 143 L de etanol);
- $CG = PG \cdot 100 = 4,60 \cdot 100 = 460,00$ (custo de 100 L de gasolina).

Nessa segunda volta do *loop*, a saída será: "Com o etanol custando R\$ 3,10 e a gasolina custando R\$ 4,60, use **etanol!**"

O *loop* é percorrido mais duas vezes, com PG = 4,70 e PG = 4,80, originando mais dois avisos, totalizando os quatro primeiros avisos. Cada vez que o *loop* interno é percorrido, gera-se um aviso:

- 1^a vez com: PE = 3,10 e PG = 4,50;
- 2^a vez com: PE = 3,10 e PG = 4,60;
- 3^a vez com: PE = 3,10 e PG = 4,70;
- 4^a vez com: PE = 3,10 e PG = 4,80.

Ao passar por (9), ao final da quarta volta pelo *loop* interno, PG recebe o valor 4,90. Por causa disso, o resultado da comparação em (4) será SIM e o fluxo seguirá por (10), chegando a (11).

Em (11), PE é acrescido de 0,10 e passa a valer 3,20. Então, ao chegar em (2), a resposta da pergunta "PE > 3,40?" será NÃO. Inicia-se, aí, a segunda volta pelo *loop* externo. Na primeira, PE valia 3,10 e, nessa segunda, PE vale 3,20.

O fluxo vai para (3), onde PG volta a receber o valor mínimo 4,50. A partir desse ponto, o *loop* interno será percorrido mais quatro vezes, gerando um aviso para cada volta:

- 5^a vez com: PE = 3,20 e PG = 4,50;
- 6^a vez com: PE = 3,20 e PG = 4,60;
- 7^a vez com: PE = 3,20 e PG = 4,70;
- 8^a vez com: PE = 3,20 e PG = 4,80.

Na 5^a vez, o fluxo passa por (12) porque CG é menor que CE. Note que o 5^o aviso aconselha a usar gasolina. Na 6^a, 7^a e 8^a vezes, o fluxo passa por (8), e o aviso sugere usar etanol.

Após isso, em (11), o valor de PE aumentará para 3,30 e, numa terceira volta pelo *loop* externo, haverá quatro avisos gerados, ao passar quatro vezes pelo *loop* interno:

- 9^a vez com: PE = 3,30 e PG = 4,50;
- 10^a vez com: PE = 3,30 e PG = 4,60;
- 11^a vez com: PE = 3,30 e PG = 4,70;
- 12^a vez com: PE = 3,30 e PG = 4,80.

Essas quatro voltas produzem mais quatro avisos.

Novamente em (11), o valor de PE aumentará para 3,40 e, numa quarta volta pelo *loop* externo, haverá mais quatro avisos gerados (os quatro últimos), ao passar quatro vezes pelo *loop* interno:

- 13^a vez com: PE = 3,40 e PG = 4,50;
- 14^a vez com: PE = 3,40 e PG = 4,60;
- 15^a vez com: PE = 3,40 e PG = 4,70;
- 16^a vez com: PE = 3,40 e PG = 4,80.

Das 16 vezes em que o *loop* interno foi percorrido, o fluxo não passou por (13) em nenhuma delas. Contudo, o bloco (13) cumpre um papel lógico relevante. Se, porventura, CE e CG tivessem o mesmo resultado (isto é, custo igual usando etanol ou gasolina para percorrer um mesmo percurso), as respostas em (6) e (7) seriam NÃO. Nesse caso, ao passar por (13), o aviso diria para usar gasolina ou etanol.

A execução das instruções desse algoritmo chega ao fim após a quarta volta pelo *loop* externo porque, quando o fluxo passa por (11) pela quarta vez, o valor de PE passa a valer 3,50. Então, em (2), a resposta da pergunta "PE > 3,40?" é SIM e o fluxo chega a (14), que é o ponto final da execução das instruções.

Analisemos, agora, o **algoritmo da equipe 2**, considerando as letras em magenta (exclusivas do professor) que estão junto do fluxograma, na atividade.

Saliente aos estudantes que é possível representar um fluxograma visualmente de modos diferentes, **porém mantendo os blocos e o mesmo encadeamento lógico**. Assim, o algoritmo da equipe 2 poderia ser, de modo alternativo, expresso graficamente como a seguir:

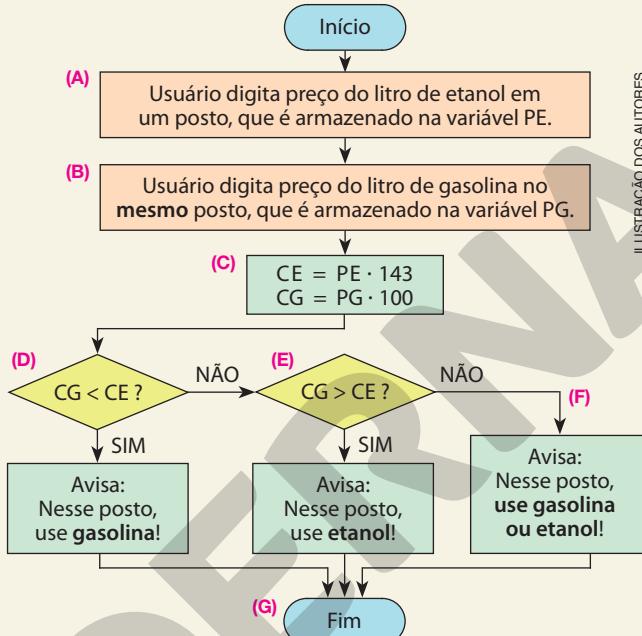


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Em (A) e (B), o usuário entra com os preços por litro de etanol e de gasolina que, respectivamente, são armazenados na memória como PE e PG. Em (C), é feito o cálculo de quanto custam 143 L de etanol e 100 L de gasolina, valores armazenados na memória, respectivamente, como CE e CG. O restante do algoritmo são comparações para verificar qual dos custos é menor, CE ou CG, ou se, eventualmente, são iguais.

Se CG < CE (gasolina custa menos), a resposta em (D) é SIM e o aviso será: "Nesse posto, use **gasolina!**". Caso contrário, a resposta é NÃO, e o fluxo segue para (E). Se CG > CE (etanol custa menos), a resposta em (E) é SIM e o aviso será: "Nesse posto, use **etanol!**". Caso contrário, a resposta é NÃO, e o fluxo segue para (F), aonde só chega se CG for igual a CE. Nesse caso, o aviso será: "Nesse posto, **use gasolina ou etanol!**". Após emitir um único aviso dentre os três possíveis, a execução das instruções termina (G).

Agora que analisamos os dois algoritmos e determinamos qual será a saída (resultado fornecido) de cada um, podemos responder às demais perguntas feitas na atividade.

O algoritmo da equipe 2 é a melhor solução, pois, além de ser mais conciso e elegante, fornece diretamente a informação desejada pelo usuário do programa. O algoritmo da equipe 1 fornece uma saída maior, em meio à qual o usuário terá de procurar o caso que lhe interessa. Além disso, a solução da equipe 2 independe do conhecimento prévio da faixa de

preços dos combustíveis e analisa casos que não são múltiplos exatos de 10 em 10 centavos.

Quanto às alterações que devem ser feitas nos algoritmos no caso de flutuação dos preços para fora da faixa dada pela professora, o da equipe 1 requer que se substituam os valores “3,10” e “3,40”, respectivamente, pelos preços mínimo e máximo do litro de etanol, e os valores “4,50” e “4,80”, respectivamente, pelos preços mínimo e máximo do litro de gasolina. O algoritmo da equipe 2 não requer nenhuma alteração, nesse caso.

Finalmente, quanto às alterações que devem ser feitas nos algoritmos no caso de considerar um veículo com outra equivalência etanol/gasolina, em ambos os algoritmos os valores 143 e 100 devem ser substituídos pelo número de litros, respectivamente, de etanol e de gasolina que possibilitam a esse outro veículo considerado percorrer um mesmo percurso (mesma distância).

Caso considere conveniente, à luz da realidade local, você pode propor que os grupos de estudantes adaptem o algoritmo da equipe 2 para permitir ao usuário introduzir não apenas os preços por litro, mas também o consumo de seu automóvel, em km/L, com etanol e com gasolina, valores que ele pode obter nas tabelas do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular, do INMETRO. Na ocasião em que esse livro foi escrito, as tabelas estavam em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas_pbe_veicular.asp> (acesso em: 11 ago. 2020). Se o endereço tiver mudado, busque por “INMETRO Tabelas PBE Veicular”. Nas tabelas, há colunas para quilometragem por litro de etanol e de gasolina, para percursos em cidade ou em estrada. Digamos que certo veículo consome, em estrada, 14,4 km/L de gasolina e 10,1 km/L de etanol. Usando a notação:

$QPLG$ = quilômetros por litro de gasolina para certo percurso;
 $QPLE$ = quilômetros por litro de etanol para o mesmo percurso; temos:

$$\frac{QPLG}{QPLE} = \frac{14,4 \text{ km/L de gasolina}}{10,1 \text{ km/L de etanol}} = 1,43 \frac{\text{L de etanol}}{\text{L de gasolina}}$$

que conduz à equivalência usada na atividade:

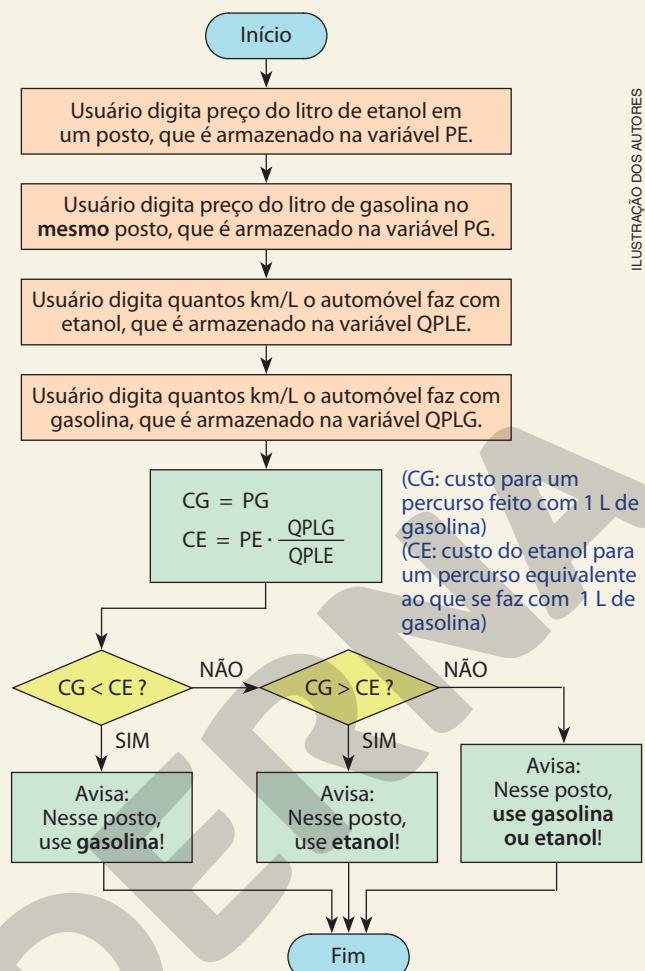
$$\frac{QPLG}{QPLE} = \frac{143 \text{ L de etanol}}{100 \text{ L de gasolina}}$$

A partir disso, pode ser feita a generalização de que a relação $QPLG/QPLE$ indica o número de litros de etanol que equivale a um litro de gasolina. No caso em questão, temos:

$$\frac{QPLG}{QPLE} = \frac{1,43 \text{ L de etanol}}{1,00 \text{ L de gasolina}}$$

ou seja, 1,43 L de etanol equivalem (em termos financeiros para o consumidor) a 1,00 L de gasolina.

Nisso se fundamenta o algoritmo a seguir, que é uma possibilidade que pode ser proposta pelos grupos de estudantes.



De olho na BNCC

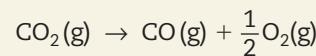
• EM13CNT308

O último *Dialogando com o texto*, fundamentado em pensamento computacional, possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308** da BNCC, pois permite investigar e analisar fluxogramas, que são a base dos sistemas de automação (que realizam tarefas braçais ou intelectuais repetitivas), para compreender diversas tecnologias contemporâneas.

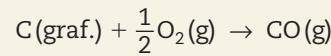
Aplicando conhecimentos



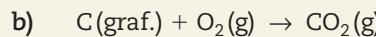
$$\Delta_1 H^\ominus = -393,5 \text{ kJ/mol}$$



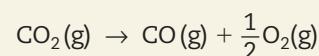
$$\Delta_2 H^\ominus = +283,0 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta_r H^\ominus = -110,5 \text{ kJ/mol}$$

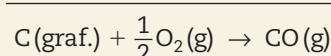


$$\Delta_1 H^\ominus = -393,5 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta_2 H^\ominus = +283,0 \text{ kJ/mol}$$

(+)



$$\Delta_r H^\ominus = -110,5 \text{ kJ/mol}$$

Usando os dados fornecidos, verificamos que:

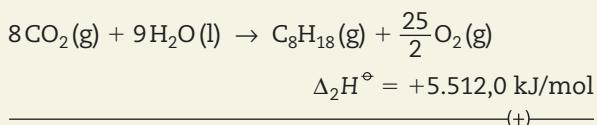
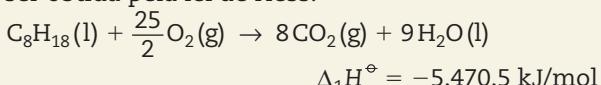
$$\Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus = -393,5 \text{ kJ/mol} + 283,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus = -110,5 \text{ kJ/mol}$$

Então:

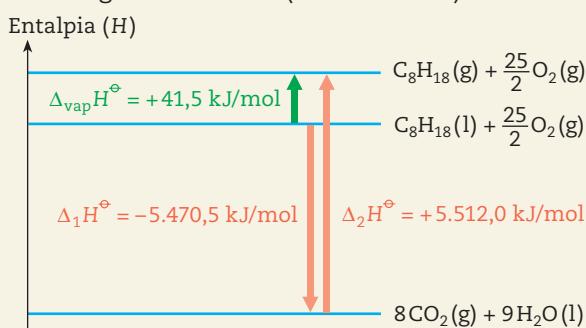
$$\Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus = \Delta_r H^\ominus$$

- 11** A entalpia-padrão de vaporização do octano pode ser obtida pela lei de Hess:



$$\Delta_{\text{vap}} H^\ominus = +41,5 \text{ kJ/mol}$$

Esse raciocínio pode ser representado graficamente da seguinte maneira (fora de escala):



- 12 a)** Para converter a área para m^2 , precisamos da relação entre km^2 e m^2 , que pode ser assim obtida:

$$(1 \text{ km})^2 = (10^3 \text{ m})^2 \Rightarrow 1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2$$

Então, o volume de água líquida é:

$$V = 320 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 320.000 \text{ m}^3$$

Pela densidade da água, $d_{\text{água}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$, temos:

$$m = 320.000 \text{ m}^3 \cdot 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 3,2 \cdot 10^8 \text{ kg} = 3,2 \cdot 10^{11} \text{ g}$$

Como $\Delta_{\text{cond}} H^\ominus = -44 \text{ kJ/mol}$, chegamos a:

| | | |
|-------------------------------|----------|---|
| massa | energia | |
| de água | liberada | |
| 18 g | 44 kJ | } |
| $3,2 \cdot 10^{11} \text{ g}$ | x | |

$$\Rightarrow x = 7,8 \cdot 10^{11} \text{ kJ}$$

- b)** Para o etanol, $\Delta_c H^\ominus = -1.366,8 \text{ kJ/mol}$. Então:

| | | |
|----------|--------------------------------|---|
| massa de | energia | |
| etanol | liberada | |
| 46 g | 1.366,8 kJ | } |
| x | $7,8 \cdot 10^{11} \text{ kJ}$ | |

$$\Rightarrow x = 2,6 \cdot 10^{10} \text{ g}$$

Convertendo para toneladas ($1 \text{ t} = 10^6 \text{ g}$):

$$x = 2,6 \cdot 10^4 \text{ t}$$

A energia liberada na condensação da água que cai na chuva mencionada equivale à liberada na combustão de **26 mil toneladas de etanol**. Saliente aos estudantes o comentário final que aparece no enunciado: "Surpreso com a resposta? Por aí, pode-se perceber a grande quantidade de energia envolvida em fenômenos atmosféricos."

- 13 a)** O valor liberado por mol está representado no primeiro gráfico. Portanto, é o octano que libera a maior quantidade de energia por mol.
- b)** Para obter o valor da energia liberada, expressa em kJ/g , podemos dividir o $\Delta_c H^\ominus (\text{kJ/mol})$ pela massa molar (g/mol) de cada um dos combustíveis. Por meio desse cálculo, temos os seguintes valores aproximados:

| Combustível | Módulo da energia liberada (kJ/g) |
|-------------|-----------------------------------|
| Hidrogênio | 143,0 |
| Metano | 55,7 |
| Octano | 48,0 |
| Metanol | 22,7 |
| Etanol | 29,7 |

Portanto, dos combustíveis apresentados, aquele que libera maior quantidade de energia por grama, na combustão, é o gás hidrogênio.

- c)** Para obter o valor da energia liberada, expressa em kJ/mL , podemos multiplicar os valores obtidos anteriormente (kJ/g) pela densidade (g/mL) de cada um dos combustíveis. Por meio desse cálculo, temos os seguintes valores aproximados:

| Combustível | Módulo da energia liberada (kJ/mL) |
|-------------|------------------------------------|
| Hidrogênio | 0,011 |
| Metano | 0,039 |
| Octano | 33,6 |
| Metanol | 18,2 |
| Etanol | 23,8 |

Portanto, é o octano que libera, na combustão, maior quantidade de energia por mililitro.

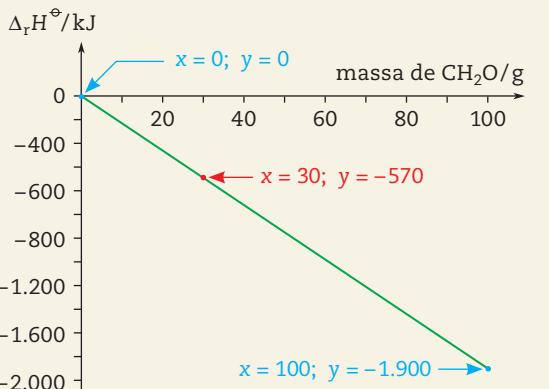
- 14** O algoritmo envolve um loop que será percorrido 101 vezes, com x assumindo valores 0, 1, 2, 3, ..., 100. Na primeira vez em que o loop é percorrido, com $x = 0$, o programa calcula $y = (-19) \cdot 0 = 0$, marca o ponto $(0, 0)$, não o conecta ao anterior e aumenta x em uma unidade, que passa a valer $x = 1$.

Na segunda vez em que o loop é percorrido, $x = 1$. O programa calcula $y = (-19) \cdot 1 = -19$, marca o ponto de coordenadas $x = 1$ e $y = -19$, conecta esse ponto $(1, -19)$ ao anterior por um segmento de reta e aumenta x em uma unidade, que passa a valer $x = 2$.

Na terceira vez em que o loop é percorrido, $x = 2$. O programa calcula $y = (-19) \cdot 2 = -38$, marca o ponto de coordenadas $x = 2$ e $y = -38$, conecta esse ponto $(2, -38)$ ao anterior $(1, -19)$ por um segmento de reta e aumenta x em uma unidade, que passa a valer $x = 3$. Isso se repete até que o loop seja percorrido com $x = 100$, durante o qual o programa calcula $y = (-19) \cdot 100 = -1.900$, marca o ponto de coordenadas $x = 100$ e $y = -1.900$, conecta-o ao anterior por um segmento de reta e aumenta x em uma unidade, que passa a valer $x = 101$. Contudo, no bloco de decisão (losango), esse valor de x faz com que a resposta da pergunta "x > 100?" seja SIM, o que conduz ao fim da execução das instruções do algoritmo.

- a)** O gráfico gerado é mostrado a seguir. Os dois pontos destacados em azul são o primeiro $(0, 0)$

e o último (100, -1.900) a serem marcados pelo programa. O ponto destacado em vermelho está relacionado ao item b.



5. Entalpia-padrão de formação

Explique o conceito de entalpia-padrão de formação ($\Delta_f H^\ominus$), recapitulando quais são as condições-padrão adotadas e acrescentando a novidade que, no caso de elementos químicos que apresentam o fenômeno da **alotropia** (isto é, mais de uma substância simples constituída pelo mesmo elemento químico), deve-se empregar a **variedade alotrópica de referência** adotada em termoquímica. Conforme explicado no Livro do Estudante, as variedades alotrópicas de referência para os elementos químicos carbono, oxigênio, enxofre e fósforo são, respectivamente, grafite (C(graf.)), gás oxigênio (O₂(g)), enxofre rômbico (S(rômb.)) e fósforo branco (P₄(s)). É adotada, como referência, a variedade alotrópica mais estável no estado-padrão, exceto no caso do elemento químico fósforo, porque o fósforo branco, apesar de menos estável que o fósforo vermelho (P(verm.)), é a variedade alotrópica mais reproduzível em laboratório.

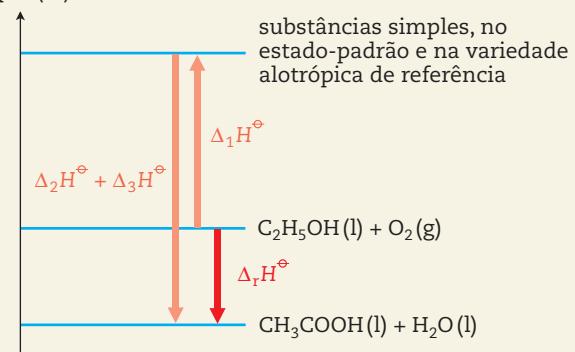
Ao apresentar a Tabela 2, ressalte que a unidade kJ/mol (ou kJ · mol⁻¹), referente à entalpia de formação, deve ser interpretada como quilojoule por mol de reação, estando a equação balanceada com coeficiente 1 no produto.

Reproduza na lousa o cálculo do $\Delta_r H^\ominus$ a partir de valores de $\Delta_f H^\ominus$ para a reação de oxidação do etanol, mencionada no Livro do Estudante:



Oriente os estudantes sobre como utilizar as entalpias-padrão de formação fornecidas na Tabela 2. É importante que eles percebam que, dispor de valores tabelados de $\Delta_f H^\ominus$ dos reagentes e produtos de uma reação, é possível determinar o $\Delta_r H^\ominus$ dela. Para ampliar a abordagem, elabore um diagrama de entalpias representando o cálculo efetuado e ajude-os a interpretá-lo. Empregando as notações $\Delta_1 H^\ominus$, $\Delta_2 H^\ominus$ e $\Delta_3 H^\ominus$, usadas no Livro do Estudante (na soma das equações), o diagrama entálpico (fora de escala) tem o aspecto a seguir.

Entalpia (H)



- b) A massa molar do CH₂O, calculada com dados obtidos da tabela periódica, é 30,0 g/mol. Para determinar a entalpia-padrão de combustão ($\Delta_c H^\ominus$) do formaldeído, basta calcular a variação de entalpia referente à massa de 30 g de formaldeído. Isso pode ser feito substituindo x = 30 na expressão y = (-19) · x, o que resulta em y = -570 e corresponde ao ponto destacado em vermelho no gráfico do item a, ou por meio de uma regra de três, usando, por exemplo, o fato de que 1 g de CH₂O (x = 1) libera 19 kJ na combustão (y = -19):

$$\begin{array}{l} \Delta_c H^\ominus \quad \text{massa de CH}_2\text{O} \\ -19 \text{ kJ} \quad \text{---} \quad 1 \text{ g} \\ x \quad \text{---} \quad 30 \text{ g} \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = -570 \text{ kJ}$$

Por qualquer um dos dois modos, chega-se a $\Delta_c H^\ominus(\text{CH}_2\text{O}(l)) = -570 \text{ kJ/mol}$.

- c) Para adaptar o algoritmo para o acetaldeído líquido, calculamos inicialmente a variação de entalpia para a massa de 1 g, considerando que $\Delta_c H^\ominus(C_2H_4O(l)) = -1.166 \text{ kJ/mol}$ e que a massa molar desse composto é 44 g/mol:

$$\begin{array}{l} \Delta_c H^\ominus \quad \text{massa de C}_2H_4\text{O} \\ -1.166 \text{ kJ} \quad \text{---} \quad 44 \text{ g} \\ y \quad \text{---} \quad 1 \text{ g} \end{array} \left. \right\} \Rightarrow y = -26,5 \text{ kJ}$$

Então, basta substituir, no algoritmo, a expressão “y = (-19) · x” por “y = (-26,5) · x”. O gráfico resultante será o seguinte:

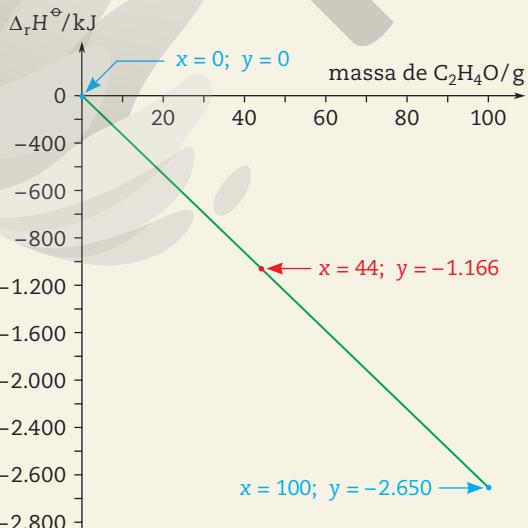
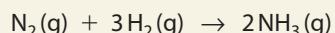


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

6. Entalpia média de ligação

Explique que na produção industrial de fertilizantes usa-se como matéria-prima a amônia, que é fabricada a partir dos gases nitrogênio (N₂) e hidrogênio (H₂). A equação química da reação de síntese da amônia é:



Para exemplificar a importância da amônia na produção de fertilizantes químicos, você pode elaborar um esquema como o que está mostrado a seguir.

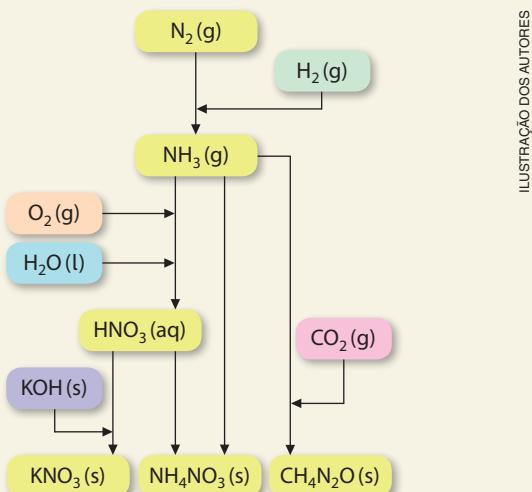


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Fonte consultada: BUCHEL, K. H. et al. *Industrial Inorganic Chemistry*. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2000.

Mencione que há outro método para estimar o $\Delta_f H$ de uma reação, distinto dos apresentados anteriormente, que se fundamenta na energia envolvida na ruptura e na formação das ligações covalentes existentes em reagentes e produtos e que você exemplificará esse método usando a equação da reação química de síntese da amônia.

Conceitue entalpia (energia) de ligação conforme está no Livro do Estudante e saliente que a **ruptura de ligações é um processo endotérmico** e, ao contrário, a **formação de ligações é um processo exotérmico**.

Peça que eles observem a Tabela 3, e explique como interpretar as entalpias de ligação tabeladas: cada valor representa a variação de entalpia da reação em que um mol de ligações é quebrado, estando o reagente e os produtos dessa quebra no estado gasoso. Assim, os valores tabelados são todos **positivos** porque se referem à **ruptura** de ligações. Mostre que há diferença na entalpia de ligações simples, duplas e triplas entre os mesmos átomos e que eles devem estar atentos a isso.

A seguir, reproduza na lousa o cálculo do $\Delta_r H$ da síntese da amônia, solicitando que os estudantes consultem os valores necessários na Tabela 3 enquanto faz a apresentação. Na atividade 20 do *Aplicando conhecimentos*, eles deverão elaborar, considerando a síntese da amônia, o diagrama de entalpia do processo teórico em que consideramos a quebra das ligações existentes nos reagentes (fornecendo átomos isolados em fase gasosa) e a subsequente formação das ligações existentes nos produtos. Essa construção gráfica auxilia bastante na compreensão das relações energéticas envolvidas no cálculo de $\Delta_r H$ por energias de ligação.

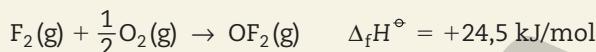
De olho na BNCC

• EM13CNT301

A abordagem deste item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** da BNCC, pois permite construir questões e representar e interpretar modelos explicativos para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Aplicando conhecimentos

- 15 A equação química que descreve corretamente o processo é:



Trata-se da reação de formação de 1 mol dessa substância exclusivamente a partir de reagentes que sejam substâncias simples, todas no estado-padrão, na fase mais estável nessas condições (gasosa, no caso) e na variedade alotrópica adotada como referência (gás oxigênio, no caso). O diagrama de entalpia desse processo é:

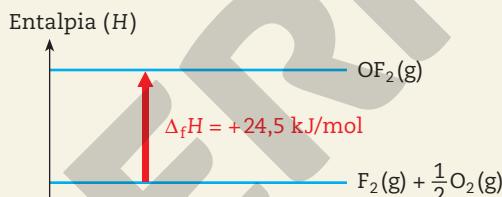


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

16 a) $\Delta_r H^\ominus = \Delta_f H^\ominus(PCl_5(g)) - [\Delta_f H^\ominus(PCl_3(l)) + \Delta_f H^\ominus(Cl_2(g))]$
 $\Delta_r H^\ominus = (-443,5 \text{ kJ/mol}) - [(-319,7 \text{ kJ/mol}) + 0]$
 $\Delta_r H^\ominus = -123,8 \text{ kJ/mol}$

b) $\Delta_{\text{subl}} H^\ominus = \Delta_f H^\ominus(PCl_5(g)) - \Delta_f H^\ominus(PCl_5(s))$
 $\Delta_{\text{subl}} H^\ominus = -374,9 \text{ kJ/mol} - (-443,5 \text{ kJ/mol})$
 $\Delta_{\text{subl}} H^\ominus = 68,6 \text{ kJ/mol}$

17 $\Delta_r H^\ominus = [\Delta_f H^\ominus(Glc-6-P(aq)) + \Delta_f H^\ominus(ADP(aq))] - [\Delta_f H^\ominus(Glc(aq)) + \Delta_f H^\ominus(ATP(aq))]$
 $\Delta_r H^\ominus = [-2.279 \text{ kJ/mol} + (-2.000 \text{ kJ/mol})] - [-1.267 \text{ kJ/mol} + (-2.982 \text{ kJ/mol})]$
 $\Delta_r H^\ominus = -30 \text{ kJ/mol}$

18 $\Delta_r H^\ominus = [\Delta_f H^\ominus(Al_2O_3(s)) + 2 \cdot \Delta_f H^\ominus(Fe(s))] - [\Delta_f H^\ominus(Fe_2O_3(s)) + 2 \cdot \Delta_f H^\ominus(Al(s))]$

Como o $\Delta_f H^\ominus$ é nulo para o ferro e o alumínio metálicos, nas condições-padrão, temos:

$$\Delta_r H^\ominus = \Delta_f H^\ominus(Al_2O_3(s)) - \Delta_f H^\ominus(Fe_2O_3(s))$$

Procurando os valores de $\Delta_f H^\ominus$ na Tabela 2 do capítulo e substituindo, temos:

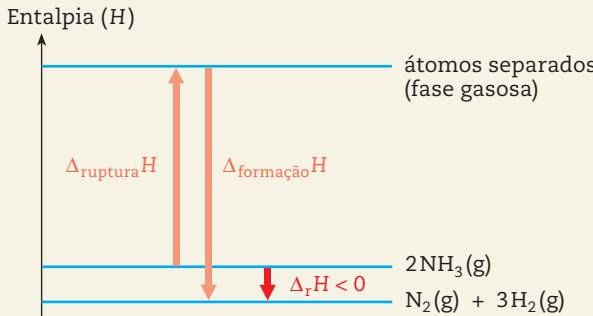
$$\Delta_r H^\ominus = -1.675,7 \text{ kJ/mol} - (-824,2 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta_r H^\ominus = -851,5 \text{ kJ/mol}$$

Por serem produzidos 2 mol de Fe(s), a energia liberada para cada mol de Fe(s) é a metade do valor obtido. O calor, em módulo, é 425,75 kJ/mol. Como essa energia é bem superior a 52 kJ/mol (energia necessária para aquecer o ferro de 25 °C até a temperatura de fusão e fundi-lo, segundo pesquisou a estudante), concluímos que é possível ocorrer a fusão do ferro e, consequentemente, soldar os trilhos.

- 19 $\Delta_{\text{ruptura}}H = 2 \cdot 413 \text{ kJ/mol} = +826 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta_{\text{formação}}H = -[436 \text{ kJ/mol} + 242 \text{ kJ/mol}]$
 $\Delta_{\text{formação}}H = -678 \text{ kJ/mol}$
A reação é endotérmica, pois $\Delta_{\text{ruptura}}H > |\Delta_{\text{formação}}H|$. Podemos calcular Δ_rH da seguinte maneira:
 $\Delta_rH = +826 \text{ kJ/mol} + (-678 \text{ kJ/mol}) = +148 \text{ kJ/mol}$

20 O diagrama solicitado é:



Nesse caso, a reação é exotérmica porque:

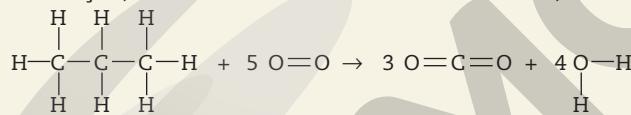
$$\Delta_{\text{ruptura}}H < |\Delta_{\text{formação}}H|.$$

- 21 a) Espera-se que a entalpia média de ligação seja maior, porque é mais difícil rompê-la.
b) A ordem decrescente da intensidade das ligações na primeira série citada é: HF > HCl > HBr > HI. Na segunda série é: Cl₂ > Br₂ > F₂ > I₂.
- 22 Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes argumentem que, nas reações químicas envolvidas nos processos mencionados, as ligações covalentes existentes nos produtos são mais fortes que as existentes nos reagentes. Assim, tem-se

$$\Delta_{\text{ruptura}}H < |\Delta_{\text{formação}}H|,$$

portanto, essas reações são exotérmicas.

Quanto ao exemplo sugerido, combustão completa do propano gasoso, a equação que representa essa reação, elaborada com fórmulas estruturais, é:



Contabilizando as rupturas de ligação:

- 8 mol de ligações C—H: $+8 \cdot 412 \text{ kJ/mol}$
- 2 mol de ligações C—C: $+2 \cdot 348 \text{ kJ/mol}$
- 5 mol de ligações O=O: $+5 \cdot 496 \text{ kJ/mol}$

Total absorvido nas rupturas: $+6.472 \text{ kJ/mol}$

Contabilizando as formações de ligação:

- 6 mol de ligações C=O: $-6 \cdot 743 \text{ kJ/mol}$
- 8 mol de ligações O—H: $-8 \cdot 463 \text{ kJ/mol}$

Total liberado nas formações: -8.162 kJ/mol

Assim, a reação é exotérmica porque:

$$\Delta_{\text{ruptura}}H < |\Delta_{\text{formação}}H|.$$

Em destaque

O texto traz informações que orientam as pessoas a utilizar principalmente alimentos *in natura* e evitar alimentos ultra-processados. Também são mostradas informações sobre o uso de substâncias esteroides, que são medicamentos que devem ser usados apenas sob prescrição médica e rigoroso controle.

Durante a execução da atividade, auxilie os estudantes a identificar fontes confiáveis de informação na internet, discutindo a responsabilidade que eles terão ao divulgar essas informações pesquisadas para outras pessoas. Ajude-os também na seleção de argumentos e propostas para a gravação dos vídeos de divulgação, a fim de que percebam a necessidade de ter bom conhecimento de um assunto antes de divulgá-lo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT208**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **Competência geral 7**

A atividade proposta no *Em destaque* favorece o desenvolvimento das habilidades da BNCC: **EM13CNT207**, pois permite identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicocultural e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar; **EM13CNT208**, uma vez que aborda a diversidade humana, considerando sua dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana (que se manifesta também na culinária); **EM13CNT302**, já que possibilita comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises e pesquisas, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos e tabelas, 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; e **EM13CNT303**, pois permite 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. Além disso, o *Em destaque* permite o desenvolvimento da **Competência geral 7**, pois leva os estudantes a 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 escolhas alimentares saudáveis e cuidados com a saúde.

CAPÍTULO 10 Cinética Química

Metas do Capítulo

- Conhecer o significado da grandeza rapidez (ou velocidade) de reação química.

- Calcular a rapidez média de consumo de um reagente e a rapidez média de formação de um produto.
- Associar as colisões efetivas entre partículas de reagentes com a ocorrência de uma reação química.

- Prever qualitativamente a influência de fatores como concentração de reagentes e temperatura na ocorrência de colisões efetivas.
- Entender por que a rapidez de uma reação química é influenciada pela superfície de contato entre reagentes que estejam em diferentes fases.
- Compreender que uma reação química pode acontecer em mais de uma etapa, dependendo do mecanismo de reação.
- Entender que um catalisador aumenta a rapidez de reação ao viabilizar um mecanismo com menor energia de ativação.
- Empregar o conceito de catálise para compreender a ameaça que os CFCs representam à camada estratosférica de ozônio.
- Interpretar os processos de degradação e conservação de alimentos do ponto de vista da cinética química.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Química.

Neste capítulo serão trabalhados os conceitos relacionados à cinética das reações químicas, incluindo a abordagem das transformações em um nível atômico-molecular. Baseando-se na colisão efetiva entre partículas, serão estudados alguns parâmetros (como concentração de reagentes, temperatura do sistema e superfície de contato do reagente) que podem alterar a velocidade de uma reação química. Além disso, será apresentado o conceito de mecanismo de reação e a diferença entre as reações elementares e as reações não elementares. Em seguida, a ação de catalisadores será abordada; e, por fim, os conceitos do capítulo serão empregados para explicar a destruição da camada de ozônio e alguns dos princípios envolvidos na conservação de alimentos.

A imagem e o texto de abertura incitam questionamentos sobre a relação entre velocidade de reações químicas e conservação dos alimentos. Com base nisso, você pode sugerir algumas questões adicionais para reflexão e discussão dos estudantes, objetivando sondar suas concepções prévias sobre o tema. Questione como é possível identificar que um alimento está se deteriorando e quais fatores podem acelerar esse processo. Espera-se que os estudantes identifiquem os processos de decomposição como reações químicas e que, portanto, indiquem mudanças de cor, liberação de gases e presença de odores distintos como possíveis evidências de deterioração dos alimentos. Cabe ressaltar que o texto do Livro do Estudante já fornece algumas informações sobre os agentes que tornam mais rápida a deterioração: gás oxigênio, microrganismos e elevação de temperatura.

Sugestão de atividade complementar

Para averiguar os conceitos prévios dos estudantes sobre velocidade das reações químicas, sugerimos utilizar a reação em meio aquoso entre um corante e o ânion hipoclorito (OCl^-), que resulta na descoloração da solução em razão da ação oxidante desse ânion.

Ao realizar o experimento, de modo demonstrativo, utilize os **equipamentos de proteção individual (EPIs)** adequados (avental, óculos de segurança e luvas) e reforce aos estudantes a necessidade de sua utilização e os riscos envolvidos na manipulação da substância utilizada. O alvejante doméstico, que contém hipoclorito de sódio (NaOCl), é tóxico, tem efeito irritante e corrosivo sobre pele, mucosas e olhos. Além disso, produz manchas permanentes em roupas e materiais coloridos e desprende gás cloro (Cl_2), que é corrosivo e lesivo à pele, às mucosas, aos olhos e ao sistema respiratório. Trabalhe em local bem ventilado.

Em um bêquer com capacidade de 500 mL – ou na ausência desse, em uma jarra de vidro, incolor e transparente, com capacidade para, no mínimo, 500 mL – dissolva 40 gotas de corante alimentício laranja (que pode ser adquirido em lojas de material para festa e que contém o corante artificial designado por *amarelo VI* ou *amarelo crepúsculo*, empregado na coloração de bolos e doces) em 400 mL de água, preferencialmente destilada, à temperatura ambiente. Em uma proveta, coloque 20 mL de alvejante doméstico (água sanitária) – na indisponibilidade da vidraria, utilize cerca de um décimo do volume de um copo do tipo americano.

Ao adicionar o alvejante à solução de corante, peça a um auxiliar que ligue o cronômetro para que se possa marcar o tempo transcorrido até o total desaparecimento da cor. É esperado que, logo após a adição do alvejante, a coloração laranja se intensifique (Fig. 1A). Isso se deve a uma alteração na estrutura do corante (desprotonação) causada pelo elevado valor de pH da solução de hipoclorito de sódio. Também é comum que a coloração não desapareça uniformemente (Fig. 1B). Para atenuar esse problema, pode-se agitar a solução com um bastão de vidro imediatamente após a adição do alvejante.

A descoloração observada ao realizar o experimento, deve-se à ação oxidante do íon hipoclorito (OCl^-) sobre as moléculas do corante, resultando em um produto incolor em solução (Fig. 1C). O intervalo de tempo medido depende de fatores como temperatura ambiente e concentração de corante.

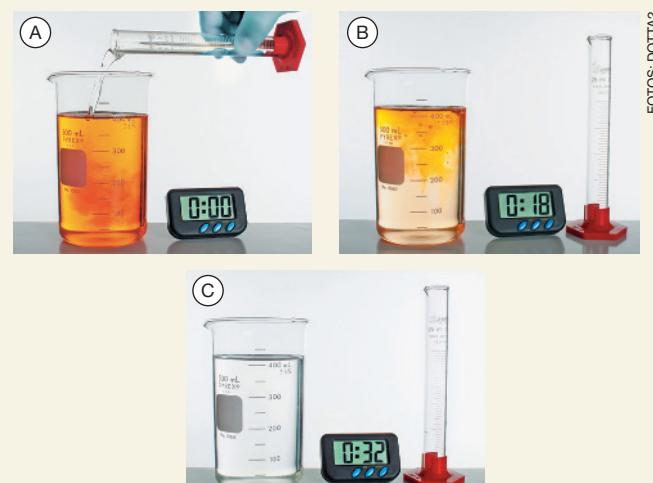


Figura 1 (A) Um pouco de alvejante doméstico (água sanitária) foi adicionado a uma solução aquosa de um corante laranja apropriado. A cor da solução se torna menos intensa (B) ao longo do tempo, até que a solução se torne incolor (C), pois o corante (reagente) reage com o alvejante (outro reagente).

Um experimento para a investigação do efeito da concentração sobre o tempo de reação pode ser realizado de modo semelhante ao descrito anteriormente, porém em duplicata. A diferença está na concentração de hipoclorito. Em uma das provetas, pode-se utilizar 20 mL de alvejante e, na outra proveta, 15 mL de alvejante acrescidos de 5 mL de água. As demais condições devem ser idênticas em ambos os casos, especialmente a concentração de corante e a temperatura de todas as soluções. O tempo medido deve ser maior no caso em que o alvejante está diluído, devido à menor frequência de colisões efetivas, que acarreta menor velocidade de reação.

Para avaliar o efeito da temperatura, outra reprodução do experimento de oxidação do corante pelo hipoclorito pode ser feita, também em duplicata, no qual as condições devem ser similares em ambos os casos, à exceção de que uma das duas soluções **de corante** deve ser previamente aquecida. Isso pode ser feito mantendo-se o bêquer em banho-maria. Outra opção é utilizar água morna para o preparo da solução, o que é mais prático. O tempo medido será menor no caso da solução aquecida, em decorrência do aumento da rapidez de reação causada pelo aumento da energia cinética das moléculas do corante e dos íons hipoclorito. **Importante: NÃO altere esse procedimento para aquecer o alvejante em vez de a solução de corante, porque isso intensificará a liberação de cloro, que irrita os olhos e as vias aéreas.**

As soluções resultantes após o final dos experimentos devem ser neutralizadas com o auxílio de solução ácida (sugere-se solução de ácido clorídrico, HCl, de concentração 0,1 mol/L) pelo professor ou pelo técnico de laboratório, até valor de pH na faixa entre 5,0 e 9,0. Podem, então, ser descartadas na pia do laboratório.

Oriente os estudantes a construirão uma tabela em seu caderno anotando as condições utilizadas em cada experimento, as alterações na coloração da solução e o tempo necessário para que a solução se tornasse incolor. Proponha a eles que discutam e interpretem as suas observações, tentando explicar o efeito da concentração do alvejante e da temperatura na velocidade da reação de descoloração.

Com base nas propostas dos estudantes, estimule-os a prever o que observariam caso a concentração de alvejante fosse aumentada ou, ao invés de aquecerem a solução de hipoclorito, a reação fosse realizada utilizando um banho de gelo. Uma vez finalizado o capítulo, você pode retomar as proposições dos estudantes para que eles as avaliem com base nos conceitos formalizados e reformulem, se necessário, as suas interpretações.

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**
- **EM13CNT301**

A Sugestão de atividade complementar permite o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT205**, pois os estudantes são estimulados a interpretar resultados e a realizar previsões sobre atividades experimentais, reconhecendo os limites explicativos das ciências, uma vez que poderão reformular suas explicações após formalização dos conceitos de cinética química; e **EM13CNT301**, pois leva os estudantes a construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, 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.

1. Rapidez média de consumo ou de formação

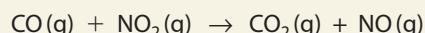
Nesse item, é realizada uma abordagem quantitativa, com a definição de rapidez (ou velocidade) média (v_m) de consumo de um reagente ou de formação de um produto. Ressalte aos estudantes que o conceito de rapidez, em cinética química, envolve a variação de uma grandeza escalar em função do tempo: trata-se da variação da concentração, da quantidade em mols, da massa ou do volume de substâncias em função do tempo.

Instigue os estudantes a analisarem o gráfico apresentado na Fig. 1 do Livro do Estudante. Questione se a velocidade da reação é constante ao longo do tempo e, se não for, estimule-os a propor uma explicação. Espera-se que, observando o gráfico e os valores de rapidez média (v_m) de consumo da amônia (NH_3) em diferentes intervalos de tempo, os estudantes notem que ocorre uma diminuição nos valores de v_m com o passar do tempo. Dentre as possibilidades de explicar o fato, podem surgir respostas envolvendo a diminuição na concentração de reagente. De fato, existe relação entre a concentração de reagentes e a rapidez de uma reação, sendo esse o tema do item a seguir.

2. Concentração e rapidez de reação

O conteúdo apresentado neste item prossegue com conceitos de cinética química, agora sob uma perspectiva atômico-molecular. Durante o desenvolvimento deste item, é importante ressaltar que existe uma diferença entre colisão eficaz (ou efetiva) e colisão não eficaz. Para isso, auxilie os estudantes a interpretar as Figuras 3, 4 e 5.

Utilize a Figura 3 para analisar com os estudantes uma colisão efetiva na reação entre o gás ozônio, $\text{O}_3(\text{g})$, e o gás monóxido de nitrogênio, $\text{NO}(\text{g})$. Ressalte que esse esquema é um **modelo científico**, uma concepção/representação de como é uma colisão efetiva. Caso considere válido, instrua os estudantes a construirão seus próprios modelos utilizando bolas de isopor e palitos de madeira (ou a fazerem ilustrações digitais, se considerar conveniente, à luz da realidade local) para representar a transformação a seguir.



Com base na ideia de posição relativa favorável, peça aos estudantes que proponham situações nas quais podem ocorrer colisões efetivas entre as moléculas dos reagentes. Para que os modelos sejam observados com facilidade, os estudantes podem fixá-los em um mural (ou, no caso de ilustrações digitais, postá-los em um *blog* da sala).

Ao abordar o conceito de energia de ativação (no final do item), deixe claro que só são eficazes as colisões que, além de acontecerem na geometria favorável, ocorrem com energia cinética suficientemente elevada, igual ou superior a determinado valor, característico da reação, denominado **energia de ativação**. Em seguida, utilize a Figura 5 para mostrar um esquema de colisão não eficaz devido à energia cinética insuficiente das partículas reagentes.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT205**

As questões elencadas no desenvolvimento do Item 2 permitem o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT101**, uma vez que os estudantes analisarão e representarão transformações em sistemas envolvendo quantidade de matéria e de energia para realizar previsões sobre seus comportamentos; e **EM13CNT205**, porque utilizarão conceitos de cinética química para compreender que a rapidez de uma reação está vinculada à probabilidade de ocorrência de colisões eficazes, reconhecendo esse tipo de consideração como pertencente aos limites explicativos das ciências.

3. Temperatura e rapidez de reação

O desenvolvimento deste item aborda aspectos energéticos envolvidos em uma transformação química e sua relação com a velocidade de reação. Inicialmente, ressalte que, embora a energia total de um sistema termicamente isolado seja constante, ela está distribuída em nível molecular de maneira não igualitária, pois algumas moléculas possuem energia cinética mais elevada que outras.

Comente que, com o fornecimento de energia, por aquecimento, a um sistema constituído de moléculas de reagentes, a distribuição de energia entre as moléculas se modifica e elas passam, de modo geral, a apresentar maior energia cinética. Isso aumenta a probabilidade de que as colisões entre moléculas de reagentes ocorram com energia igual ou superior à energia de ativação, ou seja, torna mais provável a ocorrência de colisões **eficazes**. Durante essa discussão, ao falar sobre a energia cinética de um corpo, ressalte aos estudantes a importância das colaborações de Émilie du Châtelet para a Ciência (Figura 3 do Livro do Estudante).

Ao explorar os gráficos de energia em função da coordenada de reação (Figs. 7 e 8 do Livro do Estudante), é importante atentar para a diferença entre o aspecto termodinâmico, que está relacionado à variação de entalpia da reação, e o aspecto cinético, que envolve a energia de ativação e a rapidez do processo. Para isso, exemplifique que, embora a reação entre gás hidrogênio (H_2) e gás oxigênio (O_2) para formar água (H_2O) libere energia ($\Delta_rH^\ominus < 0$), a ocorrência da reação somente é possível em condições tais que as moléculas tenham energia igual ou superior à de ativação. A mistura desses dois gases reagentes pode permanecer inalterada durante longo período de tempo, mas reage explosivamente na presença de chama ou fáscia elétrica. Saliente, também, que o valor de Δ_rH^\ominus não oferece qualquer informação acerca da rapidez de uma reação química.

Em destaque

O *Em destaque* aborda o envelhecimento humano (relacionado a processos metabólicos sujeitos aos princípios da cinética química), os direitos dos idosos e as violações desses direitos.

Comente que, embora o envelhecimento não seja completamente compreendido pela comunidade científica, sabe-se que este processo natural está relacionado, entre outras coisas, à diminuição na taxa de renovação celular, resultado da menor

velocidade das reações de síntese de biomoléculas essenciais ao organismo. Nesse sentido, destaca-se a ação de radicais livres, que, sendo altamente reativos, podem atuar na degradação de biomoléculas e acelerar o processo de envelhecimento.

Durante a realização das atividades propostas no *Em destaque*, é esperado e desejado que os estudantes pesquisem e encontrem informações sobre o Estatuto do Idoso, que estabelece os direitos legalmente assegurados para os indivíduos com idade superior a 60 anos. Além disso, é importante que eles compreendam que o processo de envelhecimento é natural e proponham medidas que possam ser adotadas para melhorar a qualidade de vida da pessoa idosa, no âmbito individual e social, argumentando ética e legalmente em favor delas.

Depois da publicação dos vídeos, e após todos os estudantes assistirem às produções das outras equipes, você pode promover uma roda de discussão em classe como oportunidade para que os estudantes se posicionem criticamente a respeito dos problemas que constataram (principalmente na comunidade) e troquem ideias a respeito. Se considerar oportuno, converse com a coordenação e a direção para viabilizar uma campanha de conscientização na escola sobre os direitos dos idosos, realizada pelos estudantes que participaram desta atividade, com afixação de cartazes e outros materiais informativos, disseminando, assim, os resultados da atividade por todo o ambiente escolar.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **EM13CNT305**
- **EM13CNT310**
- **EM13CHS502**
- **EM13CHS503**

As atividades propostas no *Em destaque* permitem o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT302**, uma vez que os estudantes são incentivados a utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação para comunicar resultados de análises de forma crítica, difundindo informações e promovendo debates em torno de temas científicos de relevância sociocultural; **EM13CNT305**, ao promover a investigação e discussão do uso indevido do conhecimento das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação contra idosos e privação de seus direitos individuais e coletivos, promovendo a equidade; **EM13CNT310**, ao incentivar a investigação e a análise da situação de serviços de saúde, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população; **EM13CHS502**, ao estimular a análise de situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores e condutas, desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, identificando ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais; e **EM13CHS503**, promovendo a identificação de formas de violência contra o idoso, suas causas, significados, usos políticos, sociais e culturais, para discutir e avaliar mecanismos de combatê-las com base em argumentos éticos.

4. Superfície de contato e rapidez de reação

Nos itens anteriores, a utilização do modelo de colisões eficazes envolveu exemplos em que os reagentes estão na fase gasosa, o que facilita a abordagem inicial dos conceitos. Porém, quando os reagentes estão em fases diferentes, é importante considerar a área superficial de contato entre essas

fases, uma vez que as reações ocorrem na superfície de contato entre elas (pois aí acontecem as colisões intermoleculares eficazes entre os reagentes). Saliente que uma situação muito frequente é quando um dos reagentes está em fase sólida e os demais, em fase gasosa ou aquosa.

Você pode aguçar a curiosidade dos estudantes com perguntas referentes ao cotidiano: Como seria possível diminuir o tempo de dissolução de um comprimido efervescente? Por que é importante mastigar bem os alimentos?

Em seguida, com base nas Figuras 9 e 10 do Livro do Estudante, aborde o processo de formação de ferrugem, explicando quais são os reagentes e produtos envolvidos. É importante que, por meio desse exemplo, os estudantes percebam a influência da área superficial sobre a rapidez de uma reação química. Aproveite para comentar que o revestimento do ferro (com tinta ou óleo) é uma antiga prática para dificultar seu enferrujamento.

Aplicando conhecimentos

- 1** A rapidez média de consumo do reagente (amônia, NH_3) e formação dos produtos (gás hidrogênio, H_2 , e gás nitrogênio, N_2), no intervalo de 1,0 h a 2,0 h é:

$$v_m(\text{NH}_3) = \frac{|2,0 - 4,0| \text{ mol/L}}{(2,0 - 1,0) \text{ h}} = 2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_m(\text{N}_2) = \frac{|3,0 - 2,0| \text{ mol/L}}{(2,0 - 1,0) \text{ h}} = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_m(\text{H}_2) = \frac{|9,0 - 6,0| \text{ mol/L}}{(2,0 - 1,0) \text{ h}} = 3,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

A rapidez média de consumo ou formação corresponde à mesma proporção entre os coeficientes estequiométricos de NH_3 , N_2 e H_2 (2 : 1 : 3). Isso porque o intervalo de tempo (Δt) é o mesmo e as quantidades que reagem e são produzidas estão entre si na proporção dos coeficientes (proporção estequiométrica). Calculando a velocidade para o intervalo de tempo de 2,0 h a 3,0 h:

$$v_m(\text{NH}_3) = \frac{|1,0 - 2,0| \text{ mol/L}}{(3,0 - 2,0) \text{ h}} = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_m(\text{N}_2) = \frac{|3,5 - 3,0| \text{ mol/L}}{(3,0 - 2,0) \text{ h}} = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_m(\text{H}_2) = \frac{|10,5 - 9,0| \text{ mol/L}}{(3,0 - 2,0) \text{ h}} = 1,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

Aqui também a proporção entre as velocidades é igual à dos coeficientes estequiométricos.

- 2** As curvas A, B e C correspondem, respectivamente, à concentração das espécies: dióxido de nitrogênio (NO_2), gás oxigênio (O_2) e pentóxido de dinitrogênio (N_2O_5). A curva C é a única que apresenta diminuição da concentração ao longo do tempo, e, portanto, corresponde ao reagente, N_2O_5 . Observando a estequiometria da reação, nota-se que a concentração de NO_2 , em determinado instante, deve ser quatro vezes maior que a de O_2 , no mesmo instante, permitindo que seja atribuída ao NO_2 a curva com crescimento mais acentuado (A).

3 a) $v_m(\text{N}_2) = \frac{|54 - 0| \text{ L}}{\left(\frac{1}{20}\right) \text{ s}} = 1.080 \text{ L/s}$

- b) Considerando o volume molar do nitrogênio, de 20 L/mol, tem-se:

quantidade volume

$$\begin{array}{c} 1 \text{ mol} \\ x \end{array} \quad \begin{array}{c} 20 \text{ L} \\ 54 \text{ L} \end{array} \quad \left. \right\} \Rightarrow x = 2,7 \text{ mol}$$

c) $v_m(\text{N}_2) = \frac{|2,7 - 0| \text{ mol}}{\left(\frac{1}{20}\right) \text{ s}} = 54 \text{ mol/s}$

d) $\text{NaN}_3 \quad \text{N}_2$

quantidade quantidade

$$\begin{array}{c} 2 \text{ mol} \\ y \end{array} \quad \begin{array}{c} 3 \text{ mol} \\ 2,7 \text{ mol} \end{array} \quad \left. \right\} \Rightarrow y = 1,8 \text{ mol}$$

e) $v_m(\text{NaN}_3) = \frac{|0 - 1,8| \text{ mol}}{\left(\frac{1}{20}\right) \text{ s}} = 36 \text{ mol/s}$

f) $M(\text{NaN}_3) = 1 \cdot 23 \text{ g/mol} + 3 \cdot 14 \text{ g/mol}$

$M(\text{NaN}_3) = 65 \text{ g/mol}$

$m(\text{NaN}_3) = n(\text{NaN}_3) \cdot M(\text{NaN}_3)$

$m(\text{NaN}_3) = 1,8 \text{ mol} \cdot 65 \text{ g/mol} = 117 \text{ g}$

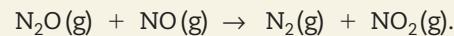
- 4** Um incêndio na mata, sob o ponto de vista químico, pode ser interpretado como um conjunto de reações de combustão de matéria orgânica. O vento substitui o ar no local do incêndio (que tem baixa concentração de gás oxigênio, reagente no processo) por ar que contém maior concentração de gás oxigênio. Isso ocasiona o aumento da rapidez de consumo dos materiais combustíveis (reagentes), propagando mais rapidamente o incêndio.

- 5** O consumo do carvão na churrasqueira é devido à sua combustão. A ação de abanar promove um aumento na concentração de gás oxigênio no local dessa combustão, aumentando a velocidade de consumo do carvão, liberando energia mais rapidamente e intensificando a incandescência.

- 6** a) A representação corresponde a uma colisão eficaz, o que é evidenciado pela mudança de composição química antes e após a colisão. Os reagentes são óxido nitroso (N_2O) e monóxido de nitrogênio (NO) e os produtos são gás nitrogênio (N_2) e dióxido de nitrogênio (NO_2).

- b) Complexo ativado ou estado de transição. No brevíssimo intervalo de tempo de existência dessa entidade transitória ocorrem a ruptura e a formação de ligações covalentes.

- c) A equação que representa a reação é:



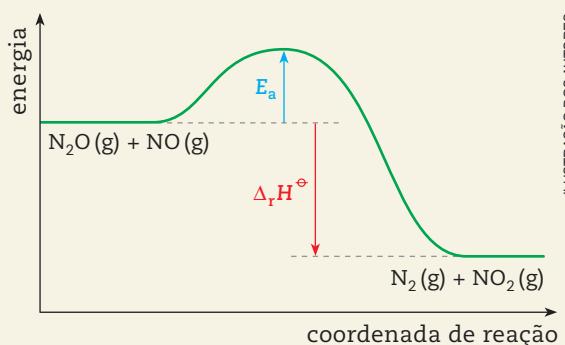
A variação de entalpia-padrão da reação ($\Delta_r H^\circ$) pode ser determinada com base nos dados de entalpia-padrão de formação ($\Delta_f H^\circ$) de reagentes e produtos, apresentados na Tabela 2 do Capítulo 9 do Livro do Estudante. Atente que, nela, os dados são fornecidos na unidade kJ/mol. Assim, considerando a equação da reação:

$$\Delta_r H^\circ = [\Delta_f H^\circ(\text{N}_2\text{(g)}) + \Delta_f H^\circ(\text{NO}_2\text{(g)})] - [\Delta_f H^\circ(\text{N}_2\text{O(g)}) + \Delta_f H^\circ(\text{NO(g)})]$$

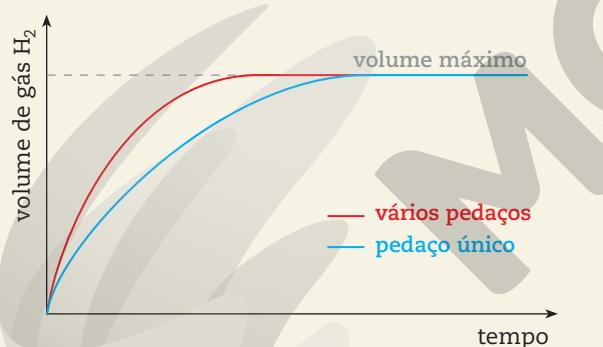
$$\Delta_r H^\ominus = [0 + (33,2 \text{ kJ/mol})] - [(+81,6 \text{ kJ/mol}) + (+91,3 \text{ kJ/mol})]$$

$$\Delta_r H^\ominus = -139,7 \text{ kJ/mol}$$

Desse resultado, conclui-se que a reação é exotérmica e o diagrama de energia solicitado, que representa a transformação (fora de escala), é:



- 7** A palha de aço enferruja pela reação do ferro metálico (que faz parte de sua composição) com o gás oxigênio do ar e com a água. A camada de sabão forma uma camada protetora que diminui o contato direto do ferro com os demais reagentes (diminuindo, portanto, a área superficial de contato entre reagentes que estão em fases diferentes), reduzindo a rapidez da reação de oxidação.
- 8** Espera-se que o volume de gás hidrogênio (H_2) produzido aumente conforme o tempo de reação, até atingir um valor máximo que corresponde ao volume total produzido na reação. Com o aumento da área superficial, ao dividir a mesma massa de zinco (Zn) em vários pedaços, a reação deve ocorrer com maior rapidez (e produzir o volume máximo em menor tempo), de modo que o esboço do gráfico deve ser semelhante a:



5. Mecanismo de reação

Este item apresenta os conceitos de **reação elementar** e **reação não elementar**, bem como de **molecularidade** (isto é, quantas moléculas colidem efetivamente para a ocorrência de uma reação elementar). Ao trabalhá-lo, entre os pontos importantes que merecem sua atenção e ênfase estão: (i) diferenciar abordagem atômico-molecular e macroscópica, no que se refere à ocorrência de reações (no âmbito macroscópico está a quantização de rapidez de reação e o monitoramento de variáveis como concentração, temperatura e superfície de contato; ao âmbito atômico-molecular dizem respeito conceitos como colisão eficaz, mecanismo de reação e molecularidade); e (ii) a

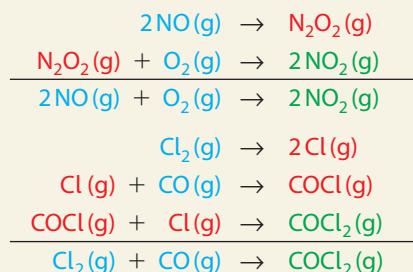
equação global representa apenas os estados inicial e final de uma transformação química, mas não fornece informações sobre os detalhes de sua ocorrência.

A determinação de mecanismos de reação, com a detecção de estados de transição e intermediários de reação (*Dialogando com o texto*, a seguir), envolve uma área chamada femtoquímica que é estudada com ferramentas avançadas de Física e Química. Entre essas técnicas estão a espectroscopia molecular e a fotoquímica, utilizando equipamentos com capacidade de emitir pulsos de luz *laser* com duração da ordem de femtossegundos ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$), bem mais curtos que a duração dos estados de transição em geral, que é da ordem de picossegundos ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$). Para mais informações a esse respeito, sugerimos a leitura do artigo: ROCHA-FILHO, R. C. Femtoquímica: reações químicas em tempo real. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. p. 14-16. Esse artigo está disponibilizado na internet e pode ser encontrado mediante busca por título e autor.

Dialogando com o texto

Por definição da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), **intermediário de reação** é a denominação de uma entidade química com um tempo de vida consideravelmente maior que uma vibração molecular, formada, direta ou indiretamente, a partir dos reagentes, e que reage posteriormente (direta ou indiretamente), resultando nos produtos de uma reação química. Aos estudantes do Ensino Médio, basta saber que o intermediário de reação é a espécie intermediária entre produtos e reagentes, produzida em uma etapa do mecanismo e que reage em outra etapa subsequente, durante o transcorrer de uma reação não elementar. Com a atividade, espera-se que os estudantes percebam que os intermediários não aparecem representados na equação da reação global.

Utilizando as cores azul, vermelha e verde para identificar, respectivamente, reagentes, intermediários e produtos, tem-se, para as reações cujo mecanismo foi equacionado no Livro do Estudante:



6. Catalisador e rapidez de reação

Neste item, o conceito de catalisador e a sua influência na rapidez de uma reação química são discutidos. Ressalte que a presença de um catalisador promove uma mudança no mecanismo, que, por sua vez, apresenta energia de ativação menor em comparação com o mecanismo original, fazendo com que a rapidez da reação seja maior.

Destaque que o catalisador participa da reação, mas não é efetivamente consumido. Isso é essencial para que os estudantes possam diferenciar conceitualmente um catalisador homogêneo de um intermediário de reação (discutido no item anterior).

No que se refere à catálise heterogênea, retome a importância da área superficial de contato entre fases para a rapidez de uma reação, ressaltando que esse fator também é relevante quando se utiliza catalisador heterogêneo. Analise com os estudantes as imagens relacionadas à reação de decomposição do H_2O_2 (aq) sob catálise de $MnO_2(s)$ (Figs. 12.A e 12.B do Livro do Estudante) e chame a atenção deles para a formação de bolhas (do produto gás oxigênio) na superfície do catalisador dióxido de manganês(IV), MnO_2 , perceptível na Fig. 12.B.

7. Destrução da camada de ozônio

O presente item incorpora os conceitos discutidos anteriormente sobre catalisadores e velocidade das reações químicas para abordar um tema de alta relevância ambiental. A camada de ozônio desempenha um papel fundamental para a manutenção da vida terrestre, uma vez que absorve parte considerável da radiação ultravioleta (UV), proveniente do Sol, que chega até nosso planeta.

Ao mostrar o mecanismo da decomposição do ozônio sob catálise de átomos de cloro (provenientes de CFCs), é importante ressaltar aos estudantes que, por se tratar de um processo catalítico, cada átomo de cloro pode reagir com muitas moléculas de ozônio, uma vez que é regenerado cada vez que ocorre a segunda etapa do mecanismo mostrado no Livro do Estudante.

Oriente os estudantes a observarem o mecanismo de consumo do O_3 catalisado pelo radical livre Cl. Peça que determinem quais os reagentes necessários para que a reação ocorra. Questione: Qual a relação entre a altitude da camada de ozônio e a incidência de radiação UV? Por que há átomos de oxigênio nessa camada atmosférica?

Espera-se que os estudantes percebam que as reações de formação e consumo de O_3 ocorrem amplamente na estratosfera devido à alta incidência de radiação com alta energia que promove a fotólise (rompimento de ligações químicas causado pela absorção de radiação eletromagnética), capaz de gerar átomos de oxigênio (e radicais livres de cloro a partir de molécula de CFCs).

Como atividade complementar, você pode sugerir aos estudantes que pesquisem a relação da destruição da camada de ozônio com a saúde, com foco no efeito da incidência de radiação UV sobre a pele. Os estudantes podem utilizar o resultado das pesquisas para criar cartazes digitais a serem divulgados em blogs e redes sociais, para conscientização da comunidade sobre a preservação da camada de ozônio e a necessidade de proteger-se contra a radiação solar, utilizando as informações como base para construir argumentos, refletir sobre a interferência humana em processos naturais e propor ações individuais e coletivas em favor da preservação do ambiente e da saúde.

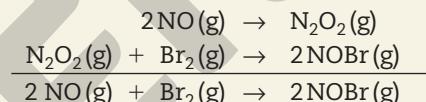
De olho na BNCC

- EM13CNT103 • EM13CNT105 • EM13CNT203

Os aspectos abordados no Item 7 e a atividade complementar sugerida promovem o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT103**, pois os estudantes são investigados a utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar riscos à saúde e ao ambiente; **EM13CNT105**, uma vez que será necessário interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses fenômenos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida; e **EM13CNT203**, ao avaliar 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.

Aplicando conhecimentos

- 9** a) Dizer que a molecularidade de uma reação elemental é igual a três significa que, para sua ocorrência, é necessária a colisão eficaz de três moléculas de reagentes. No caso apresentado, é necessária a colisão de duas moléculas de monóxido de nitrogênio (NO) e uma molécula de bromo (Br_2).
- b) Somando as equações das duas reações elementares, temos:



A reação resultante é equivalente à reação global mencionada.

- c) O intermediário detectado pelos cientistas foi o N_2O_2 , pois essa espécie química é produto na primeira etapa do mecanismo e reagente na etapa seguinte.
- d) Para efeito de representação, consideraremos que a reação global é exotérmica (e de fato é; para conhecimento do docente: $\Delta_rH^\ominus = -18,2\text{ kJ/mol}$). Como a segunda etapa é mais lenta que a primeira, sua energia de ativação é maior que a da primeira etapa, conforme o esquema (fora de escala) a seguir.

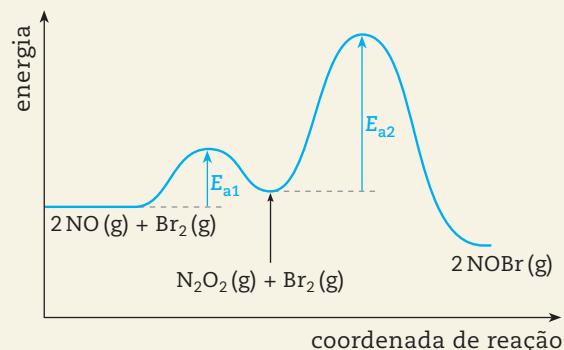
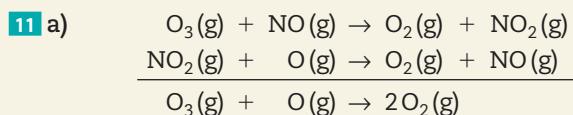


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

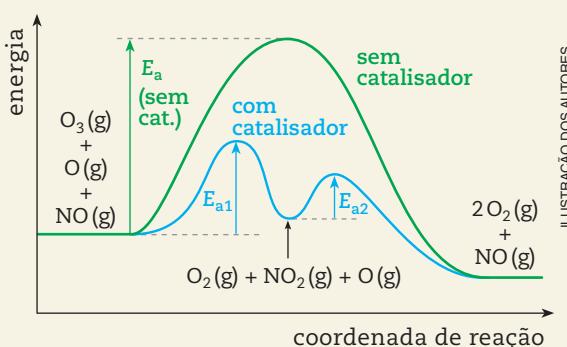
- 10** a) A equação química que representa a decomposição do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é:

$$2 H_2O_2(aq) \rightarrow 2 H_2O(l) + O_2(g)$$
- Assim, a aparente fervura observada é causada pela evolução de bolhas de gás oxigênio (O_2).
- b) A catalase atua como catalisador (homogêneo) na reação de decomposição do H_2O_2 .

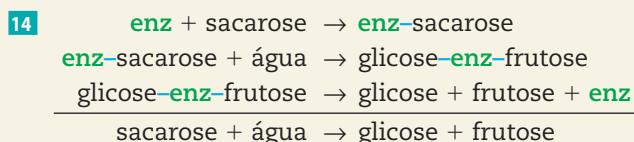
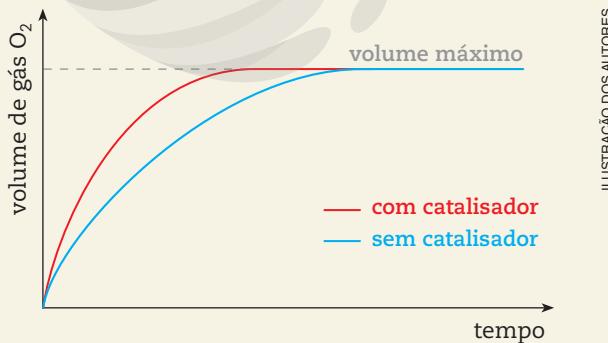
- c) A incidência de luz ou as altas temperaturas fornecem energia ao sistema e aumentam a rapidez da reação de decomposição do H_2O_2 .



- b) O monóxido de nitrogênio (NO) não é efetivamente consumido, pois reage na primeira etapa e é produzido na segunda.
- c) Como a primeira etapa da reação é mais lenta, sua energia de ativação é maior que a da segunda etapa. Então, o diagrama (fora de escala) solicitado é:



- 12 a) Para uma mesma massa de sólido, a área superficial na forma de grânulos é maior que na forma de placa, possibilitando maior superfície de contato entre o catalisador e os gases reagentes e, consequentemente, maior rapidez da reação catalisada.
- b) Os erros conceituais da frase "Catalisadores são substâncias que iniciam reações químicas que, sem eles, não seriam possíveis", são: (1) catalisadores são substâncias que aceleram reações químicas, não substâncias que iniciam essas reações, e (2) catalisadores não definem se uma reação é possível (se é espontânea), mas interferem na velocidade com que ocorrem. Uma possibilidade de correção da frase é: "Catalisadores são substâncias que aceleram reações químicas que, sem eles, seriam mais lentas".
- 13 Espera-se que o volume de gás oxigênio (O_2) produzido aumente conforme o tempo de reação, até atingir um valor máximo que corresponde ao volume total produzido na reação. Sob catálise, a reação deve ser mais rápida (e produzir o volume máximo em menor tempo), de modo que o esboço do gráfico deve ser semelhante a:



Uma única molécula de enzima atua na hidrólise de grande número de moléculas de sacarose porque, como espécie catalisadora, apesar de reagir em uma etapa do mecanismo (a primeira), é regenerada em outra etapa subsequente (a terceira), estando novamente disponível para atuar na catálise da hidrólise de outra molécula de sacarose.

8. Cinética química e conservação de alimentos

Este item conceitua enzima e emprega aspectos estudados neste capítulo para esclarecer a fundamentação científica de alguns métodos de conservação de alimentos.

Ressalte, inicialmente, que a deterioração dos alimentos é um processo natural e que os métodos para sua conservação consistem em interferir na velocidade das reações químicas envolvidas nessa deterioração. Essas reações ocorrem sob catálise de enzimas produzidas por microrganismos presentes e/ou de enzimas naturalmente existentes no próprio alimento.

No tocante aos microrganismos, um aspecto relevante é sua eliminação completa (como na esterilização do leite) ou, na eventual impossibilidade de fazê-lo por completo, provocar uma drástica redução de sua quantidade ao mínimo possível (como na pasteurização). Outra providência fundamental é criar condições desfavoráveis ao desenvolvimento dos pouquíssimos microrganismos que eventualmente possam ter restado.

Quanto às enzimas provenientes do próprio alimento (por exemplo, aquelas presentes em frutos maduros ou na carne crua), pode-se realizar resfriamento para diminuir a rapidez das reações enzimaticamente catalisadas ou aquecimento suficiente para provocar desnaturação proteica (que acarreta perda da atividade enzimática).

Expostas essas ideias iniciais, trabalhe o restante do item, em que alguns dos principais processos de conservação são apresentados e explicados à luz dessas ideias iniciais.

Ao discutir irradiação de alimentos, explique que se trata de uma das aplicações pacíficas de materiais radioativos, na qual a radiação gama (constituída de ondas eletromagnéticas de altíssima frequência) proveniente de núcleos instáveis (por exemplo, do isótopo ^{60}Co) atravessa o alimento e mata os microrganismos nele presentes. Quando isso é feito, diz-se que o alimento foi irradiado. Explique que ser *esterilizado por irradiação* é diferente de *estar contaminado com material radioativo*. A irradiação não faz o alimento ficar radioativo porque as radiações gama o atravessam e o isótopo radioativo que origina essas radiações gama não entra em contato direto com o alimento e, portanto, não o contamina. Assim, o alimento irradiado não fica radioativo e não oferece risco à saúde de quem o consome.

A esterilização por irradiação é uma tecnologia empregada em outras áreas, por exemplo em materiais médicos. Se julgar conveniente, você pode comentar com os estudantes a seguinte questão do Exame Nacional do Ensino Médio:

(Enem) A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.

“Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação.”

Física na Escola, v. 8, nº. 2, 2007 (adaptado).

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois

- a) o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
- b) a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- c) a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos.
- d) o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
- e) o intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

A alternativa a, resposta dessa questão, ressalta a ideia envolvida não apenas na esterilização de materiais médicos, mas também de alimentos. A técnica é relativamente pouco empregada em nosso país, mas possibilitaria reduzir a grande quantidade de alimento que se estraga (frutas, por exemplo) antes de chegar ao consumidor.

A utilização de materiais radioativos, ainda que para aplicações benéficas, é um tema controverso. É importante salientar que não se está emitindo juízo de valor sobre a utilização, mas propiciando o conhecimento de como a técnica funciona e de seus potenciais benefícios. O posicionamento frente a aplicações controversas é uma decisão de livre-arbítrio de cada cidadão.

Dialogando com o texto

Para complementar a atividade, você pode solicitar que cada estudante ou equipe de estudantes escolha um alimento industrializado como tema. Deve-se pesquisar como ele é produzido, técnicas de conservação e embalagem e de quanto tempo, em média, é o prazo de validade. Inclua também que doenças podem ser transmitidas por esse tipo de alimento caso não seja adequadamente produzido e armazenado. As equipes podem apresentar seus resultados à classe e, com sua mediação, discutir por que a data de validade é maior para alguns alimentos do que para outros. Espera-se que os estudantes notem que o modo como os alimentos são embalados também se insere no contexto de sua conservação, pois protege os alimentos de contaminação posterior e/ou de contato com gás oxigênio e umidade.

Caso você lecione em áreas urbanas, pode, se julgar conveniente, propor a seguinte atividade para os estudantes:

Uma família foi às compras e levou para casa os itens: alface, espiga de milho verde, arroz cru, feijão cru, requeijão, farinha de trigo, óleo de soja, leite em saquinho, leite em pó, leite longa vida, biscoitos, sorvete de massa, carne crua, carne congelada, iogurte, manteiga, presunto, muçarela, queijo branco, ervilha em lata, torta congelada, molho de tomate. Elabore uma tabela para separar as compras que vão para:

- a despensa (armário ou prateleira sem umidade);
- o refrigerador (5 °C);
- o congelador ou freezer (-18 °C).

Espera-se que os estudantes façam, na tabela, uma separação semelhante à relatada a seguir. Algumas variações são possíveis, em função de hábitos e do clima do local. Por exemplo, há famílias que congelandam certos alimentos que seriam colocados por outras no refrigerador; espigas de milho podem ser mantidas em prateleira aberta por poucos dias, mas duram mais tempo no refrigerador; carne crua refrigerada pode ir para a geladeira, mas também pode ser congelada; a muçarela pode ser congelada se não for para uso imediato.

- Na despensa (armário ou prateleira sem umidade): arroz cru, feijão cru, farinha de trigo, óleo de soja, leite em pó, leite longa vida (após aberto, refrigerador!), biscoitos, ervilha em lata, molho de tomate.
- No refrigerador (5 °C): alface, espiga de milho verde, requeijão, leite em saquinho, carne crua, iogurte, manteiga, presunto, muçarela, queijo branco.
- No freezer ou no congelador (-18 °C): sorvete de massa, carne congelada, torta congelada.

Atividade em grupo

Auxilie os estudantes a identificar que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é a responsável pelo controle e fiscalização de aditivos alimentares no país, como determinado pela Lei nº 9782, de 26 de janeiro de 1999. De acordo com a própria agência, *aditivo alimentar é todo e qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos sem o propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento*. Caso considere válido, peça aos estudantes que, utilizando as embalagens de alimentos, averiguem se estão em consonância com as normas definidas pela Anvisa.

As atividades propostas no *Atividade em grupo* permitem que os estudantes tomem consciência dos seus direitos como consumidores, atentando a normas de produção e conservação de alimentos. Assim, podem exercitar o seu papel de cidadão e consumidor consciente, desenvolvendo ao mesmo tempo a habilidade de construir argumentos baseados em conhecimentos científicos, éticos e legais, e compartilhando esses conhecimentos com a comunidade.

De olho na BNCC

- **EM13CNT104**
- **EM13CNT207**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT304**
- **EM13CNT306**
- **EM13CNT307**

O desenvolvimento deste item, bem como das atividades nele sugeridas, possibilita desenvolver as seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT104**, porque promove a avaliação dos benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes aditivos químicos de alimentos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e coletivas para seu uso responsável; **EM13CNT207**, uma vez que a reflexão dos estudantes sobre o que consomem em sua alimentação leva a discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas (*fast food*, alimentos ultraprocessados, indução pela propaganda), considerando os aspectos físico e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar; **EM13CNT302**, pois envolve comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de suas pesquisas, elaborando e/ou interpretando diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental; **EM13CNT303**, uma vez que os estudantes deverão interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações; **EM13CNT304**, já que propicia a análise e o debate de situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (irradiação de alimentos, uso de aditivos alimentares), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista; **EM13CNT306**, por criar a oportunidade para avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas (consumo de alimentos além da data de validade ou que não apresentam informações adequadas no rótulo), aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental; **EM13CNT307**, posto que estimula a análise das propriedades dos materiais (por exemplo, aditivos alimentares permitidos pela Anvisa, dentro dos limites legais de sua utilização) para propor soluções seguras e sustentáveis considerando o contexto local e cotidiano.

CAPÍTULO 11 Energia hoje e amanhã

Metas do capítulo

- Conhecer as principais fontes de energia.
- Compreender os mecanismos de geração de energia.
- Apresentar o panorama do consumo de energia no Brasil.
- Apresentar reflexões sobre questões econômicas e sociais envolvendo a geração de energia.
- Analisar as vantagens e as desvantagens do uso de cada fonte de energia.
- Indicar fontes alternativas de energia.

Sugestões didáticas e comentários

Esperamos que o estudo deste capítulo leve o estudante a compreender a limitação da energia disponível, os custos envolvidos em sua geração, a adquirir consciência da necessidade do uso racional da energia no dia a dia, bem como da preservação de recursos naturais. Espera-se também que ele reconheça a existência de formas alternativas para a obtenção dessa energia.

O capítulo trata da relação entre tipos de energia, seus usos e os problemas que surgem quando o uso da energia não é racionalizado. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

Sugerimos a leitura do artigo “Introdução ao conceito de energia”, de Alessandro A. Bucussi. Textos de apoio ao

professor de Física, v. 17, n. 3, 2006. Instituto de Física – UFRGS Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n3_Bucussi.pdf>. (Acesso em: 29 jun. 2020.)

De olho na BNCC

- **EM13CNT307**
- **EM13CNT309**
- **EM13CHS106**
- **EM13CHS301**
- **EM13CHS303**
- **Competência geral 1**
- **Competência geral 7**

A abertura deste capítulo favorece o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT307**, por meio da análise das propriedades dos materiais, da geração de energia e da avaliação de suas aplicações; e **EM13CNT309**, ao propor a introdução de novas alternativas para a geração de energia.

As habilidades **EM13CHS106**, **EM13CHS301** e **EM13CHS303**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, são evidenciadas no decorrer do capítulo, na medida em que são utilizadas as linguagens gráfica e iconográfica para abordar diversos assuntos e são problematizados hábitos e práticas individuais e coletivos de produção e descarte de resíduos. Além disso, é avaliado o papel da indústria cultural e das culturas de massa no estímulo ao consumismo.

As **competências gerais 1** e **7** são mobilizadas neste capítulo ao valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e argumentar para formular e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns.

1. Introdução

Ao longo do estudo deste capítulo, pode-se aproveitar para discutir os problemas e as consequências de uma crise energética brasileira ou mundial, analisar suas possíveis soluções e refletir sobre as vantagens e as desvantagens que cada uma delas apresenta.

Nesse cenário, deve ficar claro o papel de cada cidadão; e cada estudante deve compreender como contribuir para a minimização dos problemas decorrentes de uma crise energética.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT206**
- **EM13CNT309**

Esta seção explora as seguintes habilidades: **EM13CNT101**, por meio da análise das transformações de energia; **EM13CNT203**, ao avaliar e prever os efeitos das intervenções nos ecossistemas, como o esgotamento de fontes não renováveis de energia; **EM13CNT206**, por levar o estudante a avaliar os efeitos das ações humanas referentes ao consumo de fontes energéticas e para a sustentabilidade da vida; e **EM13CNT309**, ao analisar os possíveis impactos sociais e ambientais com relação à utilização de recursos não renováveis.

2. Energia no Brasil

Para discussão do tema sobre uso de energia solar no cenário brasileiro, o professor pode utilizar o conteúdo do site <<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=energia-solar-no-brasil-pode-ser-vantajosa-a-partir-de-2013&id=010115081002#.XvnqUVKjIU>>. (Acesso em: 29 jun. 2020.)

De olho na BNCC

- **EM13CNT309**
- **EM13MAT104**

Esta seção explora a habilidade **EM13CNT309**, pois estimula a análise das questões socioambientais, políticas e econômicas relativas ao uso da energia e das fontes utilizadas para sua geração, e a habilidade **EM13MAT104**, ao propor a interpretação de taxas e índices de natureza socioeconômica.

Atividade em grupo

Na *Atividade em grupo* sugerida, pode-se solicitar aos estudantes que pesquisem, por exemplo, os problemas referentes à implantação do reservatório de uma usina hidrelétrica próxima à região em que vivem.

O tema proposto para essa atividade favorece a interdisciplinaridade. O auxílio de um(a) colega da área de Geografia e/ou da área de Biologia pode tornar a atividade mais rica, visto que a instalação dos reservatórios das usinas hidrelétricas traz impactos econômicos e sociais, além dos já citados impactos ambientais, pois acarreta o deslocamento de populações e, muitas vezes, a mudança no tipo de atividade econômica típica da região em que a usina e seu reservatório serão instalados.

Os estudantes podem procurar respostas para as seguintes perguntas:

- O que havia antes na região alagada?
- Na região alagada, havia mata virgem ou era área de exploração agrícola? Neste caso, o que era plantado ali?
- Os peixes dos rios que abastecem o reservatório sofreram ou sofrem algum tipo de ameaça?
- Para a implantação desse reservatório, houve a necessidade de mudar alguma cidade ou vila para outro local?
- Para onde foram e como estão as pessoas que moravam na região que agora está submersa?

Antes do início da pesquisa, podem ser propostas outras perguntas, elaboradas juntamente dos estudantes.

O importante é que, na apresentação dos resultados da pesquisa, todos os grupos envolvidos troquem informações e apresentem suas conclusões.

As alterações ambientais de regiões provocam impactos muito grandes na população local. Para que os estudantes percebam claramente o quanto esses impactos ambientais modificam a vida das pessoas, sugerimos apresentar para a classe a música "Sobradinho", de Sá e Guarabyra, e pedir aos estudantes que façam uma pesquisa que comprove a veracidade da música. Ao final, pode-se propor um debate que unifique as informações apresentadas.

De olho na BNCC

- **EM13CNT203**
- **EM13CNT206**

A *Atividade em grupo* trabalha as habilidades **EM13CNT203**, pois leva os estudantes a avaliar os efeitos das intervenções humanas nos ecossistemas, e **EM13CNT206**, ao compreender e justificar a importância da preservação e da conservação da biodiversidade, avaliando os efeitos das ações humanas.

3. Economizando energia

No Brasil, a maior parte da energia produzida depende do fluxo da água em usinas hidrelétricas. Em épocas de seca, a escassez de água nos reservatórios pode afetar a produção de energia elétrica, que, atrelada ao alto consumo, pode gerar grandes problemas de abastecimento elétrico em algumas regiões.

No ano de 2001, houve no Brasil "a crise do apagão", resultado de uma estiagem prolongada que reduziu os níveis dos principais reservatórios de água. Em decorrência disso, a população teve que fazer uma racionalização de energia durante esse período.

Sugestão de atividade complementar

Simulação sobre economia de energia

Em <<https://museulight.com.br/DetalheSimulador>> (acesso em: 11 abr. 2021), encontra-se um simulador interativo cujo objetivo é verificar o consumo de energia elétrica dos equipamentos em cômodos de uma residência.

Petróleo e seus derivados

Antes de iniciar a seção, proponha um diálogo com os estudantes, levantando quais mudanças de hábito poderíamos desenvolver para economizar combustível (álcool, gasolina e diesel). Acreditamos que soluções como utilizar meios de transporte coletivos, fazer caminhadas, andar de bicicleta e de patinete serão as principais respostas dos estudantes. Resalte que caminhar e andar de bicicleta, além de economizar combustível, são excelentes atividades físicas.

Conforme descreve o livro, aponte as atitudes que podemos tomar para reduzir o consumo de combustível no ato de dirigir. Proponha aos estudantes que realizem uma pesquisa com seus familiares com o uso da leitura e análise dos conselhos, indicando quais eles já conheciam e quais eles praticam. Essa pesquisa é interessante para estimular a participação dos familiares no desenvolvimento escolar, além de transmitir informações sobre a economia de combustíveis.

Após aprenderem algumas maneiras de economizar energia, elabore cartazes com instruções indicando que atitudes devemos tomar para economizar energia. Sugerimos que os cartazes sejam expostos na escola, estimulando o debate sobre a economia de combustíveis na comunidade.

Electricidade

Esta subseção aborda conselhos para a diminuição do gasto da energia elétrica nas residências. De modo semelhante à atividade anterior, pergunte aos estudantes quais mudanças de hábito são importantes para diminuir o consumo de energia elétrica nas residências e peça a eles que leiam oralmente as recomendações do texto. Questione-os se já conheciam e praticavam algumas dessas sugestões e quais ainda não conheciam, estimulando a discussão sobre o tema em sala de aula.

Sugerimos que separe a turma em grupos e proponha a elaboração de paródias em vídeo, em forma de textos, músicas, poemas ou histórias, pelas quais os estudantes devem explicar a importância da economia de energia e indicar uma das sugestões. Essa atividade pretende estimular o interesse do estudante sobre o tema e, com a divulgação dos vídeos, pode-se ampliar as discussões da sala de aula para toda a comunidade escolar. Essa atividade pode ser elaborada com o auxílio do professor de Língua Portuguesa.

Dialogando com o texto

Após calcular o consumo de energia do chuveiro, utilizando as informações de potência e seu tempo de uso, peça a cada estudante que calcule o consumo de energia elétrica pelos chuveiros de sua casa, levando em consideração todos os moradores e o tempo médio que cada um demora no banho.

Esse cálculo permitirá que os estudantes percebam que o chuveiro é, provavelmente, o eletrodoméstico que mais consome energia elétrica. Leve-os a pensar em soluções para diminuir o consumo de energia por ele. Tomar banho frio no

verão pode ser um exemplo. Aproveite esta atividade e sugira aos estudantes que façam uma estimativa da porcentagem de consumo de cada equipamento em sua residência.

Aplicando conhecimentos

1 Analisando o gráfico, podemos observar que Betim (MG) é a terceira cidade da América Latina que mais emite CO₂ na atmosfera. Analisando a situação, com base no conhecimento sobre a liberação de poluentes por meio da queima de combustíveis fósseis, pode-se argumentar que Betim possui uma grande frota de veículos, além de muitas indústrias e fábricas que usam energia para o seu funcionamento.

2 Primeiro, explique que emissões antrópicas são realizadas pelas ações humanas. Analisando o gráfico de emissão de poluentes, é possível observar que os transportes são os principais emissores de poluentes. Uma maneira de diminuir esse índice é utilizar meios de transporte alternativos, como caminhada, bicicleta, carona, transporte coletivo, entre outros.

De olho na BNCC

- EM13CNT105 • EM13CNT203 • EM13CNT310

Esta seção e as atividades propostas exploram as habilidades **EM13CNT105**, **EM13CNT203** e **EM13CNT310**, pois conduzem os estudantes a avaliar os efeitos da intervenção humana nos ecossistemas, no ciclo da água e nas transformações energéticas e a promoção de ações coletivas e individuais para minimizar as consequências da utilização dos combustíveis no cotidiano, além de analisar programas de produção de energia por meio de fontes renováveis.

4. Fontes alternativas de energia

Nesta seção, são exploradas algumas alternativas desenvolvidas para diminuir o consumo e a energia provenientes de combustíveis fósseis, com a finalidade de preservar a natureza e poupar recursos não renováveis. As alternativas mais conhecidas são energia solar, energia eólica e energia de biomassa.

Sugerimos que o professor leve os estudantes ao laboratório de informática e explore o simulador *Formas de energia e transformações*, disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>. Acesso em: 29 jun. 2020. Com esse simulador, é possível verificar a troca e a transformação de energia em diferentes sistemas, escolhendo o tipo de fonte de energia, o método de transformação e o item a ser acionado com a energia transformada no sistema, simulando o funcionamento das grandes usinas de energia.

Energia solar

Para dar início a esse trabalho, sugerimos o seguinte vídeo: *EDP mostra carro a energia solar*. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=HH3K_tNy8AA>. (Acesso em: 29 jun. 2020.)

O professor pode destacar aos estudantes que a energia solar é considerada “limpa”, pois não gera gases que contribuem para a intensificação do efeito estufa.

Para orientar o estudo, apresentamos pontos positivos e negativos referentes à geração de energia elétrica a partir da energia solar.

Pontos positivos

- Instalação relativamente simples e com pequena manutenção.
- Não há resíduos nem impactos ambientais.
- Não contribui para a intensificação do efeito estufa.
- Não há consumo de combustível.
- Não há gastos suplementares após a instalação.

Pontos negativos

- Investimento inicial elevado.
- Baixo rendimento na produção de energia elétrica.
- Necessidade de insolação adequada.

Dialogando com o texto

O texto apresenta que, na aldeia, é utilizada a energia solar e o diesel.

Vantagem do diesel: baixo consumo de combustível, ou seja, alta potência.

Desvantagem do diesel: sua combustão gera gases poluentes, contribuindo para o aquecimento global.

Vantagem dos painéis fotovoltaicos: não geram nenhum tipo de resíduo e seus impactos ambientais são pequenos, não há consumo de combustível de qualquer espécie e garante a autossuficiência energética nos locais onde é feita a instalação.

Desvantagem dos painéis fotovoltaicos: têm baixa potência e eficiência e, em dias nublados, não há produção de energia.

De olho na BNCC

- **EM13CSH202**
- **Competência geral 2**

O boxe *Dialogando com o texto* evidencia a habilidade **EM13CSH202**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao abordar, analisar e avaliar os impactos das tecnologias na estruturação e nas dinâmicas das sociedades contemporâneas, e a **competência geral 2**, ao recorrer à abordagem própria das ciências para elaborar e testar hipóteses.

Energia eólica

O objetivo principal desta subseção é mostrar aos estudantes como a energia eólica vem sendo usada pela humanidade, pelo menos, desde o século X.

Pode-se motivar os estudantes relatando que os primeiros moinhos de vento foram usados para a moagem de grãos de cereal e a obtenção de farinhas, matéria-prima para a produção de pão, alimento principal em diversas regiões e épocas.

Além disso, um uso bastante conhecido dos moinhos está relacionado à história da Holanda, país no qual boa parte de seu território se encontra abaixo do nível do mar e cujas terras baixas, chamadas pôlder, foram conquistadas com a construção de diques e o uso de moinhos de vento para o bombeamento das águas.

Atualmente, a energia eólica vem sendo cada vez mais utilizada na geração de energia elétrica.

No Brasil, a matriz eólica tem pequena participação, de cerca de 1,0% da matriz energética, mas a tendência é de grande aumento dessa participação em virtude dos leilões instaurados pelo governo federal.

Energia da biomassa

Pode-se pedir aos estudantes que, após a leitura do texto do livro, discutam outros pontos a respeito do uso da biomassa. A principal vantagem reside no fato de a biomassa ser um recurso renovável e largamente disponível.

Além disso, os resíduos do lixo orgânico podem ser usados em biodigestores para a geração de biogás, o que diminuiria o problema referente ao destino do lixo urbano.

As principais desvantagens ligam-se aos resíduos tóxicos que podem, eventualmente, atingir a atmosfera e os lençóis freáticos. A liberação de grandes quantidades de CO₂ intensifica o efeito estufa.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT307**
- **EM13CNT310**

Esta seção explora as habilidades: **EM13CNT101**, pois leva o estudante a analisar e representar diferentes processos de transformação de energia, priorizando o uso racional dos recursos naturais; **EM13CNT307**, por meio da análise de materiais mais adequados à geração de energia, priorizando soluções sustentáveis; e **EM13CNT310**, por meio da identificação das necessidades de serviços de geração e distribuição de energia elétrica.

Atividade em grupo

A *Atividade em grupo* tem como objetivo levar os estudantes a refletir sobre a contribuição da Ciência brasileira nos avanços tecnológicos atuais a fim de reduzir o uso de energia não renovável e aumentar o aproveitamento de fontes alternativas.

É possível, se achar conveniente, retomar a abertura deste capítulo e refletir com os estudantes sobre como os avanços tecnológicos impactam o ambiente.

Auxile os estudantes na busca de informações em *sites* de universidades e/ou fontes confiáveis.

Algumas maneiras de apresentar os resultados do trabalho são: vídeo, gravação de um *podcast* ou uma apresentação de *slides*, que poderão eventualmente ser disponibilizados para o acesso de toda a comunidade. Discuta com os estudantes sobre os formatos possíveis, de acordo com as possibilidades disponíveis na escola.

De olho na BNCC

- **EM13LGG303**
- **EM13LGG304**

A *Atividade em grupo* sugerida nesta seção possibilita o trabalho com as habilidades **EM13LGG303** e **EM13LGG304**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, ao debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões manifestados, e ao criar, por meio de práticas de linguagem, possibilidades de atuação social para enfrentar desafios contemporâneos.

Metas do capítulo

- Conhecer as principais divisões do sistema nervoso – central e periférico – e seus respectivos componentes: encéfalo, medula espinhal, nervos e gânglios nervosos.
- Identificar as principais células do sistema nervoso – neurônios e gliócitos – explicando suas funções no organismo.
- Reconhecer o papel das sinapses e dos mediadores químicos na transmissão do impulso nervoso.
- Descrever e exemplificar uma resposta nervosa reflexa simples, explicando por que se trata de uma ação inconsciente.
- Identificar os principais componentes sensoriais responsáveis pelo paladar e pelo olfato.
- Identificar as principais partes da orelha – externa, média e interna – e descrever sucintamente seu papel na audição e no equilíbrio corporal.
- Explicar resumidamente os papéis da íris, da lente e da retina do olho humano.
- Conhecer as principais glândulas endócrinas humanas e seus respectivos hormônios.
- Caracterizar algumas disfunções endócrinas, como gigantismo, nanismo, hipertireoidismo, hipotireoidismo, cretinismo e diabetes melito.
- Explicar as ações dos hormônios sexuais estrógeno, progesterona e testosterona no organismo humano.

Sugestões didáticas e comentários

O sistema nervoso é talvez o mais complexo e menos conhecido entre todos os sistemas corporais. Além de controlar as diversas ações conscientes e inconscientes do organismo em resposta às variáveis ambientais, o sistema nervoso também é responsável pela memória e pelos sentimentos, áreas ainda pouco conhecidas dos estudiosos. Este capítulo trata da estrutura e das funções básicas do sistema nervoso e dos sentidos: visão, audição, gustação e tato. Pelos conteúdos abordados no capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia.

Na **abertura do capítulo** é discutida a importância dos sistemas nervoso e endócrino na integração de diversos sistemas corporais e seu papel em nossas reações às diferentes situações ambientais, como a resposta a uma situação de perigo, exemplificada no texto. Para descobrir o que os estudantes já conhecem do tema, faça perguntas como: Quais são os componentes do sistema nervoso? O que significa dizer que esse sistema participa da integração dos outros sistemas do corpo?

1. O sistema nervoso

O capítulo aborda os principais componentes celulares do sistema nervoso central. Uma estratégia didática é pro-

por aos estudantes que se dividam em grupos e elaborem esquemas e modelos tridimensionais de neurônios e células gliais utilizando papel-cartão e massa de modelar. O material produzido pelos estudantes pode ser exposto em sala de aula ou mesmo para toda a escola. A atividade de elaborar desenhos e modelos tridimensionais favorece o desenvolvimento da **competência geral 4** ao explorar a linguagem visual para compartilhar de informações sobre as principais células do sistema nervoso.

Dialogando com o texto

A atividade sugere aos estudantes que pesquisem sobre a esclerose múltipla, doença que afeta as bainhas de mielina de neurônios. As manifestações clínicas dessa doença são tremores, falta de coordenação, descontrole da micção etc. As causas da esclerose múltipla ainda não foram totalmente esclarecidas, mas acredita-se que ela seja uma doença autoimune, ou seja, causada por uma disfunção do sistema de defesa do próprio corpo, que passa a destruir envoltórios mielinicos de neurônios. A atividade possibilita aos estudantes imaginar a interligação entre os níveis microscópicos e macroscópicos da vida, contemplando a habilidade **EM13CNT202**.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT303**
- **Competência geral 8**

Essa atividade possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, por avaliar os diferentes níveis de organização do sistema nervoso e suas principais células; e **EM13CNT303**, por propor a interpretação de textos sobre a esclerose múltipla, selecionando informações em fontes confiáveis.

Nessa atividade os estudantes são desafiados a entrar em contato com as causas, as consequências e o tratamento da esclerose múltipla, o que permite aumentar o conhecimento sobre a saúde física e perceber aspectos relacionados à saúde emocional que podem afetar pessoas com essa doença. Isso contribui com a **competência geral 8**, relacionada aos cuidados com a saúde física e emocional e a diversidade humana.

Atividade em grupo

A atividade propõe aos estudantes que selezionem as principais informações sobre as funções encefálicas, expressando-as de maneiras diferentes: por meio da construção de uma tabela e de um infográfico. converse com os estudantes sobre a importância da utilização de tabelas e infográficos que apresentam dados de forma resumida e de fácil consulta. Ajude na formação de grupos para elaborar infográficos e tabelas. Esses materiais podem ser apresentados no mural da escola, divulgando assim informações relevantes sobre

as funções do sistema nervoso central (SNC) para toda a comunidade escolar.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT302**

A Atividade em grupo possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, ao correlacionar a organização do sistema nervoso às suas principais funções, e **EM13CNT302**, ao estimular a comunicação de temas interessantes relativos às Ciências da Natureza à comunidade escolar por meio de tabelas e infográficos.

Para reforçar temas relacionados à saúde pública e a importância da vacinação, sugerimos propor uma pesquisa aos estudantes sobre a poliomielite. É importante focalizar em questões como: O que é a poliomielite? Qual é a causa da doença e como ela pode ser prevenida? Quais são suas possíveis sequelas? Qual é a situação epidemiológica da poliomielite no Brasil? Com base nas pesquisas dos estudantes, organize um debate em classe. Certifique-se de que fique claro que a poliomielite é uma doença contagiosa, causada pelo poliovírus. Seus sintomas mais comuns são febre, mal-estar, dor de cabeça, vômitos etc. A fisioterapia é a principal maneira de minimizar as sequelas da poliomielite, que são: atrofia muscular, dor nas articulações, osteoporose e paralisia das pernas, entre outras. No Brasil, graças a um bem-sucedido programa de vacinação, não há casos registrados de poliomielite desde 1990. Aproveite a discussão para reforçar a importância da vacinação.

Aplicando conhecimentos

- 1 Alternativa D. O nervo é um filamento formado por fibras nervosas envoltas por tecido conjuntivo, sempre localizado externamente ao sistema nervoso central.
- 2 Alternativa B. Gânglio nervoso é um aglomerado de corpos celulares de neurônios localizados fora do sistema nervoso central, formando dilatações nas vias nervosas.

2. Os sentidos

Os sentidos são nosso portal de comunicação com o mundo. Neste item são estudados os principais sentidos corporais humanos. converse com os estudantes sobre as dificuldades de integração social de pessoas com deficiência em algum dos sentidos mais importantes, como a visão e a audição, e estimule-os a assumir atitudes inclusivas e solidárias. Essa discussão contribui para o desenvolvimento da **competência geral 9**, por estimular o exercício da empatia e o respeito à diversidade.

Dialogando com o texto

Esta atividade sugere aos estudantes pesquisar sobre o quinto gosto, o umami. Uma possibilidade de abordar o tema é entrevistar diferentes pessoas sobre os tipos de gostos que elas conhecem. Pergunte se o entrevistado já ouviu falar ou já sentiu o gosto umami. Esse gosto pode ser reconhecido

em alimentos ricos em aminoácidos, como queijo parmesão, tomate, cogumelos e carnes.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **Competência geral 6**

Esta seção possibilita o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT303**, por propor aos estudantes que pesquisem e interpretem textos sobre temáticas das Ciências da Natureza.

Ao relacionar os gostos à sua indústria alimentícia, os estudantes podem perceber a relação entre o conhecimento científico e o mercado. Trata-se de um exemplo de como os conhecimentos são assimilados e utilizados, o que se relaciona à **competência geral 6**.

Pergunte aos estudantes se eles sabem o que é labirintite. No caso de alguém saber o que é, peça que explique aos colegas quais são os sintomas e a causa do problema. Se ninguém da classe tiver conhecimento sobre a labirintite, encarregue aqueles que se dispuserem de fazer uma busca na internet, anotando as informações encontradas em sites confiáveis. Certifique-se de que os estudantes compreenderam que a labirintite é uma inflamação no labirinto, órgão localizado na orelha interna e responsável pelas funções de equilíbrio e audição. Os sintomas da labirintite incluem tontura, que pode ser acompanhada de náusea e vômito.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**

Esse subitem possibilita o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT202**, por levar os estudantes a analisar as estruturas relacionadas ao sentido do equilíbrio, relacionando órgãos e suas funções, o que revela a integração funcional do corpo humano.

Dialogando com o texto

A atividade pede aos estudantes que interpretem a tontura que sentimos ao parar subitamente após um roteiro rápido sobre o eixo corporal. Essa sensação é explorada em brincadeiras por quase todas as crianças.

A sensação de tontura decorre do conflito entre a informação visual quando paramos de rodopiar e a informação de que ainda estamos em movimento, devido à inércia do líquido presente nos canais semicirculares.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT301**, que trata do levantamento de hipóteses, por propor aos estudantes explicar respostas fisiológicas relacionadas, neste caso, ao equilíbrio do corpo humano.

Assuntos relacionados aos órgãos dos sentidos possibilitam refletir sobre a necessidade da inclusão social de pessoas com diversos tipos de deficiência, sejam elas motoras, sensoriais, sejam mentais. Todo ser humano é único e merece ser respeitado como tal.

Atualmente a legislação estabelece que as indústrias reservem certo número de vagas de trabalho para pessoas com deficiências.

Estimule os estudantes a pesquisar na internet sobre a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, que define a acessibilidade às pessoas com deficiências visuais, sua integração ao mercado de trabalho e a educação adequada e adaptada. A Coordenadoria para a integração da Pessoa Portadora de Deficiência é a entidade responsável pela coordenação e pela fiscalização do cumprimento da lei. Promova discussões que possibilitem aos estudantes compartilhar suas informações e vivências relacionadas ao tema.

De olho na BNCC

- EM13CNT207
- Competência geral 9

As propostas deste item do capítulo possibilitam o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT207**, por tratar das vulnerabilidades de pessoas com deficiência e dos desafios que eles enfrentam para se integrar ao mercado de trabalho.

Essa atividade mobiliza também o desenvolvimento da **competência geral 9** ao estimular a empatia e o diálogo e promover o respeito ao outro e aos direitos das pessoas com deficiência.

O estudo do olho humano permite a integração com o conteúdo de Física no que se refere à óptica e às lentes. converse com o professor de Física sobre a possibilidade de realizar uma atividade conjunta abordando problemas de visão, como presbiopia (vista cansada), miopia e hipermetropia, e os tipos de lente necessários para sua correção.

Atividade prática

A atividade tem por objetivo a percepção do ponto cego do olho humano. Se a experiência não funcionar para alguns estudantes, sugira que eles desenhem uma cruz e um círculo em uma folha branca, com maior separação entre um e outro.

Discuta com os estudantes que o ponto cego é o local da retina por onde passa o nervo óptico, que se conecta ao cérebro. Nesse local faltam células fotorreceptoras.

3. O sistema endócrino

Hormônios são mensageiros químicos que exercem efeitos marcantes em nosso corpo. Neste item são estudadas as principais glândulas produtoras de hormônios – as glândulas endócrinas –, com destaque para sua localização e os efeitos de seus hormônios em nosso corpo. Comente com os estudantes a diferença estrutural básica – presença de ducto secretor ou não – entre glândulas exócrinas e endócrinas, estudadas no item. Comente também que o pâncreas é considerado uma glândula mista, pois apresenta células secretoras cuja secreção – o suco pancreático – é eliminada para o duodeno por meio de ductos, o que caracteriza uma glândula exócrina. No pâncreas há

também grupos de células secretoras que constituem as ilhotas pancreáticas, ou ilhotas de Langerhans, cujas secreções – os hormônios insulina e glucagon – são eliminadas diretamente em vasos sanguíneos presentes no pâncreas. Isso caracteriza uma glândula endócrina.

Dialogando com texto

Por meio desta atividade, os estudantes são desafiados a concluir quais seriam as consequências da deficiência de ADH no organismo humano, doença conhecida como diabetes insípido. Se a pessoa produz menos ADH que o normal, ela elimina grande volume de urina, sente muita sede e corre risco de desidratação. Esse quadro clínico, que caracteriza o diabetes insípido, não deve ser confundido com o diabetes melito, também estudado no capítulo.

De olho na BNCC

- EM13CNT301
- EM13CNT303

Esta atividade favorece o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT303**, por se utilizar de textos de divulgação científica pesquisados em fontes confiáveis de informação, e **EM13CNT301**, ao propor que os estudantes utilizem essas pesquisas para complementar conteúdos disponíveis no livro e por discutir hipóteses e questões relacionadas a hormônios, em particular a deficiência de ADH e sua relação com o diabetes insípido.

Se houver tempo e interesse, utilize o texto *10 coisas que você precisa saber sobre tireoide*, da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia, disponível na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*. O texto aborda as principais informações sobre a glândula tireoide e as características do hipotireoidismo e do hipertireoidismo.

Proponha aos estudantes pesquisar a relação entre a vitamina D e o paratormônio (PTH), produzido pelas glândulas paratiroideas. O paratormônio atua como regulador do metabolismo ósseo. O PTH regula os níveis de cálcio e fósforo no sangue, atuando pela elevação de cálcio no sangue, pela eliminação de fósforo na urina e pela produção de vitamina D. A deficiência de PTH ocasiona sintomas como formigamentos, cãibras, convulsões e contrações musculares involuntárias.

De olho na BNCC

- EM13CNT202

O Item 3 do capítulo possibilita o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT202**, por relacionar os hormônios e seus efeitos no organismo humano.

Aplicando conhecimentos

- 3 Alternativa C. O pâncreas, em sua função endócrina, controla a concentração de açúcar no sangue.
- 4 Alternativa A. Os neurotransmissores são liberados na sinapse quando um impulso nervoso chega à extremidade do axônio.

RESOLUÇÕES DAS ATIVIDADES FINAIS

CAPÍTULO 1.

Energia

1 Alternativa C.

Ao puxar a corda do arco, este, devido à sua deformação, passa a armazenar energia potencial elástica. Quando a corda é liberada, a energia potencial elástica do arco é convertida em energia cinética da flecha.

2 I. Constante elástica da mola:

$$F_{\text{elást}} = k \cdot x \Rightarrow 4 = k \cdot 0,08 \Rightarrow k = \frac{4}{0,08}$$

$$\therefore k = 50 \text{ N/m}$$

II. Energia potencial elástica:

$$E_{P(\text{elást})} = \frac{k \cdot x^2}{2} \Rightarrow E_{P(\text{elást})} = \frac{50 \cdot 0,08^2}{2}$$

$$\therefore E_{P(\text{elást})} = 0,16 \text{ J}$$

3 Alternativa C.

Para que o salto atinja a maior altura possível, toda a energia cinética da etapa I tem de ser convertida em energia potencial gravitacional na etapa III.

4 Alternativa E.

O estilingue converte energia potencial elástica em energia cinética, conforme o exemplo no enunciado. As demais opções estão associadas a outros tipos de energia.

5 Alternativa E.

Devemos analisar a potência de cada eletrodoméstico e o tempo de uso diário. Para isso, multiplicamos o valor da potência pelo tempo de uso diário para obter a energia consumida pelo aparelho em um dia. O ar-condicionado tem a potência de 1,5 kW e é utilizado por 8 horas diárias, assim o seu consumo corresponde a:

$$C_{\text{ar-condicionado}} = 1,5 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h} \therefore C_{\text{ar-condicionado}} = 12 \text{ kWh.}$$

O chuveiro elétrico tem a potência de 3,3 kW e é utilizado por $\frac{1}{3}$ das horas diárias:

$$C_{\text{chuveiro}} = 3,3 \text{ kW} \cdot \frac{1}{3} \text{ h} \therefore C_{\text{chuveiro}} = 1,1 \text{ kWh}$$

O freezer tem a potência de 0,2 kW e é utilizado por 10 horas diárias:

$$C_{\text{freezer}} = 0,2 \text{ kW} \cdot 10 \text{ h} \therefore C_{\text{freezer}} = 2 \text{ kWh.}$$

A geladeira tem a potência de 0,35 kW e é utilizada por 10 horas diárias:

$$C_{\text{geladeira}} = 0,35 \text{ kW} \cdot 10 \text{ h} \therefore C_{\text{geladeira}} = 3,5 \text{ kWh.}$$

As lâmpadas têm a potência de 0,10 kW e são utilizadas por 6 horas diárias:

$$C_{\text{lâmpadas}} = 0,10 \text{ kW} \cdot 6 \text{ h} \therefore C_{\text{lâmpadas}} = 0,6 \text{ kWh.}$$

Somando as potências diárias de cada eletrodoméstico e multiplicando-as pelo período de 30 dias, encontramos o consumo mensal:

$$C_{\text{Total}} = (C_{\text{ar-condicionado}} + C_{\text{chuveiro}} + C_{\text{freezer}} + C_{\text{geladeira}} + C_{\text{lâmpadas}}) \cdot 30 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_{\text{total}} = (12 + 1,1 + 2 + 3,5 + 0,6) \cdot 30$$

$$\therefore C_{\text{total}} = 576 \text{ kWh}$$

Sabendo que o custo de 1 kWh é de R\$ 0,40, temos:

$$1 \text{ kWh} \quad \text{——} \quad \text{R\$ } 0,40$$

$$576 \text{ kWh} \quad \text{——} \quad P$$

$$\therefore P = 576 \text{ kWh} \cdot \frac{\text{R\$ } 0,40}{1 \text{ kWh}} \Rightarrow P = \text{R\$ } 230,40$$

6 Devemos calcular o trabalho realizado pela corredora. Para fazer esse exercício, utilizamos o teorema da energia cinética:

$$\mathcal{Z} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

Na largada, a corredora está em repouso, portanto a sua velocidade v_1 é igual a 0; assim, temos:

$$\mathcal{Z} = \frac{mv_2^2}{2} - 0 \Rightarrow \mathcal{Z} = \frac{57 \cdot 10^2}{2}$$

$$\therefore \mathcal{Z} = 2.850 \text{ J}$$

CAPÍTULO 2.

Metabolismo energético

1 Alternativa E. As três afirmações estão corretas.

2 Alternativa A. Fermentação realizada por células musculares. Na fermentação láctica realizada pelas células musculares ocorre a transformação de ácido pirúvico em ácido láctico.

b) Incorreta, pois, na glicólise realizada por células eucarióticas, não há formação de ácido láctico.

c) Incorreta, pois, na respiração, não há formação de ácido láctico.

d) Incorreta, pois, na fermentação das leveduras, o produto da reação não é ácido láctico, e sim álcool.

e) Incorreta, pois, na glicólise realizada por bactérias como etapa da respiração aeróbica, não há produção de ácido láctico.

3 Alternativa C.

I. Correta.

II. Correta.

III. Correta.

IV. Incorreta: glicólise não necessita de gás oxigênio.

V. Incorreta: o ciclo de Krebs ocorre na matriz da mitocôndria.

4 Alternativa C. Mitocôndria.

a) Incorreta. Centríolo não participa de processos metabólicos de produção de energia.

b) Incorreta. Lisossomo está relacionado à digestão celular, e não ao metabolismo e produção de energia.

d) Incorreta. Complexo golgiense não participa de processos metabólicos de produção de energia.

e) Incorreta. Retículo endoplasmático liso não participa de processo de produção de energia.

5 Alternativa D.

a) Incorreta. A energia armazenada nas moléculas orgânicas dos alimentos é utilizada para a fosforilação de ADP, e não de ATP.

b) Incorreta. A energia armazenada nas moléculas orgânicas dos alimentos não é utilizada diretamente nos processos metabólicos. A energia fornecida pela hidrólise das moléculas orgânicas dos alimentos é utilizada na síntese do ATP na qual fica armazenada até ser disponibilizada para os processos metabólicos.

c) Incorreta. A energia contida nas moléculas orgânicas dos alimentos é disponibilizada para as atividades celulares por meio da respiração aeróbica e também da fermentação.

e) Incorreta. Ela é mais bem aproveitada na aerobiose.

6 Nesse exercício, é importante relembrar aos alunos as diferentes formas de energia: mecânica, cinética gravitacional, elétrica, química, entre outras, utilizando exemplos dessas formas de energia em situações do cotidiano, como nos atos de empurrar um objeto, de acender uma lâmpada ou de utilizar uma pilha para o funcionamento de algum equipamento. Sugerimos que indique aos estudantes a leitura do texto de Adilson de Oliveira na revista eletrônica Ciência Hoje: A energia em nossas vidas (disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/coluna/a-energia-em-nossas-vidas/>>). Acesso em: 5 ago. 2020), que trata o conceito de energia de forma simples, cientificamente correta e por meio de analogias com o uso dessa palavra em nosso cotidiano.

CAPÍTULO 3.

Quantidade de matéria e mol

1 Alternativa B.

O enunciado afirma que a massa de cálcio recomendada é o dobro de 500 mg, ou seja, 1.000 mg, ou 1 g. Assim:

$$\begin{array}{ccc} \text{massa} & \text{número de átomos} \\ 40 \text{ g} & \xrightarrow{} 6,0 \cdot 10^{23} \\ 1 \text{ g} & \xrightarrow{} x \end{array} \quad \left\{ \Rightarrow x = 1,5 \cdot 10^{22} \right.$$

2 Alternativa E.

Se há 0,07 g de ácido ascórbico em 200 mL de suco, em 1 L de suco (volume 5 vezes 200 mL) teremos 0,35 g desse ácido (massa 5 vezes 0,07 g). Então:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,35 \text{ g}}{176 \text{ g/mol}} = 0,002 \text{ mol}$$

Essa é a quantidade de vitamina C em cada litro de suco de laranja. Para calcular o volume que conterá 0,006 mol (quantidade presente em um comprimido), estabelecemos a seguinte proporcionalidade:

$$\begin{array}{ccc} \text{quantidade} & \text{volume de} \\ \text{de soluto} & \text{solução} \\ 0,002 \text{ mol} & \xrightarrow{} 1 \text{ L} \\ 0,006 \text{ mol} & \xrightarrow{} x \end{array} \quad \left\{ \Rightarrow x = 3 \text{ L} \right.$$

3 Alternativa B.

$$\begin{array}{ccc} \text{massa} & \text{massa de} \\ \text{corporal} & \text{aspartame} \\ 1 \text{ kg} & \xrightarrow{} 40 \cdot 10^{-3} \text{ g} \\ 70 \text{ kg} & \xrightarrow{} x \end{array} \quad \left\{ \Rightarrow x = 2,8 \text{ g} \right.$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2,8 \text{ g}}{294 \text{ g/mol}} = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

4 Alternativa B.

Consideremos 100 g do organismo da criança, em que há 75 g de água:

$$\begin{array}{ccc} \text{massa} & \text{massa do elemento} \\ \text{de água} & \text{químico oxigênio} \\ 18 \text{ g} & \xrightarrow{} 16 \text{ g} \\ 75 \text{ g} & \xrightarrow{} x \end{array} \quad \left\{ \Rightarrow x = 66,7 \text{ g} \right.$$

$$\text{Então: } \frac{\text{massa de oxigênio}}{\text{massa corporal}} = \frac{66,7 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{2}{3}.$$

5 Alternativa B.

Cálculo da quantidade recomendada de sulfato de ferro(II), FeSO_4 , em mol:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,3 \text{ g}}{152 \text{ g/mol}} = 0,002 \text{ mol}$$

Considerando essa quantidade presente em 10 mL (0,010 L) de solução, calculamos a concentração de sulfato de ferro(II) que deveria haver na solução:

$$\mathcal{M} = \frac{n_{\text{sólido}}}{V_{\text{sólido}}} = \frac{0,002 \text{ mol}}{0,010 \text{ L}} = 0,2 \text{ mol/L}$$

Assim, a solução mais adequada é a do frasco 2.

6 Alternativa B.

Para o nitrato de cálcio, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: $M = 164 \text{ g/mol}$.

Em 1 L da solução de que o produtor dispõe há 90 g desse sal. Isso equivale a:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{90 \text{ g}}{164 \text{ g/mol}} = 0,55 \text{ mol}$$

Então, a concentração dessa solução é 0,55 mol/L. Na dissociação iônica, 1 mol de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ origina 2 mol de íons nitrito (NO_3^-). Portanto, a concentração desses íons na solução é 1,10 mol/L.

A quantidade (em mol) de íons nitrito que deve ser introduzida no tanque de 5.000 L para atingir a concentração de 0,009 mol/L é:

$$n(\text{NO}_3^-) = \mathcal{M} \cdot V = 0,009 \text{ mol/L} \cdot 5.000 \text{ L} = 45 \text{ mol}$$

Então, temos a concentração de NO_3^- na solução comercial (1,1 mol/L) e precisamos determinar qual é o volume dessa solução que contém a quantidade desejada de íons nitrito (45 mol):

$$\mathcal{M} = \frac{n_{\text{sólido}}}{V_{\text{sólido}}} \Rightarrow V_{\text{sólido}} = \frac{n_{\text{sólido}}}{\mathcal{M}} = \frac{45 \text{ mol}}{1,1 \text{ mol/L}} = 41 \text{ L}$$

7 Alternativa D.

A partir dos dados fornecidos, é possível calcular a quantidade em mols de nitrato de prata, AgNO_3 , presente em 200 mL da solução de concentração igual a 0,1 mol/L.

$$\begin{array}{ccc} \text{quantidade} & \text{volume de} \\ \text{de soluto} & \text{solução} \\ 0,1 \text{ mol} & \xrightarrow{} 1.000 \text{ mL} \\ x & \xrightarrow{} 200 \text{ mL} \end{array} \quad \left\{ \Rightarrow x = 0,02 \text{ mol} \right.$$

O volume da solução 0,5 mol/L, que contém 0,02 mol de AgNO_3 , é dado por:

$$\begin{array}{ccc} \text{quantidade} & \text{volume de} \\ \text{de soluto} & \text{solução} \\ 0,5 \text{ mol} & \xrightarrow{} 1.000 \text{ mL} \\ 0,02 \text{ mol} & \xrightarrow{} y \end{array} \quad \left\{ \Rightarrow y = 40 \text{ mL} \right.$$

Então, a preparação requer 40 mL da solução mais concentrada, à qual se deverá adicionar mais solvente (água) até totalizar o volume de 200 mL.

CAPÍTULO 4.

Energia térmica

1 Alternativa E.

A temperatura máxima é indicada pelo nível inferior do filete preto na coluna da direita, que indica a temperatura de 19 °C.

2 Nesse exercício, o professor pode aproveitar a oportunidade para interpretar a grandeza física capacidade térmica.

São dados: $\Phi = 20 \text{ cal/min}$; $\Delta t = 0,5 \text{ h} = 30 \text{ min}$; e $\Delta\theta = 130^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta\theta = 80^\circ\text{C}$.

Da definição de fluxo de calor, temos:

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 20 = \frac{Q}{30} \Rightarrow Q = 20 \cdot 30 \Rightarrow Q = 600 \text{ cal.}$$

A capacidade térmica do corpo é dada por:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \Rightarrow C = \frac{600}{80} \Rightarrow C = 7,5 \text{ cal/}^\circ\text{C.}$$

Esse resultado indica que o corpo deve receber (ou perder) 7,5 cal para que sua temperatura aumente (ou diminua) em 1 °C.

3 Alternativa C.

Inicialmente, é preciso calcular a quantidade total de energia fornecida por 2,5 gramas de castanha. De acordo com a tabela nutricional, 10 gramas de castanha contêm 70 kcal; logo, 2,5 gramas contêm:

$$10 \text{ g} \quad 70 \text{ kcal}$$

$$2,5 \text{ g} \quad Q$$

$$\therefore Q = \frac{70 \text{ kcal} \cdot 2,5 \text{ g}}{10 \text{ g}} \Rightarrow Q = 17,5 \text{ kcal}$$

O enunciado indica que foram utilizados apenas 50% da energia da castanha; assim:

$$Q = 17,5 \cdot 50\% \Rightarrow Q = 17,5 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow Q = 8,75 \text{ kcal}$$

Agora, basta utilizar a equação de calor sensível para encontrar a temperatura da água:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i)$$

$$\theta_f = \frac{Q}{m \cdot c} + \theta_i \Rightarrow \theta_f = \frac{8,750}{350 \cdot 1} + 20$$

$$\therefore \theta_f = 45^\circ\text{C}$$

4 Alternativa D.

A tabela informa que um grama de gasolina corresponde a 10 kcal de energia liberada.

A massa da gasolina em 40 litros (40.000 mL) pode ser encontrada por meio da equação da densidade: $m = d \cdot V \Rightarrow m = 0,7 \cdot 40.000$

$$\therefore m = 28.000 \text{ g}$$

Logo, a energia correspondente a 28.000 gramas de gasolina é:

$$1 \text{ g} \quad 10 \text{ kcal}$$

$$28.000 \text{ g} \quad Q$$

$$\therefore Q = \frac{28.000 \text{ g} \cdot 10 \text{ kcal}}{1 \text{ g}} \Rightarrow Q = 280.000 \text{ kcal}$$

É possível calcular a massa do etanol considerando que a energia liberada é de 280.000 kcal.

Pela tabela, um grama de etanol corresponde a 6 kcal de energia liberada. Assim:

$$1 \text{ g} \quad 6 \text{ kcal}$$

$$m \quad 280.000 \text{ kcal}$$

$$\therefore m = \frac{280.000 \text{ kcal} \cdot 1 \text{ g}}{6 \text{ kcal}} \Rightarrow m \approx 46.666 \text{ g}$$

Aplicando essa informação na equação da densidade, encontramos o volume do etanol:

$$V = \frac{m}{d} \Rightarrow V = \frac{46.666}{0,8}$$

$$\therefore V = 58.332,5 \text{ mL} \Rightarrow V \approx 58 \text{ L}$$

5 Alternativa D.

De acordo com o gráfico, a variação de temperatura para o chuveiro morno era de 12 °C e para o aquecido era de 32 °C.

Sabe-se que: $P = \frac{Q}{\Delta t}$; 1 min = 60 s. Portanto:

$$\text{Morno: } P_{\text{morno}} = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P_{\text{morno}} = c \cdot \Delta\theta \cdot \left(\frac{m}{\Delta t} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{morno}} = 4.200 \cdot 12 \cdot \left(\frac{3}{60} \right)$$

$$\therefore P_{\text{morno}} = 2.520 \text{ J}$$

$$\text{Aquecido: } P_{\text{aquecido}} = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P_{\text{aquecido}} = c \cdot \Delta\theta \cdot \left(\frac{m}{\Delta t} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{aquecido}} = 4.200 \cdot 32 \cdot \left(\frac{3}{60} \right)$$

$$\therefore P_{\text{aquecido}} = 6.720 \text{ J}$$

$$\text{Logo, } \frac{P_{\text{morno}}}{P_{\text{aquecido}}} = \frac{2.520}{6.720} \Rightarrow \frac{P_{\text{morno}}}{P_{\text{aquecido}}} = \frac{3}{8}$$

CAPÍTULO 5.

Transmissão de calor

1 Alternativa B.

Do enunciado, temos:

$$2 \cdot \Phi_a = \Phi_b$$

Agora, aplicando a expressão matemática da lei de Fourier:

$$2 \cdot K_a \cdot \frac{A_a \cdot \Delta\theta}{e} = K_b \cdot \frac{A_b \cdot \Delta\theta}{e}$$

Do enunciado, também obtemos que a variação de temperatura $\Delta\theta$ e a espessura são iguais para os dois recipientes; assim:

$$2 \cdot K_a \cdot \frac{A_a \cdot \Delta\theta}{e} = K_b \cdot \frac{A_b \cdot \Delta\theta}{e} \Rightarrow 2 \cdot K_a \cdot A_a = K_b \cdot A_b \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{K_a}{K_b} = \frac{A_b}{2 \cdot A_a} \quad (1)$$

Agora, devemos calcular as áreas A_a e A_b . O recipiente A é um cubo com 6 faces de área $40 \cdot 40 \text{ cm}^2$; logo, a área A_a é:

$$A_a = 6 \cdot 40 \cdot 40 \Rightarrow A_a = 9.600 \text{ cm}^2$$

O recipiente B é um paralelepípedo com 2 faces de áreas $40 \cdot 40 \text{ cm}^2$ e 4 faces com áreas iguais a $40 \cdot 60 \text{ cm}^2$; logo, a área de A_b é:

$$A_b = 2 \cdot (40 \cdot 40) + 4 \cdot (40 \cdot 60) \Rightarrow A_b = 12.800 \text{ cm}^2$$

Substituindo o valor das áreas na equação ①:

$$\frac{K_a}{K_b} = \frac{A_b}{2 \cdot A_a} \Rightarrow \frac{K_a}{K_b} = \frac{12.800}{2 \cdot 9.600} \therefore \frac{K_a}{K_b} = 0,67$$

2 Alternativa A.

A alternativa A está correta, pois o alumínio tem maior condutividade térmica que o plástico. Isso é comprovado na primeira situação, em que a bandeja de metal perdeu energia com facilidade quando estava em cima de uma mesa, em comparação com o plástico. Conforme estudado neste capítulo, o alumínio é um excelente condutor térmico.

3 a) São dados: $(\theta_1 - \theta_2) = 36^\circ\text{C} - (24^\circ\text{C}) \Rightarrow$

$$\Rightarrow (\theta_1 - \theta_2) = 12^\circ\text{C};$$

$$A = 2 \text{ m}^2 \Rightarrow A = 2 \cdot 10^4 \text{ cm}^2; e = 5 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e = 0,50 \text{ cm}; K = 1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{cal}}{\text{s} \cdot \text{cm} \cdot {}^\circ\text{C}}.$$

De acordo com a lei de Fourier, calculamos o fluxo de calor:

$$\Phi = \frac{K \cdot A \cdot (\theta_1 - \theta_2)}{e} \Rightarrow \Phi = \frac{1 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 12}{0,50}$$

$$\therefore \Phi = 72 \text{ cal/s}$$

Portanto, o fluxo de calor que se estabelece com o uso do macacão é 160 cal/s.

b) Da definição de fluxo de calor, sendo $\Delta t = 0,5 \text{ h} = 30 \text{ min} = 1.800 \text{ s}$, calculamos a quantidade de calor perdida pela pessoa:

$$Q = \Phi \cdot \Delta t \Rightarrow Q = 72 \frac{\text{cal}}{\text{s}} \cdot 1.800 \text{ s} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 129,6 \cdot 10^3 \text{ cal} \Rightarrow Q = 129,6 \text{ kcal}$$

4 Alternativa B.

A transmissão de calor se dá predominantemente por irradiação na situação apresentada na alternativa B, pois a lente do tipo convergente provoca a concentração de luz (ondas eletromagnéticas) em um ponto do papel. Assim, nesse ponto, haverá grande concentração da energia transmitida pelas ondas eletromagnéticas, e a temperatura do papel vai aumentar a ponto de provocar sua combustão. Vamos analisar as alternativas.

Na situação apresentada na alternativa A (aquecimento da água em uma torneira elétrica ligada), o resistor da torneira consome energia elétrica e a transforma em energia térmica por efeito Joule. Devido ao contato existente entre a água e o resistor, há transferência de calor do resistor para a água predominantemente por condução.

Na situação apresentada na alternativa C (fumaça que sobe pela chaminé de uma lareira), a transmissão de calor ocorre predominantemente por convecção dos gases aquecidos resultantes da combustão.

Na situação apresentada na alternativa D (aquecimento da água contida em uma panela colocada sobre a chama de um fogão), a transmissão de calor ocorre por condução, do fundo da panela e deste para a água em contato com o fundo, e por convecção, para o restante da água contida na panela.

Finalmente, na situação apresentada na alternativa E (aquecimento da caneca com chocolate quente), a transmissão de calor ocorre predominantemente por condução, visto que o calor se transmite pela face interna da parede da caneca (região em contato com o chocolate quente) para a face externa (região em contato com o ar).

5 Alternativa E.

O exercício explora situações relacionadas à transmissão de calor por condução e por irradiação.

I. Incorreta. O reservatório de água quente deve dificultar a perda de calor para o ambiente, e não a favorecer. Assim, o material a ser usado no reservatório deverá ser um bom isolante térmico.

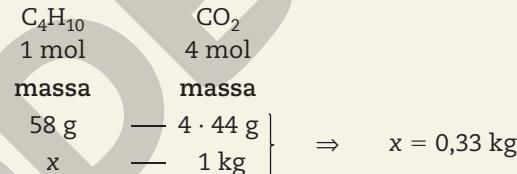
II. Correta. O vidro permite a passagem da radiação emitida pelo Sol, mas dificulta a passagem das ondas puramente térmicas — radiação infravermelha — reemitidas pelos objetos.

III. Correta. Um corpo em tons escuros absorve mais energia radiante que um corpo claro ou brilhante.

CAPÍTULO 6.

Proporção nas reações químicas: estequiometria

1 Alternativa B.

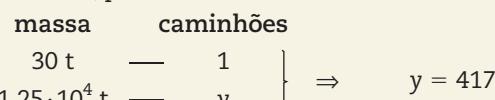


2 Alternativa D.

Para neutralizar 10^4 t de ácido sulfúrico (H_2SO_4) são necessárias 10^4 t de carbonato de cálcio (CaCO_3). Então, a massa de calcário será:

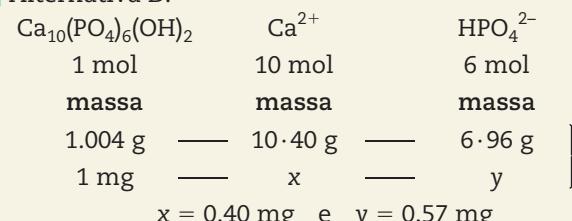


Com isso, pode-se calcular o número de caminhões:



A alternativa mais próxima disso é 400 caminhões.

3 Alternativa D.



massa total de íons = $0,40 \text{ mg} + 0,57 \text{ mg} = 0,97 \text{ mg}$

4 Alternativa D.

Quantidade de matéria de peróxido de hidrogênio: $n(\text{H}_2\text{O}_2) = \eta \cdot V = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,020 \text{ L} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

| H_2O_2 | $KMnO_4$ |
|-------------------------|------------|
| quantidade | quantidade |
| 5 mol | 2 mol |
| $2,0 \cdot 10^{-3}$ mol | x |

5 Alternativa E.

Equação química referente à oxidação do açúcar:



Assim, temos a proporção entre a quantidade de açúcar (CH_2O) e a quantidade de oxigênio (O_2):

| CH_2O | O_2 |
|---------|-------|
| 1 mol | 1 mol |
| massa | massa |
| 30 g | 32 g |
| 10 mg | x |

Assim, 10 mg de açúcar em 1 L de água requerem 10,7 mg de O_2 para sua oxidação. Portanto, a DBO terá um aumento de 10,7 mg de O_2 por litro.

CAPÍTULO 7.

Fluxo de energia e ciclos da matéria na natureza

1

A.a) A parte verde-clara representa a energia gasta pelo capim para a manutenção de sua vida. Essa parte da energia não está disponível para o nível trófico seguinte.

A.b) Como a parte verde-clara representa a energia gasta pelo capim, pode se inferir que a parte verde-escura é a que pode ser transferida para o próximo nível, ou seja, representa a Produtividade Primária Líquida (PPL). A soma das partes verde-escura e verde-clara representa a Produtividade Primária Bruta (PPB), ou seja, toda a energia produzida pelo organismo autotrófico, inclusive a utilizada em suas atividades metabólicas.

B.a) Haveria aumento da parte azul-clara, pois representa a energia que o veado gasta para manter suas funções metabólicas.

B.b) Se a parte mais escura do nível trófico do veado representa a energia que está disponível para o próximo nível trófico, ela corresponde à Produtividade Secundária Líquida (PPL). A parte azul mais clara representa a energia gasta para a manutenção do metabolismo do veado.

As áreas azuis somadas representam a Produtividade Secundária Bruta (PSB).

C. As partes do gráfico coloridas de amarelo correspondem ao capim ingerido como alimento, mas que não foi absorvido pelo organismo do veado, tendo sido eliminado nas fezes.

2 Alternativa B.

O consumidor secundário da cadeia proposta é representado pelos passarinhos que se alimentam exclusivamente dos gafanhotos da região. Com a lama tóxica matando o capim, a população de gafanhotos será reduzida pela falta de disponibilidade de alimento.

Essa população, por sua vez, interferirá diretamente na população de passarinhos que não encontrarão gafanhotos em quantidade suficiente para alimentá-los, causando diminuição da sua espécie na região.

- a) Incorreta. Não ocorre o aumento da biomassa do capim, que foi morto pela lama tóxica.
- c) Incorreta. O consumidor secundário é influenciado devido à diminuição da população do gafanhoto que tinha como alimento o capim.
- d) Incorreta. O consumidor secundário é influenciado devido à diminuição da população do gafanhoto que tem como alimento o capim.
- e) Incorreta. A população do consumidor secundário não aumentará, e sim diminuirá, pois houve redução da disponibilidade de alimento para ela.

3 Alternativa B.

Uma pirâmide de biomassa terrestre tem aspecto convencional, como a mostrada em II. Da mesma forma, a pirâmide de energia terá base mais larga, como a mostrada em II. O nível 3 representa as joaninhas que foram introduzidas com a finalidade de controlar a população de praga, que se alimenta diretamente da vegetação e pertence, portanto, ao nível trófico 2.

- a. Incorreta. A pirâmide de biomassa está incorreta, pois a biomassa do produtor deve ser maior que a biomassa dos outros níveis.
- c. Incorreta. A pirâmide de biomassa está incorreta, pois a biomassa do produtor deve ser maior que a biomassa dos outros níveis. A joaninha deve representar o nível trófico 3, pois se alimenta da praga, e não diretamente da vegetação.
- d. Incorreta. A pirâmide de energia está incorreta, pois a energia do produtor deve ser maior que a energia dos outros níveis. A joaninha não pertence ao nível I, que é o dos produtores, mas sim ao nível 3, pois é um consumidor secundário.
- e. Incorreta. As pirâmides de biomassa e de energia estão incorretas, pois em ambas o nível do produtor deve ser maior que o dos outros níveis. A joaninha representa o nível trófico 3, pois se alimenta da praga, representada pelo nível 2.

4 Alternativa E.

Proteínas, pois o trigo utiliza nitrato para produzir aminoácidos que constituem as proteínas presentes nos grãos.

- a. Incorreta, pois a menor absorção de nitrato pelo trigo reduzirá a produção de compostos orgânicos nitrogenados, como proteínas e ácidos nucleicos, e não a de amido.
- b. Incorreta, pois a menor absorção de nitrato pelo trigo reduzirá a produção de compostos orgânicos nitrogenados, como proteínas e ácidos nucleicos, e não a de frutose.
- c. Incorreta, pois a menor absorção de nitrato pelo trigo reduzirá a produção de compostos orgânicos nitrogenados, como proteínas e ácidos nucleicos, e não a de lipídios.
- d. Incorreta, pois a menor absorção de nitrato pelo trigo reduzirá a produção de compostos orgânicos nitrogenados, como proteínas e ácidos nucleicos, e não a de celulose, um glicídio.

CAPÍTULO 8.

Fisiologia humana: digestão, respiração, circulação do sangue e excreção

1 Alternativa C.

A enzima I tem seu ótimo de atuação em pH em torno de 2, logo deve atuar no estômago, onde se encontra a pepsina cuja ação proteolítica é responsável pela digestão da carne do bife. A enzima II tem pH ótimo em torno de 7, característico da saliva da boca, onde se encontra a ptialina, uma amilase, responsável pela digestão de amido constituinte da batata. A enzima III tem pH ótimo em torno de 8,0, característico do duodeno, onde atua a lipase pancreática, que atua na digestão de lipídios como os constituintes do bacon.

- a. Incorreta, pois a batata é rica em amido, sendo digerida inicialmente na boca, onde o pH é em torno de 7, e não de 2. O bife contém muitas proteínas, sendo digerido no estômago, onde o pH é em torno de 2, e não de 7.
- b. Incorreta, pois a batata é rica em amido, sendo digerida inicialmente na boca, onde o pH é em torno de 7, e não de 2. O bacon é rico em gorduras, sendo digerido no duodeno, onde o pH é em torno de 8, e não de 2. O bife tem muitas proteínas, sendo parcialmente digerido no estômago, onde o pH é em torno de 2, e não de 8.
- c. Incorreta, pois o bacon é rico em gorduras, sendo digerido no duodeno, onde o pH é em torno de 8, e não de 7. E a batata é rica em amido, sendo digerida inicialmente na boca, onde o pH é em torno de 7, e não de 8.
- d. Incorreta, pois o bacon é rico em gorduras, sendo digerido no duodeno, onde o pH é em torno de 8, e não de 2. O bife contém muitas proteínas, sendo parcialmente digerido no estômago, onde o pH é em torno de 2, e não de 7. A batata é rica em amido, sendo digerida inicialmente na boca, onde o pH é em torno de 7, e não de 8.
- e. Incorreta, pois o bacon é rico em gorduras, sendo digerido no duodeno, onde o pH é em torno de 8, e não de 2. O bife contém muitas proteínas, sendo parcialmente digerido no estômago, onde o pH é em torno de 2, e não de 7. A batata é rica em amido, sendo digerida inicialmente na boca, onde o pH é em torno de 7, e não de 8.

- 2 a) O órgão utilizado na experiência foi o pâncreas, que produz, entre outras enzimas, a amilase pancreática, que tem pH ótimo em torno de 8.
- b) Espera-se um aumento na quantidade de glicose presente na urina excretada (glicosúria), porque o pâncreas produz e secreta a insulina, um hormônio que atua diminuindo a taxa de glicose na circulação sanguínea.
- c) A substância digerida é o amido componente da farinha constituinte do macarrão.

3 Alternativa B.

Durante a contração dos átrios, denominada sístole atrial, o sangue passa para os ventrículos, que se relaxam e se enchem de sangue, processo chamado diástole ventricular. Em seguida, na sístole ventricular, o sangue flui do ventrículo direito para os pulmões, pela artéria pulmonar, e do ventrículo esquerdo para a artéria aorta, que leva o sangue para todas as partes do corpo por meio de várias ramificações.

a. Incorreta. O ritmo do coração é garantido pelos movimentos de sístole dos átrios e diástole dos ventrículos, intercalados com sístole dos ventrículos e diástole dos átrios. A sístole do átrio esquerdo impulsiona o sangue para o ventrículo esquerdo que está em diástole.

c. Incorreta. As cavidades direitas não se relaxam simultaneamente, enquanto uma está em sístole, a outra está em diástole. A sístole do átrio direito impulsiona o sangue para o ventrículo direito que se encontra em diástole. Em seguida, o ventrículo direito entra em sístole, impulsionando o sangue para os pulmões.

d. Incorreta. A diástole do ventrículo esquerdo permite a entrada nele do sangue proveniente do átrio esquerdo que está em sístole. O sangue originalmente presente nesse átrio foi proveniente das artérias pulmonares, e não da veia cava.

- 4 a) A resposta imunológica ativa é desenvolvida pelo próprio indivíduo quando estimulado pela presença de抗原os. A resposta passiva é aquela que ocorre quando o indivíduo recebe anticorpos produzidos por outro organismo.

b) Imunização ativa artificial: vacinação preventiva como, por exemplo, vacina BCG, vacina de hepatite, vacina de gripe etc.

Imunização passiva natural: é aquela em que os anticorpos são adquiridos via aleitamento neonatal, ou por via placentária.

- 5 a) No glomérulo localizado na cápsula de Bowman, ocorre a filtração do sangue, isto é, a passagem de líquido contendo substâncias indesejáveis do sangue que circula nos capilares do glomérulo para o interior do néfron.

No túbulo do néfron, ocorre a reabsorção de substâncias úteis contidas no filtrado renal.

- b) Uma substância orgânica filtrada e reabsorvida pelo sangue é a glicose. A principal substância tóxica presente no filtrado e, posteriormente eliminada pela urina é a ureia.

CAPÍTULO 9.

Termoquímica, petróleo e combustíveis

1 Alternativa C.

| massa de castanha | energia liberada |
|-------------------|---------------------------------------|
| 10 g | — 70 kcal |
| 2,5 g | — x |
| | } $\Rightarrow x = 17,5 \text{ kcal}$ |

Esse cálculo indica que o conteúdo energético de 2,5 g de castanha-de-caju é de 17,5 kcal. Como o aproveitamento dessa energia no aquecimento da água foi de 50%, então a água absorveu 8,75 kcal.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$8.750 \text{ cal} = 350 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (\theta_f - 20^\circ\text{C})$$

$$\theta_f = 45^\circ\text{C}$$

2 Alternativa B.

Para percorrer 400 km com rendimento de 20 km/L, são necessários 20 L de etanol:

| distância | consumo | |
|-----------|---------|---|
| 20 km | 1 L | } |
| 400 km | x | |

$$x = 20 \text{ L}$$

Usando a densidade, encontramos a massa que corresponde a esse volume de etanol:

$$m = d \cdot V = 0,8 \text{ g/cm}^3 \cdot 20.000 \text{ cm}^3 = 16.000 \text{ g}$$

Assim, considerando a massa molar do etanol e sua entalpia de combustão, chegamos à resposta:

| massa de etanol | energia liberada | |
|-----------------|------------------|---|
| 46 g | 1,3 MJ | } |
| 16.000 g | y | |

$$y = 452 \text{ MJ}$$

3 Alternativa B.

$$\Delta_r H = \Delta_{\text{ruptura}} H + \Delta_{\text{formação}} H$$

$$\Delta_r H = (2 \cdot 437 + 494) \text{ kJ/mol} + 4 \cdot (-463 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta_r H = -484 \text{ kJ/mol}$$

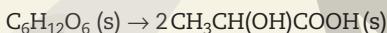
Nesse resultado, a unidade kJ/mol deve ser entendida como quilojoule por mol de reação. Como o coeficiente estequiométrico do H₂ é 2, deduzimos que, quando 2 mol de H₂ (4 g) reagem, a variação de entalpia é de -484 kJ. Então, para 1 kg de H₂, temos:

| massa de gás H ₂ | variação de entalpia | |
|-----------------------------|----------------------|---|
| 4 g | -484 kJ | } |
| 1.000 g | x | |

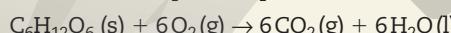
$$x = -121.000 \text{ kJ}$$

4 Alternativa A.

O trecho do enunciado “as células musculares podem sofrer um déficit de O₂ e a glicose ser convertida em duas moléculas de ácido lático” (destaque nosso) é essencial para o entendimento da pergunta. O que se solicita é o cálculo do Δ_rH da reação química assim equacionada:



Usando a lei de Hess, o Δ_rH pode ser determinado como mostrado a seguir, usando as duas equações fornecidas. A primeira foi mantida e a segunda foi invertida e multiplicada por 2:



$$\Delta_1 H = -2.800 \text{ kJ}$$



$$\Delta_2 H = +2.688 \text{ kJ}$$



$$\Delta_r H = \Delta_1 H + \Delta_2 H$$

Então:

$$\Delta_r H = \Delta_1 H + \Delta_2 H = -2.800 \text{ kJ} + 2.688 \text{ kJ} = -112 \text{ kJ}$$

5 Alternativa A.

Para o primeiro segmento ascendente (aquecimento de 138 g de líquido), extraímos do gráfico que Q = 35 kJ e Δθ = 78 °C - (-18 °C) = 96 °C. Então:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 35 \text{ kJ} = 138 \text{ g} \cdot c \cdot 96 \text{ °C}$$

$$c = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$$

Sendo essa a quantidade de calor que aumenta em 1 °C a temperatura de 1 g de etanol, podemos determinar por mol de etanol (46 g/mol):

| massa | energia | |
|-------|----------------------------|---|
| 1 g | 2,64 · 10 ⁻³ kJ | } |
| 46 g | x | |

$$x = 0,12 \text{ kJ}$$

Então, o calor específico molar (isto é, por mol) vale 0,12 kJ · mol⁻¹ · °C⁻¹.

Para o cálculo do ΔH molar de vaporização (Δ_{vap}H), extraímos do gráfico a informação (referente ao patamar horizontal) de que a vaporização da amostra absorve 110 kJ (isto é, 145kJ - 35kJ). Assim:

| massa | energia | |
|-------|---------|---|
| 138 g | 110 kJ | } |
| 46 g | y | |

$$y = 36,7 \text{ kJ}$$

Então, chegamos a Δ_{vap}H = 36,7 kJ/mol e, portanto, a resposta mais próxima disso é a da alternativa A.

CAPÍTULO 10.

Cinética Química

1 Alternativa C.

A técnica da refrigeração (1) promove a diminuição da temperatura para reduzir a frequência de colisões eficazes, diminuindo a velocidade das reações de deterioração dos alimentos. O corte de alimentos (2) promove um aumento na área superficial, aumentando a rapidez de sua cocção. Por sua vez, as enzimas dos microrganismos adicionados ao leite (3) catalisam reações químicas necessárias à produção do iogurte.

2 Alternativa B.

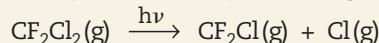
Todas as equações das etapas da formação de ferrugem mostradas no enunciado indicam que a água atua como reagente. A graxa protege a superfície das ferramentas de aço porque, sendo imiscível com água, impede (ou reduz bastante) o contato da peça metálica com a água e, consequentemente, diminui a velocidade das reações envolvidas no processo.

3 Alternativa C.

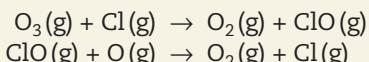
Após aberta a embalagem, microrganismos presentes no ar podem entrar na embalagem (V). É, se ela permanecer fora da geladeira, a temperatura do leite será ideal para que se multipliquem (II). A deterioração do leite se deve a reações catalisadas por substâncias produzidas por microrganismos (enzimas), e essas reações são mais rápidas à temperatura ambiente do que na geladeira (III).

4 Alternativa B.

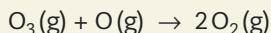
Na estratosfera, a molécula de CFC absorve radiação ultravioleta que provoca ruptura da ligação existente entre um átomo de carbono e um de cloro, na molécula, produzindo um radical livre de cloro que催化iza a conversão de ozônio (O₃) em oxigênio molecular (O₂). A equação do processo representado à esquerda do ciclo (em que hν representa o fóton de ultravioleta absorvido e que causa a ruptura da ligação) é:



As equações que representam as reações do ciclo esquematizado são:



A soma dessas duas etapas conduz a:



No processo, o átomo de cloro (radical livre cloro) atua como catalisador.

CAPÍTULO 11. Energia hoje e amanhã

1 Alternativa D.

Analizando o gráfico, observa-se que o consumo de energia na indústria e na agricultura superou o consumo nas residências e no comércio no período histórico do homem tecnológico.

2 Alternativa B.

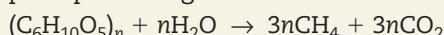
Hidroelétricas e coletores solares foram os meios que o homem buscou para diminuir o consumo de energia oriunda do petróleo.

3 Alternativa C.

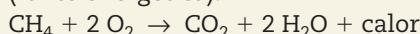
O enunciado cita que “30% do território brasileiro é constituído por terras impróprias para a agricultura, mas aptas à exploração florestal”. Em metade dessa área, poderiam ser criadas florestas energéticas.

4 Alternativa D.

A decomposição anaeróbica da matéria orgânica pode produzir gás metano:



O gás metano (CH_4) é um excelente combustível (fonte energética).



5 Alternativa A.

O principal efeito da utilização do biocombustível, mais do que diminuir a dependência do petróleo, é contribuir para a diminuição da emissão dos gases de efeito estufa.

6 Alternativa E.

Aos domingos, com a diminuição em 40% da demanda, a cidade necessita de 144 MW, ou seja, 60% de 240 MW. Cada turbina produz 10 MW, pois temos 24 turbinas que, juntas, produzem 240 MW. Assim, para suprir a demanda de 144 MW, poderíamos usar:

I. todas as turbinas com 60% da capacidade, isto é,

$$240 \text{ MW} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 100\%$$

$$P_{60\%} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 60\%$$

$$\therefore P_{60\%} = \frac{60\% \cdot 240 \text{ MW}}{100\%} \Rightarrow P_{60\%} = 144 \text{ MW}$$

II. metade das turbinas funcionando em capacidade máxima, que corresponde a 120 MW; o restante, com 20% da capacidade máxima:

$$120 \text{ MW} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 100\%$$

$$P_{20\%} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 20\%$$

$$\therefore P_{20\%} = \frac{20\% \cdot 120 \text{ MW}}{100\%} \Rightarrow P_{20\%} = 24 \text{ MW}$$

ou seja, 144 MW;

III. quatorze turbinas funcionando em capacidade máxima, que correspondem a 140 MW, e uma com

40% da capacidade máxima, que corresponde a 4 MW; assim, a potência fornecida será de 144 MW.

Dessa forma, poderíamos utilizar todas as configurações citadas nos itens I, II e III.

CAPÍTULO 12.

Integração e controle do corpo humano

1 Ao se combinar de modo estável com os receptores de acetilcolina das sinapses neuromusculares, o curare impede a ligação da acetilcolina, bloqueando a passagem do estímulo nervoso do neurônio para as fibras musculares, que deixam de se contrair provocando paralisia muscular. A paralisiação da musculatura respiratória leva à morte por asfixia.

2 Alternativa E.

3 Alternativa A.

4 Alternativa B.

5 Alternativa D.

6 Alternativa C.

7 Alternativa B. Os cones são as células responsáveis pela visão das cores.

a. Incorreta. Com pouca luminosidade, os cones não são estimulados e são apenas os bastonetes que permitem a visão nessa situação.

c. Incorreta. Os cones são responsáveis pelo reconhecimento das cores, e sua ausência não causaria cegueira.

d. Incorreta. Os cones são estruturas dos olhos responsáveis pela visão das cores; portanto, a pessoa não seria capaz de distinguir as cores.

8 Alternativa C. As principais glândulas endócrinas humanas são: hipófise, tireoide, paratireoides, pâncreas, suprarrenais ou adrenais e gônadas (testículos e ovários).

a. Incorreta. Os hormônios são produzidos pelas glândulas endócrinas.

b. Incorreta. Progesterona é um hormônio feminino.

d. Incorreta. A testosterona é produzida desde o início do desenvolvimento embrionário de um embrião do sexo masculino. Na verdade, é a presença desse hormônio no início do desenvolvimento embrionário que faz o embrião desenvolver o sexo masculino. Na puberdade, ocorre um grande aumento na produção de testosterona, o que leva ao desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas.

9 15 (01 + 02 + 04 + 08)

(01) Correta.

(02) Correta.

(04) Correta.

(08) Correta.

(16) Incorreta. Os neurônios multipolares caracterizam-se pela presença de um axônio e numerosos dendritos.

10 Alternativa B.

a. Incorreta. O nanismo é causado pelo mal funcionamento da glândula hipófise.

c. Incorreta. Os hormônios da hipófise não agem no fígado ou no pâncreas.

d. Incorreta. A adrenalina é produzida pelas suprarrenais.

e. Incorreta. O hormônio antidiurético é produzido no hipotálamo.

Capítulo 1 - Energia

BISOGNIN, Vinícius et al. *O uso de simulações e animações computacionais no estudo de conservação de energia mecânica*. Disponível em: <<http://www.tede.universidadefranciscana.edu.br:8080/bitstream/UFN-BDTD/430/1/Vinicio%20Bisognin.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2020.

O texto aborda como os recursos computacionais têm sido apontados como importantes auxiliares do ensino, tendo em vista a evolução tecnológica atual. O trabalho procura, por meio de utilização de simulações e animações computacionais, proporcionar aos estudantes do Ensino Médio uma compreensão mais generalizada do princípio da conservação de energia mecânica.

CEZAR, Fabiana Brandelero et al. Ensino por investigação em aulas de ciências: reconstrução de ideias dos alunos sobre fluxo de energia. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 9, n. 3, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/ensinosaudedambiente/article/view/21227/12699>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

O trabalho apresenta um diagnóstico das percepções de turmas de alunos do Ensino Fundamental sobre o fluxo de energia durante o desenvolvimento de um módulo didático com abordagem investigativa. O estudo trata do conhecimento ecológico atual, que aponta que todos os seres vivos, direta ou indiretamente, dependem da energia solar para a sobrevivência e que as relações alimentares entre os seres vivos não são lineares.

OSÓRIO, Ticiane da Rosa; STOLL, Vitor Garcia; MARTINS, Márcio Marques. Energia como temática no ensino de Ciências da Natureza: uma abordagem a partir de experimentações virtuais. *RELACult-Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade*, v. 5, n. 3, 2020. Disponível em: <<http://periodicos.claec.org/index.php/relacult/article/view/1632>>. Acesso em: 6 jul. 2020.

O artigo apresenta um recorte de uma oficina desenvolvida por um grupo de acadêmicos integrantes do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) de um curso de Licenciatura em Ciências da Natureza de uma universidade federal do Sul do Brasil. O objetivo do estudo foi abordar a temática Energia por meio de duas experimentações, disponíveis na coleção de simuladores virtuais do PhET (phet.colorado.edu).

Capítulo 2 - Metabolismo energético

GOMES, L. M. J. B.; MESSEDER, J. C. Fotossíntese e respiração aeróbica: vamos quebrar a cabeça? Proposta de jogo. *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 12, n. 2, 2014.

Proposta de jogo para trabalhar a fotossíntese e a respiração aeróbica.

GUERRA, M. L. P. L. Oficina: os saberes do pão – uma modalidade educativa. *Perspectiva*, Florianópolis, v. 15, n. 27,

p. 205-211, jan. 1997. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/10572>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

O artigo descreve os saberes envolvidos no ato de fazer pão, discutindo os aspectos físicos, químicos, biológicos, nutricionais e ainda históricos, culturais e sociais.

KHAN ACADEMY. Fotossíntese. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/introduction-to-stages-of-photosynthesis/v/photosynthesis>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

O vídeo apresenta uma visão geral da fotossíntese, porque ela é importante e como as reações dependentes e independentes da luz trabalham em conjunto.

KHAN ACADEMY. Respiração celular. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/biology/cellular-respiration-and-fermentation>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

Série de vídeos disponíveis sobre a respiração celular.

SOUZA, S. S. *O uso de história em quadrinhos no ensino de Biologia*: uma alternativa para o estudo do conteúdo de respiração celular aeróbica. Conclusão de Especialização (Especialização em Mídias Integradas na Educação no Curso de Pós-Graduação em Mídias Integradas na Educação) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 16 p. 2015. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/42103/R%20-%20E%20-%20SIMONE%20SINARA%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=51&isAllowed=5y>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

Trabalho que apresenta o conteúdo de respiração celular aeróbica por meio de história em quadrinhos, como uma alternativa de prática pedagógica.

Capítulo 3 - Quantidade de matéria e mol

LOURENÇO, I. M. B.; MARCONDES, M. E. R. Um plano para o ensino de mol. *Química Nova na Escola*, n. 18, 2003. p. 22-25.

O artigo traz sugestões de atividades que envolvem o conceito de quantidade de matéria que são executadas priorizando os cálculos proporcionais. Essa estratégia evita o uso de algoritmos e regras práticas decoradas, estimulando uma aprendizagem significativa.

MOL, G. S. et al. Constante de Avogadro. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996, p. 32-33.

Nesse artigo, o autor descreve um experimento simples para a determinação da constante de Avogadro em sala de aula.

PHET Simulations; isotopes and atomic mass. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/isotopes-and-atomic-mass/latest/isotopes-and-atomic-mass_en.html>. Acesso em: 10 ago. 2020.

Simulador para o cálculo da massa atômica, permite adicionar quantidades diferentes dos isótopos e verificar como a

massa atômica varia. Também traz as quantidades existentes na natureza para cada elemento químico.

PHET Simulations; solution concentration. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molarity>. Acesso em: 10 ago. 2020.

Simulador para visualização semiquantitativa da concentração em quantidade de matéria. Permite optar entre alguns diferentes solutos e variar tanto a quantidade de soluto quanto o volume total da solução.

SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C. Mol. Uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*, n. 1, 1995. p. 12-14.

O artigo apresenta expressões correlatas ao conceito de mol cujo uso é recomendado e outras cujo uso não é recomendado por serem ambíguas ou induzirem a erros conceituais.

Capítulo 4 - Energia térmica

ESTADOS da matéria. *PhET Interactive Simulations*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_pt_BR.html>. Acesso em: 28 jun. 2020.

Esse simulador permite visualizar as mudanças de fase e estado das moléculas de diferentes substâncias, submetidas a aquecimento ou esfriamento. É possível também simular a compressão de moléculas gasosas e verificar a relação entre a energia potencial e a distância entre dois átomos.

KÖHNLEIN, Janete Francisca Klein. *Um estudo sobre as concepções alternativas de calor e temperatura*. Monografia (Especialização em Ensino de Física) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. p. 1-83. 2001.

O artigo traz uma investigação que teve por objetivo verificar se um planejamento de ensino, tendo como ponto de partida as concepções alternativas dos alunos da 2^a série do Ensino Médio, resultava em uma aprendizagem mais eficiente. No trabalho desenvolvido, foi possível perceber que, apesar de o estudo de concepções sobre calor e temperatura ter praticamente se esgotado em termos de pesquisa, pouco chegou até hoje na sala de aula.

GUIMARÃES, Luciana Mamus; AIRES, Joanez Aparecida; GATTO, Hudson Souza. *Experimentação problematizadora: como são determinadas as quantidades de calorias nos alimentos*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, n. extra, p. 2.087-2.091, 2013.

O trabalho desenvolveu uma abordagem da experimentação problematizadora por meio de um experimento sobre a determinação de quantidades de calorias nos alimentos. O objetivo da prática foi promover a formação de um cidadão crítico e atuante na sociedade por elementos do cotidiano do aluno, além de estimular o interesse pela aprendizagem da química.

GONÇALVES, Leila de Jesus; VEIT, Eliane Angela; SILVEIRA, Fernando Lang da. *Textos, animações e vídeos para o ensino-aprendizagem de física térmica no ensino médio*. In:

ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA, 1, 2005, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Atas. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 2006.

O trabalho destaca um hipertexto elaborado para a introdução de conteúdos de Física Térmica no Ensino Médio, incluindo muitas figuras, animações, vídeos e simulações interativas. O material foi concebido para ser utilizado em atividades complementares às aulas expositivas e demonstrativas, em uma sala de informática que propicie a interação dos alunos com o material, especialmente com as simulações interativas.

AGUIAR JR., Orlando. *Calor e temperatura no Ensino Fundamental: relações entre o ensino e a aprendizagem numa perspectiva construtivista*. Investigações em ensino de Ciências, v. 4, n. 1, p. 73-90, 2016.

O estudo examina as possibilidades e as contribuições de um Modelo de Ensino como instrumento auxiliar ao planejamento, desenvolvimento e avaliação de propostas de ensino de ciências, voltados para a promoção de mudanças cognitivas. Para isso, foram descritos os instrumentos utilizados no planejamento de um curso introdutório de Calor e Temperatura com alunos(as) do 8º ano do Ensino Fundamental e analisados seus resultados.

KREITH, Frank; BOHN, Mark S.; MANGLIK, Raj M. *Princípios de transferência de calor*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

As mudanças rápidas e difusas na tecnologia, nas aplicações, nas ferramentas de análise e na economia são os principais fatores de motivação para a abordagem utilizada neste livro de educação sobre a transferência de calor. A obra traz soluções de problemas práticos de engenharia, utilização de computadores para a análise numérica, exemplos e estudos de casos industriais ilustrativos e criteriosos, análise de ordem de magnitude e problemas aplicados à prática, enfatizando assuntos multidisciplinares sobre controle térmico.

SOUZA, Rafaelle Silva; SILVA, Ana Paula Bispo; ARAÚJO, Thiago Silva. James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: reproduzindo as dificuldades do laboratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 3, p. 3309.1-3309.9, 2014.

O trabalho apresenta o processo de reprodução utilizando materiais atuais de um experimento similar ao experimento das pás de Joule, de 1850. As hipóteses levantadas na replicação do experimento, bem como a análise dos dados obtidos, mostram a complexidade da ciência, o papel da experimentação na validação de teorias e um aspecto conceitual muito relevante, como a dificuldade para estabelecer um valor exato do equivalente mecânico de calor. O objetivo é mostrar como experimentos históricos podem colaborar para transformar a atividade experimental em sala de aula em um ambiente rico para argumentação e problematização.

Capítulo 5 - Transmissão de calor

EDUCA MAIS BRASIL. *Física. Propagação do calor. Condutão ENEM*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QCYOhSiK6_4>. Acesso em: 11 abr. 2021.

Nesse vídeo são apresentados os conceitos gerais trabalhados no capítulo, como propagação do calor e condução térmica.

GAROFALO, Débora. Chegou a hora de inserir o *podcast* na sua aula. *Revista da Nova Escola*, 24 set. 2019. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/18378/chegou-a-hora-de-inserir-o-podcast-na-sua-aula>>. Acesso em: 25 jun. 2020.

Nesse *link* você encontra informações sobre como elaborar um *podcast*, além de textos que evidenciam os benefícios do trabalho com esse tipo de ferramenta em sala de aula.

BRAGA, Washington. *Transmissão de calor*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

A obra destaca-se por seu enfoque pedagógico sobre o tema, pois foi escrito visando à motivação do aluno e ao seu processo de aprendizagem. Entre os recursos encontrados estão projetos especiais e exercícios de modelagem, além dos recursos interativos disponíveis na internet.

KERN, Donald Quentin. *Processos de transmissão de calor*. São Paulo: Guanabara Koogan, 1987.

O livro começa com uma visão geral da teoria da transferência de calor antes de se concentrar em problemas específicos comumente enfrentados por engenheiros em campo – usando vários exemplos eficazes para ajudar a repassar os princípios. Os métodos de cálculo empírico amplamente aplicáveis, as tabelas extensas e o uso de linguagem e metodologia da área tornam a obra uma ferramenta de referência do tema.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Aquecimento global: uma visão crítica. *Revista brasileira de climatologia*, v. 3, p. 7-24, 2008.

O trabalho discute criticamente a hipótese do aquecimento global antropogênico, mencionando que ela carece de bases científicas sólidas e está fundamentada principalmente em resultados de modelos de clima (MCG), que utilizam equações matemáticas que podem não representar adequadamente os processos físicos que ocorrem na atmosfera.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. *Revista virtual de química*, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.

O trabalho apresenta uma análise de diversos sistemas fotovoltaicos, como os diferentes materiais utilizados em células solares e a eficiência de módulos comercialmente disponíveis. Também traz um panorama dos países que instituíram programas de incentivo à utilização dessa tecnologia e relata como o Brasil tem dado seus primeiros passos no fomento da produção de energia por fontes renováveis.

Capítulo 6 - Proporção nas reações químicas: estequiometria

CAZZARO F. Um experimento envolvendo estequiometria. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999.

O autor propõe um experimento relativamente simples envolvendo medidas de massa de um sistema antes e depois de uma reação de efervescência.

Capítulo 7 - Fluxo de energia e ciclos da matéria na natureza

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. *O ciclo da água (ciclo hidrológico)*. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vW5-xrV3Bq4>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

Vídeo explicativo sobre o ciclo da água.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 2, p. 182-217, ago. 2006.

Artigo que apresenta concepções de estudantes acerca do conceito de energia.

CEZAR, F. B. et al. Ensino por investigação em aulas de Ciências: reconstrução de ideias dos alunos sobre fluxo de energia. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 9; n. 3; p. 21-43, dez. 2016.

Artigo que relata experiência em sala de aula de reconstrução do conceito de fluxo de energia por estudantes.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Fontes de energia*. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

Texto que apresenta o conceito e exemplos de fontes de energia.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. *Revista USP*, n. 72, p. 6-15, 2006-2007.

Artigo a respeito de fontes alternativas de energia.

MBP. COPPE. UFRJ. *A história do petróleo em 2 minutos*. 2014. Disponível em: <<http://petroleo.coppe.ufrj.br/historia-do-petroleo/>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

O vídeo traz um resumo da história do petróleo e sua exploração.

NERDOLOGIA. *Falta de água*. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=RsUD8CTDdAw>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

Vídeo explicativo sobre as causas da falta de água nas grandes cidades.

Capítulo 8 - Fisiologia humana: digestão, respiração, circulação do sangue e excreção

BRASIL. Ministério da Saúde. *Filariose linfática (elefantíase)*: causas, sintomas, tratamento, diagnóstico e prevenção. Brasília. Disponível em: <<https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/filariose-linfatica>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Site oficial do Ministério da Saúde com as principais informações sobre a doença.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Hemodiálise*. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://bvsms.saude.gov.br/dicas-em-saude/2988-hemodialise>>. Acesso em: 17 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Insuficiência renal crônica*. Brasília, 2015. Disponível em: <<https://bvsms.saude.gov.br/dicas-em-saude/2083-insuficiencia-renal-cronica>>. Acesso em: 17 maio 2020.

Textos oficiais do Ministério da Saúde para divulgar as principais características da doença renal crônica e o procedimento de hemodiálise.

MOURA, P. dos S. M. *Imune*: uma viagem pelo sistema de defesa do corpo. Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências. Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.repository.ufc.br/bitstream/riufc/48362/3/2019_tcc_psmoura.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2021.

Nesse trabalho a pesquisadora aplicou um jogo sobre o sistema imunológico com estudantes do Ensino Médio. As regras e procedimentos do jogo podem ser reproduzidos com os estudantes.

CELLS at work!. Direção de Kenichi Suzuki e outros. Tóquio: David Production, 2018. 24 min. (14 episódios).

Em tradução livre, *Células no trabalho* é uma animação em 14 episódios que aborda os conteúdos de imunologia de forma lúdica, apresentando as células antropomorfizadas. Os personagens principais são um glóbulo vermelho e um neutrófilo que é retratado como um policial. Os episódios fazem diversas analogias a reações do corpo contra ameaças variadas, como um arranhão, o vírus da gripe, a alergia e até o surgimento de uma célula cancerígena.

LOPES, C.; AMARAL, F. *Explorando o sistema imunológico PUC-Minas*. Disponível em: <http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20130912164902.pdf>. Acesso em: 16 maio 2020.

Apresenta o sistema imunológico de maneira contextualizada e divertida para chamar a atenção dos estudantes e motivá-los à leitura.

UNIVERSIDADE Federal de Alfenas. *Histologia interativa*. Disponível em: <<https://www.unifal-mg.edu.br/histologainterativa/celulas-do-sangue-e-hematopoiese/>>. Acesso em: 16 maio 2020.

Aborda as principais informações sobre o sangue e seus componentes e ainda apresenta imagens de lâminas histológicas das principais células.

Capítulo 9 - Termoquímica, petróleo e combustíveis

ANVISA. *Rotulagem Nutricional Obrigatória*; manual de orientação às indústrias de alimentos. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Gerência Geral de Alimentos/Universidade de Brasília, 2005.

Este documento apresenta as recomendações legais para a rotulagem de um produto alimentício determinando as informações que os fabricantes devem fornecer ao consumidor. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/rotulagem-nutricional-obrigatoria-manual-de-orientacao-as-industrias-de-alimentos_2005.pdf/view>. Acesso em: 10 abr. 2021. Pode ser encontrado mediante busca pelo título completo.

BRAATHEN, P. C. et al. Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição. *Química Nova na Escola*, n. 29, 2008. p. 42-45.

Esse artigo propõe a construção de um calorímetro com materiais de fácil acesso e seu uso para realizar a determinação experimental do calor de decomposição de peróxido de hidrogênio (presente em água oxigenada a 10 volumes).

CAMILLO JR., A. B. *Manual de prevenção e combate a incêndios*. 6. ed. São Paulo: Senac, 2008.

O autor discute aspectos referentes à causa dos incêndios, aos diferentes tipos de fogo, a prevenção de incêndios e a sua extinção.

CHASSOT, A.; VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M. De olho nos rótulos: compreendendo a unidade caloria. *Química Nova na Escola*, n. 21, 2005. p. 10-13.

Artigo que traz orientações para a leitura e compreensão de rótulos, principalmente no que se refere ao conteúdo energético dos alimentos.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor. Calor e temperatura no ensino de Termoquímica. *Química Nova na Escola*, n. 7, 1998, p. 30-34.

Os autores tecem considerações sobre problemas de compreensão dos conceitos de calor e temperatura, necessários ao estudo da termoquímica.

PETROBRAS. Tecnologias pioneiras do pré-sal. Disponível em: <<https://presal.hotsitespetrobras.com.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

Site que inclui vídeo com animação sobre a exploração de petróleo na camada pré-sal.

PETROBRAS. Tecnologias pioneiras do pré-sal. Disponível em: <<https://medium.com/petrobras/tecnologias-pioneiras-do-pr%C3%A9-sal-7ababbb476bb>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

O site apresenta informações sobre tecnologias pioneiras desenvolvidas pela Petrobras para a exploração de petróleo na camada pré-sal.

PETROBRAS. Pré-sal. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

O site compara profundidades e produtividades de diversos locais de exploração petrolífera na Bacia de Santos.

TCBA. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Disponível em: <<http://www.tcba.net.br>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) traz as informações sobre a composição química de alimentos brasileiros, apresentando menus para busca e consulta.

Capítulo 10 - Cinética Química

LIMA, J. F. L. et al. A contextualização no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, n. 11, 2000. p. 26-29.

As autoras fazem um relato da experiência didática que desenvolveram, na qual empregaram o tema *conservação de*

alimentos para contextualizar e problematizar o ensino de cinética química no Ensino Médio.

RANGEL, M. C.; CARVALHO, M. F. A. Impacto dos catalisadores automotivos no controle da qualidade do ar. *Química Nova*, v. 26, n. 2, 2003. p. 265-277.

As autoras discutem, à luz de vários dados em tabelas e gráficos, o papel dos conversores catalíticos na minimização da poluição do ar.

ROCHA-FILHO, R. C. Femtoquímica: reações químicas em tempo real. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. p. 14-16.

Esse artigo fornece um panorama sobre a espectroscopia de pulsos de laser ultrarrápidos (femtoquímica), que valeu ao químico egípcio-estadunidense Ahmed H. Zewail o Prêmio Nobel em 1999.

SILVA, R. R.; RODRIGUES, R. S. A História sob o olhar da Química: as especiarias e sua importância na alimentação humana. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, 2010, p. 84-89.

Alguns compostos presentes em especiarias têm caráter antioxidante e atuam como substâncias sacrificiais para evitar a oxidação de alimentos. Esse artigo aborda a história das especiarias e sua relação com as Grandes Navegações. Também apresenta alguns dos constituintes responsáveis pelo odor de especiarias.

TEÓFILO, R. F.; BRAATHEN, P. C.; RUBINGER, M. M. M. Reação relógio iodeto/iodo. *Química Nova na Escola*, n. 16, 2002. p. 41-44.

Apresenta alternativas que são relativamente de baixo custo e de fácil aquisição para a realização da reação relógio, um clássico da cinética química.

Capítulo 11 - Energia hoje e amanhã

FORMAS de energia e transformações. *PhET Interactive Simulations*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-forms-and-changes>. Acesso em: 18 ago. 2020.

Com esse simulador, é possível verificar a troca e a transformação de energia em diferentes sistemas. Você pode escolher o tipo de fonte de energia, o método de transformação e o item a ser acionado com a energia transformada no sistema.

Como fazer um forno solar com caixa de pizza. Manual do Mundo. 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Lp6ANp5ZO_s>. Acesso em: 29 jun. 2020.

Nesse link você encontra um vídeo que apresenta o passo a passo para a construção de um forno caseiro utilizando materiais simples, como uma caixa de pizza, e energia solar.

FUNDAÇÃO de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

Esse site apresenta uma coletânea de materiais de divulgação científica relacionados aos mais diversos temas, que podem ser utilizados para complementar o estudo do capítulo.

GOOGLE Acadêmico. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

Essa é uma ferramenta de busca que apresenta como resultados livros, revistas e sites de divulgação científica. É uma ótima opção para pesquisas escolares, pois apresenta resultados mais completos e confiáveis.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, MAG de; CAMARGO, IM de T. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE). Brasília, 2006. p. 60.

O trabalho visa apresentar a viabilidade econômica da instalação do sistema de energia solar fotovoltaica em residências e empresas. Além de trazer um embasamento teórico sobre o assunto, a pesquisa apresenta um estudo empírico feito em uma empresa de Energia Fotovoltaica localizada em Cachoeiro de Itapemirim, no qual se buscou verificar a viabilidade da instalação do sistema de energia solar na Faculdade de Ciências Contábeis e Administrativas de Cachoeiro de Itapemirim (FACCACI).

LANA, Rogério de Paula. Uso racional de recursos naturais não renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. *Revista brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. SPE, p. 330-340, 2009.

O trabalho apresenta a demonstração da possibilidade do uso de modelos de saturação cinética na agricultura (produção de plantas e produção animal) para melhorar a eficiência do uso dos recursos naturais não renováveis, evitando o completo esgotamento deles e minimizando os problemas relacionados à poluição ambiental.

GALEMBECK, Fernando; BARBOSA, César Augusto Sales; SOUSA, Rafael Arromba de. Aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais na inovação química. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 571-581, 2009.

O trabalho aborda como o desenvolvimento de processos para a transformação de biomassa e minerais abundantes em matérias-primas químicas deve se beneficiar de grandes insumos de nanotecnologias, biotecnologias, informações e tecnologias de microrreatores. Também, sugere que o sucesso da inovação nessa linha pode gerar novos produtos e processos necessários para desempenhar funções desejáveis em um paradigma de desenvolvimento sustentável.

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos. Brasil Japão. Trabalhos, p. 189-205, 2005.

O trabalho descreve como os impactos ambientais de quatro fontes de energia, renováveis e não renováveis – termelétrica, hidrelétrica, eólica e solar fotovoltaica – podem ser mitigados pela utilização do Planejamento Integrado de Recursos (PIR) aplicado ao planejamento energético, possibilitando a diminuição de custos e impactos ambientais e sociais.

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. Estudos avançados, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.

O trabalho buscou quantificar o potencial de geração de empregos pela energia eólica no Brasil, não só pela avaliação

dos empregos diretos, mas também dos empregos indiretos gerados na economia devido à demanda de insumos. Os resultados obtidos permitem afirmar que a energia eólica pode oferecer uma contribuição significativa para o aumento de empregos, gerando até 330 mil empregos por ano até 2020. Os empregos diretos correspondem a cerca de 70% dos empregos totais, e a maior contribuição é dada pela atividade de construção, que possui ainda grande potencial para a criação de empregos locais em diversas localidades rurais.

Capítulo 12 - Integração e controle do corpo humano

BRASIL. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 18 maio 2020.

Texto oficial da lei que garante o amparo dos deficientes e a integração no mercado de trabalho.

BRASIL. Ministério da Educação. *O encaminhamento do deficiente visual ao mercado de trabalho*. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/component/content/article?id=264>>. Acesso em: 18 maio 2020.

Discute um estudo sobre o deficiente visual no mercado de trabalho, comentando as dificuldades encontradas e as profissões que podem ser exercidas, e apresenta sugestões e recomendações para a viabilização da atuação do deficiente no mercado de trabalho.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Poliomielite: causas, sintomas, diagnóstico e vacinação*. Brasília. Disponível em: <<https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/poliomielite>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Site oficial do Ministério da Saúde que aborda as principais características da poliomielite.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Você sabe o que é labirintite?* Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.blog.saude.gov.br/index.php/promocao-da-saude/53955-voce-sabe-o-que-e-labirintite>>. Acesso em: 17 maio 2020.

Blog da Saúde, do Ministério da Saúde, que aborda as características principais da labirintite.

DIRETRIZES AMB. *Hipoparatiroidismo: diagnóstico e tratamento*. Disponível em: <https://diretrizes.amb.org.br/_DIRETRIZES/hipoparatiroidismo_diagnostico_e_tratamento/files/assets/common/downloads/publication.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

Arquivo que aborda as principais características do Hipoparatiroidismo.

LENGERT, J. A. M. H.; MARCHESE, M. C. *A utilização de um tema atual – o estresse – como elemento motivador e integrador para o estudo da fisiologia humana no Ensino Médio: a percepção dos alunos sobre o seu estresse – causas, consequências e controle*. Secretaria da Educação do Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/artigo_jeanne_anna_maria_van_helvoort_lengert.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

Discute sobre as concepções prévias dos estudantes de nível médio sobre o estresse e a utilização de técnicas de relaxamento, buscando melhor qualidade de vida.

PORTAL UMAMI. *O que é umami?* Disponível em: <<https://www.portalumami.com.br/o-que-e-umami/>>. Acesso em: 17 maio 2020.

Site que aborda e explica as características do umami. O texto também aborda a diferença entre "gosto" e "sabor".

SLOBODZIAN, L.; HUBNER, C. A. R. *Bullying no contexto escolar: possibilidades de intervenção*. Secretaria da Educação e do Esporte do Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_ped_unespar-campomourao_luciaslobodzian.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

O texto discute o problema do *bullying* na escola e estratégias de prevenção e combate.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. *Tipos de diabetes*. Disponível em: <<https://www.diabetes.org.br/publico/diabetes/tipos-de-diabetes>>. Acesso em: 18 maio 2020.

Texto que apresenta os tipos de diabetes que podem ocorrer.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA. *10 coisas que você precisa saber sobre tireoide*. 8 mar. 2010. Disponível em: <<https://www.endocrino.org.br/10-coisas-que-voce-precisa-saber-sobre-tireoide/>>. Acesso em: 18 maio 2020.

Texto informativo sobre a glândula tireoide.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Audição e equilíbrio*. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2433195&chapterid=19323>>. Acesso em: 17 maio 2020.

Site que aborda conceitos referentes à estrutura da orelha interna e sua relação com o equilíbrio.

JOSÉ MARIANO AMABIS

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Doutor e Mestre em Ciências, na área de Biologia (Genética), pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Professor aposentado do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do IBUSP.

GILBERTO RODRIGUES MARTHO

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Professor.

NICOLAU GILBERTO FERRARO

Licenciado em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Engenheiro Metalurgista pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Diretor pedagógico.

PAULO CESAR MARTINS PENTEADO

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Uninter-PR. Professor.

CARLOS MAGNO A. TORRES

Bacharel em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Uninter-PR. Professor.

JÚLIO SOARES

Doutor em Ciências, na área de Física do Estado Sólido, pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Cientista.

EDUARDO LEITE DO CANTO

Licenciado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Doutor em Ciências pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (SP). Professor.

LAURA CELLOTO CANTO LEITE

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Professora.

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

MATÉRIA E ENERGIA

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1^a edição

São Paulo, 2020



Coordenação editorial: Fabio Martins de Leonardo, Rita Helena Bröckelmann

Edição de texto: Dino Santesso Gabrielli, Flávia Valério Esteves dos Reis, Jeferson Felix da Silva, Júlio Francisco Hisada Pedroni, Marcelo Pulido, Maria Carolina Bittencourt, Marilu Maranho Tassetto, Mauro Faro, Natalia Leporo Torcato, Thais Ribeiro Semprebom, Caroline Silva de Matos

Assistência editorial: Beatriz Assunção Baeta, Giovanni Laranjo de Stefani, Heloise do Nascimento Calça

Assistência didático-pedagógica: Antônio Carlos Rodrigues de Amorim, Francisco Batista do Nascimento, Rafaela Wiklich Sobrinho

Gerência de design e produção gráfica: Everson de Paula

Coordenação de produção: Patricia Costa

Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues

Coordenação de design e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite

Projeto gráfico: Otávio dos Santos, Ana Carolina Orsolin

Capa: Daniel Messias

*Foto: Eric Isselee/Shutterstock. Detalhe do olho do camaleão-de-três-chifres (*Trioceros jacksonii*). Nativo das florestas úmidas do leste da África, mede cerca de 25 cm.*

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Márcia Cunha do Nascimento

Editoração eletrônica: Setup Editoração Eletrônica

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Edna Luna, Nancy H. Dias, Renato da Rocha, Salete Brentan, Viviane T. Mendes

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

Pesquisa iconográfica: Flávia Aline de Moraes, Luciana Vieira, Joanna Heliszkowski

Coordenação de bureau: Rubens M. Rodrigues

Tratamento de imagens: Ademir Francisco Baptista, Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro

Pré-imprensa: 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)**

Moderna plus : ciências da natureza e suas tecnologias. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Vários autores.

Obra em 6 v.

Conteúdo: O conhecimento científico -- Água e vida -- Matéria e energia -- Humanidade e ambiente -- Ciência e tecnologia -- Universo e evolução.

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio).

20-39972

CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

1. Ensino integrado : Livro-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

EDITORIA MODERNA LTDA.

Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Vendas e Atendimento: Tel. (011) 2602-5510
Fax (011) 2790-1501
www.moderna.com.br
2020
Impresso no Brasil

Apresentação

Prezado estudante,

Enquanto escrevíamos esta coleção de livros sobre as Ciências da Natureza, a humanidade enfrentava uma das maiores tragédias já vivenciadas por nossa espécie: a pandemia do coronavírus, a Covid-19, que está causando a morte de milhares de pessoas em todo o mundo e que pode devastar a economia global. Nossa expectativa é que, quando esta obra for publicada e chegar a suas mãos, o pior já tenha passado.

Essa tragédia certamente nos deixará lições importantes. A crise tem evidenciado, por exemplo, o papel fundamental da Ciência para a sobrevivência da espécie humana em nosso planeta. Termos científicos que antes eram do domínio apenas de especialistas – estatísticas e projeções matemáticas, pandemias, epidemias, estrutura e reprodução dos vírus e das células vivas, endossomos, defesas imunitárias etc. – foram incorporados ao repertório das pessoas leigas. O mundo não será mais o mesmo de antes da pandemia, e a Ciência será mais valorizada e receberá a importância que realmente tem para os cidadãos.

Nesta obra, nossa equipe multidisciplinar de Química, Física e Biologia empenhou todos os esforços para levar ao cotidiano dos estudantes os conceitos realmente importantes. Procuramos eliminar o excesso de detalhes dessas disciplinas, para dar prioridade a uma educação científica mais realista e útil para a formação cidadã necessária a todos.

A integração entre as três especificidades das Ciências Naturais, tanto no conteúdo quanto em sua aplicação, focaliza a participação dos estudantes na pesquisa, na reflexão e na interação com os problemas cruciais que nos atingem. Isso fica evidente na quantidade de atividades que visam mais aspecto social do que os conhecimentos técnicos de cada área.

Atendendo às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular, a BNCC, a quantidade de conteúdos formais foi substancialmente reduzida, ao passo que houve um aumento expressivo da contribuição de atividades individuais e em grupo. Desse modo, os estudantes terão mais motivação para explorar os aspectos abordados nos capítulos.

Nossa expectativa é que, ao perceber os esforços necessários para superar os desafios com os quais a humanidade se depara, os estudantes passem a valorizar a abordagem científica dos fenômenos naturais, utilizando-a para a compreensão da natureza e de nosso papel na trama da vida. Esperamos que se conscientizem de que apenas com a cooperação e a integração de todas as áreas do conhecimento será possível encontrar soluções globais para os problemas enfrentados hoje por nossa espécie. Como sabemos, muitos desses problemas devem-se ao fato de termos negligenciado a integração da humanidade com o planeta do qual fazemos parte. Sairemos mais sábios e mais fortes das crises que nós mesmos geramos e venceremos ao valorizar os conhecimentos que podemos obter na escola e que nos preparam para um futuro melhor. Contra as trevas da ignorância, só nos resta saber mais e compartilhar o conhecimento que vem sendo construído pelo esforço de tantas mulheres e homens dedicados à Ciência.

Aplicando conhecimentos

Atividades para verificação e assimilação de conceitos apresentados no capítulo.

Produzindo mídias digitais

Sugestões de como produzir e transmitir informações confiáveis por meio de algumas mídias digitais.

| Atividades finais | | Respostas aos questionários |
|-------------------|---|--|
| 1. | Analisar o gráfico e seguir que apresenta uma síntese do exemplo 2 a produzir, representando pelo eixo vertical a taxa de crescimento da biomassa, e pelo eixo horizontal o tempo. | 1) A taxa de sua população reduzida como consequência da diminuição da biomassa na primária responde ao que? a) aumento da taxa de crescimento b) taxa de sua produção primária, puro, ou efetiva c) taxa de crescimento da biomassa secundária d) taxa de crescimento da biomassa secundária e) taxa de caídas a elas sobre o segundo nível de produção |
| 2. | Observe as questões A, B e C e identifique a seguinte das com as cores e redigir a justificativa para cada questão: | A) A base da pirâmide representa a soma dos níveis de produção primária. Por que? b) O topo da pirâmide representa a soma dos níveis de produção secundária. Por que? c) Que representa a soma da base de A e B? |
| 3. | Analise a pirâmide de peso de vista da figura 10.10 e responda as seguintes questões: | 1) Analisando a pirâmide de peso de vista da figura 10.10, qual é a razão entre a biomassa primária e a biomassa secundária, se área em peso mera excesso de 10%? |
| 4. | No relatório de pesquisa, comparem-se os resultados obtidos no laboratório com os obtidos durante a observação de animais silvestres em suas florestas nativas e discutam a validade destes procedimentos respectivamente. | 2) Se o verde se exercitasse, qual seria a razão entre a biomassa primária e a biomassa secundária? |
| 5. | Analisando a pirâmide de peso de vista da figura 10.10, qual é a razão entre a biomassa secundária e a terciária, se a área excede 10%? | 3) Observe as páginas de gráficos em anexo e responda as seguintes questões, que elas representam: |
| 6. | (Prouj) No dia de surpresa de ontem, verificou-se a existência de um grande número de insetos de plantas para pregar-lhe, que por sua vez, eram devorados por insetos predadores, que eram devorados por insetos secundários e assim sucedia. | 1) O que ocorre de errado com a pirâmide de carbono na estrutura predadora a abaixo? a) a pirâmide é invertida b) a pirâmide é desequilibrada c) a qualidade nutricional dos alimentos pode desequilibrar a pirâmide de carbono d) a pirâmide de carbono é atromática e atrai garrinhas para o lado de dentro |
| 7. | Além disso, o inseto que devora insetos menores mata quase totalmente a espécie anterior, que é o inseto secundário. | 2) O que ocorre quando a pirâmide de carbono é invertida para cima? a) a pirâmide é invertida b) a pirâmide é desequilibrada c) a qualidade nutricional do grau de amadurecimento predatório é prejudicada de modo drástico |
| 8. | O resultado é que a pirâmide de carbono é invertida para cima. | 3) O que ocorre quando a pirâmide de carbono é invertida para baixo? a) a pirâmide é invertida b) a pirâmide é desequilibrada c) a qualidade nutricional do grau de amadurecimento predatório é prejudicada de modo drástico |

Atividades finais

Atividades autorais e dos principais vestibulares que englobam assuntos abordados ao longo do capítulo

Por dentro da BNCC

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento que apresenta as aprendizagens essenciais a que todos os estudantes do Brasil devem ter acesso durante a Educação Básica. Esses conhecimentos estão estruturados em competências gerais, específicas e habilidades. Na tabela apresentada nas páginas iniciais do livro, você pode conhecer as competências e habilidades que estão sendo mobilizadas no livro. Cada habilidade é identificada por um código alfanumérico cuja composição é a seguinte:

O primeiro parágrafo de números (13) indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do Ensino Médio, conforme definição dos currículos.

A segunda sequência de letras indica a área (três letras) ou o componente curricular (duas letras):
LGG = Linguagens e suas Tecnologias
LP = Língua Portuguesa
MAT = Matemática e suas Tecnologias
CNT = Ciências da Natureza e suas Tecnologias
CHS = Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Os números finais indicam a competência específica à qual se relaciona a habilidade (1º número) e a sua numeração no conjunto de habilidades relativas a cada competência (dois últimos números).

Vale destacar que o uso de numeração sequencial para identificar as habilidades não representa uma ordem ou hierarquia esperada das aprendizagens. Cabe aos sistemas e escolas definir a progressão das aprendizagens, em função de seus contextos locais.

E M 1 3 L G G 1 0 3

O primeiro par de
letras indica a etapa
de Ensino Médio

PRODUZINDO MÍDIAS DIGITAIS

| MENSAGEM | PÚBLICO-ALVO | PRODUÇÃO | INTERAÇÃO | FERRAMENTAS |
|---|---|---|--|--|
| O que eu quero comunicar? Pense no conteúdo que vai transmitir, no seu formato e nos meios pelos quais será divulgado, ou seja, na mídia. | Identifique quem vai ter contato com a sua publicação. Isso ajuda na escolha adequada da mídia. | Escolha a mídia, procure informações confiáveis, providencie autorizações para uso de sons, textos e imagens. | Faça uma publicação convidativa que chame a atenção. Saiba ouvir sugestões e aceitar críticas. | Prefira aplicativos gratuitos que tenham tutoriais disponíveis e sejam fáceis de usar. |



BLOGUE

É uma página *on-line* na qual os usuários podem trocar informações relacionadas com uma determinada área de interesse.

NELE PODEM SER PUBLICADOS



IMAGENS



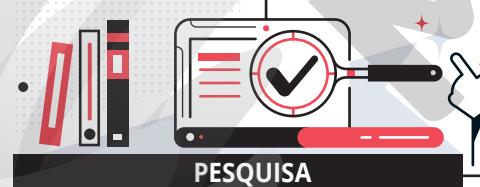
TEXTOS



ÁUDIO



VÍDEOS



- Busque informações sobre o assunto em fontes confiáveis, que tenham uma origem identificável (autor, instituição, grupo de pesquisa etc.) e sejam veiculadas por um meio de comunicação reconhecido e isento.
- Não copie o texto de outra pessoa. Copiar textos e ideias é o que se chama plágio, um procedimento eticamente inaceitável e ilícito. Busque por imagens com direito de uso livre, evitando assim utilizar imagens com direito de uso restrito. Isso também vale para vídeos e áudios.

Verifique a data da informação para usá-la adequadamente.



- O primeiro passo para iniciar os trabalhos é escolher o estilo de texto que será utilizado. Sinta-se livre para explorar as possibilidades, como:
 - dissertação;
 - reportagem;
 - poema;
 - entrevista.
- Crie um título chamativo, que deixe claro o assunto que será abordado. Faça uma contextualização do assunto e destaque o que considerar importante.

Com o texto pronto, peça que alguém faça uma leitura buscando apontar formas de deixá-lo melhor.



PODCAST *

É um arquivo digital de áudio, que tem como propósito compartilhar informações. Ele costuma ser transmitido através da internet.

ETAPAS DE PRODUÇÃO

- 1 Escolha o assunto que você irá abordar e dê enfoque às informações que façam sentido ao ouvinte.
- 2 Defina o formato do podcast (entrevista, debate, apresentação, entre outros).
- 3 Para deixar o podcast mais dinâmico e interessante, você pode convidar outras pessoas que entendam sobre o assunto!

Com essas definições, elabore um **roteiro** do que vai falar. Ele pode apresentar apenas os tópicos principais ou anotações mais detalhadas, como dados difíceis de memorizar.

DICAS DE GRAVAÇÃO

- Você pode gravar com o seu celular. Se possível, utilize também um microfone acoplado ao fone de ouvido. Escolha um local silencioso para obter um áudio sem ruídos.

Com o roteiro em mãos, treine tudo o que você pretende falar. Isso vai ajudá-lo a se expressar com fluidez e segurança. Você pode gravar um áudio prévio durante esse treinamento.

*Podcast é uma junção de *pod*, do inglês “personal on demand” (de demanda pessoal), com *cast*, de “broadcast” (radiodifusão).

EDIÇÃO

- Utilize aplicativos ou programas para a edição. Elimine ruídos, regule o volume das vozes e inclua efeitos e trilhas sonoras.

PUBLICAÇÃO

Existem plataformas específicas para a hospedagem de blogues, áudios e vídeos, sendo muitas delas gratuitas. Informe-se a respeito. Para usar a plataforma, crie uma conta com um endereço de e-mail ativo e efetue seu cadastro. Compartilhe sua publicação!

VÍDEO

Permite compartilhar informações por meio da gravação e da reprodução de imagens que podem estar acompanhadas de sons.

ETAPAS DE PRODUÇÃO

- 1 Escolha o tema para apresentar.
- 2 Pesquise sobre o assunto a ser abordado.
- 3 Produza um roteiro, isso pode tornar o seu vídeo mais organizado.

Crie uma identidade visual, o que facilita o reconhecimento de seu vídeo.

DICAS DE GRAVAÇÃO

- Defina o cenário e fique atento à iluminação e aos ruídos do local.
- Escolha o equipamento para a captação de áudio e imagem. É possível produzir um vídeo com qualidade de som e imagem com um celular e iluminação natural.
- Durante a gravação, se errar, continue gravando; erros podem ser retirados durante a edição.

Um segundo celular pode ser utilizado para captar o som.

EDIÇÃO

- Utilize aplicativos ou programas de computador para a edição de seus vídeos.
- Você pode incluir efeitos visuais e trilhas sonoras.

Você pode optar por utilizar trilhas sonoras gratuitas.



Sumário

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | Energia | 13 |
| 1. | As várias formas de energia | 14 |
| 2. | Trabalho de uma força | 15 |
| 3. | Trabalho e energia | 17 |
| | Energia cinética, 17 | |
| | Energia potencial gravitacional, 19 | |
| | Energia potencial elástica, 20 | |
| 4. | O princípio da conservação de energia | 20 |
| 5. | Energia mecânica | 21 |
| 6. | Potência | 22 |
| | Atividades finais | 23 |
| CAPÍTULO 2 | Metabolismo energético | 25 |
| 1. | Energia para a vida | 26 |
| | ATP, a "moeda energética" do mundo vivo, 26 | |
| 2. | Fotossíntese | 27 |
| | Ciclo das pentoses e a síntese de glicídios, 29 | |
| 3. | Quimiossíntese | 30 |
| 4. | Respiração aeróbica | 30 |
| | Glicólise, 31 | |
| | Ciclo de Krebs, ou ciclo do ácido cítrico, 31 | |
| | Fosforilação oxidativa, 32 | |
| 5. | Fermentação | 33 |
| | A importância da fermentação para a humanidade, 34 | |
| | Atividades finais | 35 |
| CAPÍTULO 3 | Quantidade de matéria e mol | 37 |
| 1. | Massa atômica | 38 |
| 2. | Mol e constante de Avogadro | 40 |
| 3. | Massa molar e quantidade de matéria | 41 |
| 4. | Porcentagem em massa de um elemento | 43 |
| 5. | Concentração em quantidade de matéria | 44 |
| | Atividades finais | 46 |
| CAPÍTULO 4 | Energia térmica | 47 |
| 1. | Teoria cinética da matéria | 48 |
| 2. | Estados físicos da matéria | 48 |
| 3. | Temperatura e suas escalas | 49 |
| 4. | Calor: energia térmica em trânsito | 51 |
| | O experimento de Joule, 51 | |
| | As unidades de medida de calor, 51 | |
| 5. | Energia para a vida e energia dos alimentos | 52 |
| 6. | Curvas de aquecimento e de resfriamento | 52 |
| 7. | Ciclo da água | 54 |
| 8. | Trocas de calor | 55 |
| | Atividades finais | 59 |
| | Capacidade térmica de um corpo, 55 | |
| | Calor específico sensível de um material, 56 | |
| | Quantidade de calor trocada e quantidade de calor sensível, 57 | |
| | Trocas de calor nas mudanças de estado: calor latente, 57 | |
| 9. | Princípio geral das trocas de calor | 58 |
| | Atividades finais | 59 |
| CAPÍTULO 5 | Transmissão de calor | 60 |
| 1. | Introdução | 61 |
| 2. | Fluxo de calor | 61 |
| 3. | Condução térmica | 61 |
| 4. | Convecção térmica | 63 |
| | Inversão térmica, 64 | |
| 5. | Irradiação térmica | 66 |
| | A estufa de plantas e o efeito estufa, 67 | |
| | Garrafa térmica, 67 | |
| | Aquecimento da água por energia solar, 68 | |
| | Atividades finais | 69 |
| CAPÍTULO 6 | Proporção nas reações químicas: estequioimetria | 70 |
| 1. | Relações estequiométricas fundamentais | 71 |
| 2. | Reações sucessivas, pureza e rendimento | 74 |
| 3. | Cálculos estequiométricos com solutos | 77 |
| | Atividades finais | 80 |
| CAPÍTULO 7 | Fluxo de energia e ciclos da matéria na natureza | 81 |
| 1. | Energia para a vida | 82 |
| 2. | Transferências de energia entre seres vivos | 83 |
| | Teias e cadeias alimentares, 83 | |
| | Dissipação de energia na teia alimentar, 85 | |
| | Pirâmides de biomassa e de energia, 85 | |
| | Pirâmides de números, 86 | |
| | O conceito de produtividade, 86 | |
| 3. | Ciclos biogeoquímicos | 87 |
| | O ciclo da água (ciclo hidrológico), 88 | |
| | O ciclo do carbono, 89 | |
| | O ciclo do nitrogênio, 91 | |
| | Atividades finais | 92 |
| CAPÍTULO 8 | Fisiologia humana: digestão, respiração, circulação do sangue e excreção | 93 |
| 1. | A nutrição humana | 94 |
| | O sistema digestório e suas funções, 94 | |
| 2. | Respiração | 96 |

| | |
|--|-----|
| 3. Sistema cardiovascular e circulação do sangue e da linfa | 97 |
| Vasos sanguíneos, 98 | |
| O sangue, 99 | |
| Circulação linfática, 101 | |
| 4. Sistema urinário | 102 |
| Estrutura do rim e função renal, 102 | |
| Atividades finais | 104 |

CAPÍTULO 9 Termoquímica, petróleo e combustíveis 105

| | |
|---|-----|
| 1. Processos: exotérmicos e endotérmicos | 106 |
| 2. Variação de entalpia-padrão e lei de Hess | 108 |
| 3. Entalpia-padrão de combustão | 109 |
| 4. Petróleo | 110 |
| 5. Entalpia-padrão de formação | 113 |
| 6. Entalpia média de ligação | 114 |
| Atividades finais | 117 |

CAPÍTULO 10 Cinética química 118

| | |
|---|-----|
| 1. Rapidez média de consumo ou de formação | 119 |
| 2. Concentração e rapidez de reação | 120 |
| 3. Temperatura e rapidez de reação | 121 |
| 4. Superfície de contato e rapidez de reação | 122 |
| 5. Mecanismo de reação | 124 |
| 6. Catalisador e rapidez de reação | 125 |
| 7. Destrução da camada de ozônio | 126 |
| 8. Cinética química e conservação de alimentos | 128 |
| Atividades finais | 130 |

CAPÍTULO 11 Energia hoje e amanhã 131

| | |
|--|-----|
| 1. Introdução | 132 |
| 2. Energia no Brasil | 132 |
| 3. Economizando energia | 133 |
| Petróleo e seus derivados, 134 | |
| Eletricidade, 135 | |
| 4. Fontes alternativas de energia | 138 |
| Energia solar, 138 | |
| Energia eólica, 140 | |
| Energia da biomassa, 141 | |
| Atividades finais | 142 |

CAPÍTULO 12 Integração e controle do corpo humano 144

| | |
|--|-----|
| 1. O sistema nervoso | 145 |
| Sistema nervoso central, 146 | |
| Sistema nervoso periférico, 147 | |
| 2. Os sentidos | 148 |
| Paladar e olfato, 148 | |
| Audição e equilíbrio, 149 | |
| Visão, 150 | |
| 3. O sistema endócrino | 151 |
| Hipófise, 151 | |
| Glândula tireoide, 152 | |
| Glândulas paratireoides, 152 | |
| Pâncreas, 153 | |
| Glândulas adrenais, 153 | |
| Gônadas, 154 | |
| Atividades finais | 155 |
| Ampliando os conhecimentos | 156 |
| Tabela periódica dos elementos (IUPAC) | 158 |
| Referências bibliográficas | 159 |





Por dentro da BNCC

OBJETIVOS, JUSTIFICATIVAS, COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC TRABALHADAS NO VOLUME

Esse volume tem como tema algumas das relações entre matéria e energia. Seu objetivo é mostrar aspectos que envolvem transformações de energia, bem como suas aplicações e impactos, mobilizando conteúdos para trabalhar habilidades e competências da BNCC (Base Nacional Comum Curricular). A justificativa para esse volume se dá pela importância de entender aspectos da matéria e suas transformações para compreender propriedades de materiais, processos industriais e tecnológicos, impactos ambientais e características de produtos. Competências e habilidades que envolvem energia e suas aplicações permitem compreender e contextualizar aspectos de alimentação, fisiologia humana, impactos ambientais, matriz energética, transformações químicas e diversos processos cotidianos.

| COMPETÊNCIA GERAL | CAPÍTULO(S) |
|--|-------------------|
| 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. | 1, 2, 4, 5, 8, 11 |
| 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. | 1, 2, 5, 11 |
| 3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural. | 7 |
| 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. | 8 |
| 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. | 6, 12 |
| 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. | 5, 7, 9, 11 |
| 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 autocritica e capacidade para lidar com elas. | 7, 8, 12 |
| 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. | 2 |

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1

CAPÍTULO(S)

| | |
|--|-----------------------------|
| Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. | |
| EM13CNT101: Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11 |

| | |
|---|-------|
| 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. | 5, 10 |
|---|-------|

| | |
|---|----|
| EM13CNT104: Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. | 10 |
|---|----|

| | |
|--|-----------------|
| 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. | 2, 3, 7, 10, 11 |
|--|-----------------|

| | |
|---|------|
| EM13CNT106: Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais. | 1, 5 |
|---|------|

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2

CAPÍTULO(S)

| | |
|---|--|
| Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. | |
|---|--|

| | |
|---|---|
| EM13CNT201: Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente. | 2 |
|---|---|

| | |
|--|----------------|
| 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). | 2, 4, 7, 8, 12 |
|--|----------------|

| | |
|--|-----------------|
| 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). | 2, 3, 7, 10, 11 |
|--|-----------------|

| | |
|--|-------|
| 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. | 4, 10 |
|--|-------|

Continuação

| | |
|---|--------------------------|
| 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. | 7, 11 |
| EM13CNT207: Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar. | 7, 8, 9, 10 |
| EM13CNT208: Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana. | 9 |
| 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). | CAPÍTULO(S) |
| 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. | 2, 3, 4, 6, 9, 10, 12 |
| 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. | 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12 |
| 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. | 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 12 |
| EM13CNT304: Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista. | 10 |
| EM13CNT305: Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade. | 10 |
| 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. | 10 |
| 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. | 9, 10, 11 |
| EM13CNT308: Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais. | 3, 6, 9 |
| 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. | 2, 7, 9, 11 |
| EM13CNT310: Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população. | 10, 11 |

CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS

| | |
|---|------------|
| 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. | |
| EM13CHS102: Identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais (etnocentrismo, racismo, evolução, modernidade, cooperativismo/desenvolvimento etc.), avaliando criticamente seu significado histórico e comparando-as a narrativas que contemplem outros agentes e discursos. | 1, 4, 5, 8 |
| 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). | 2 |
| EM13CHS104: Analisar objetos e vestígios da cultura material e imaterial de modo a identificar conhecimentos, valores, crenças e práticas que caracterizam a identidade e a diversidade cultural de diferentes sociedades inseridas no tempo e no espaço. | 5, 7 |
| EM13CHS106: Utilizar as linguagens cartográfica, gráfica e iconográfica, diferentes gêneros textuais e 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 difundir informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. | 4, 11 |
| Competência específica 2: Analisar a formação de territórios e fronteiras em diferentes tempos e espaços, mediante a compreensão das relações de poder que determinam as territorialidades e o papel geopolítico dos Estados-nações. | |
| EM13CHS202: Analisar e avaliar os impactos das tecnologias na estruturação e nas dinâmicas de grupos, povos e sociedades contemporâneos (fluxos populacionais, financeiros, de mercadorias, de informações, de valores éticos e culturais etc.), bem como suas interferências nas decisões políticas, sociais, ambientais, econômicas e culturais. | 11 |
| 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. | |

Continuação

| | |
|---|------|
| EM13CHS301: Problematizar hábitos e práticas individuais e coletivos de produção, reaproveitamento e descarte de resíduos em metrópoles, áreas urbanas e rurais, e comunidades com diferentes características socioeconômicas, e elaborar e/ou selecionar propostas de ação que promovam a sustentabilidade socioambiental, o combate à poluição sistêmica e o consumo responsável. | 11 |
| EM13CHS302: Analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias em diferentes ambientes e escalas de análise, considerando o modo de vida das populações locais – entre elas as indígenas, quilombolas e demais comunidades tradicionais –, suas práticas agroextrativistas e o compromisso com a sustentabilidade. | 1, 5 |
| 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. | 11 |
| 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. | 5, 7 |
| EM13CHS305: Analisar e discutir o papel e as competências legais dos organismos nacionais e internacionais de regulação, controle e fiscalização ambiental e dos acordos internacionais para a promoção e a garantia de práticas ambientais sustentáveis. | 5 |
| Competência específica 4: Analisar as relações de produção, capital e trabalho em diferentes territórios, contextos e culturas, discutindo o papel dessas relações na construção, consolidação e transformação das sociedades. | |
| EM13CHS402: Analisar e comparar indicadores de emprego, trabalho e renda em diferentes espaços, escalas e tempos, associando-os a processos de estratificação e desigualdade socioeconômica. | 4 |
| EM13CHS403: Caracterizar e analisar os impactos das transformações tecnológicas nas relações sociais e de trabalho próprias da contemporaneidade, promovendo ações voltadas à superação das desigualdades sociais, da opressão e da violação dos Direitos Humanos. | 6 |
| Competência específica 5: Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos. | |
| EM13CHS502: Analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, e identificar ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais. | 10 |
| EM13CHS503: Identificar diversas formas de violência (física, simbólica, psicológica etc.), suas principais vítimas, suas causas sociais, psicológicas e afetivas, seus significados e usos políticos, sociais e culturais, discutindo e avaliando mecanismos para combatê-las, com base em argumentos éticos. | 10 |

LINGUAGENS E SUAS TECNOLOGIAS

| | |
|---|---------|
| Competência específica 3: Utilizar diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais) para exercer, com autonomia e colaboração, protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva, de forma crítica, criativa, ética e solidária, defendendo pontos de vista que respeitem o outro e promovam os Direitos Humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável, em âmbito local, regional e global. | |
| EM13LGG303: Debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, para formular, negociar e sustentar posições, frente à análise de perspectivas distintas. | 7, 11 |
| EM13LGG304: Formular propostas, intervir e tomar decisões que levem em conta o bem comum e os Direitos Humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global. | 11 |
| EM13LGG305: Mapear e criar, por meio de práticas de linguagem, possibilidades de atuação social, política, artística e cultural para enfrentar desafios contemporâneos, discutindo princípios e objetivos dessa atuação de maneira crítica, criativa, solidária e ética. | 4, 5 |
| Competência específica 7: Mobilizar práticas de linguagem no universo digital, considerando as dimensões técnicas, críticas, criativas, éticas e estéticas, para expandir as formas de produzir sentidos, de engajar-se em práticas autorais e coletivas, e de aprender a aprender nos campos da ciência, cultura, trabalho, informação e vida pessoal e coletiva. | |
| EM13LGG703: Utilizar diferentes linguagens, mídias e ferramentas digitais em processos de produção coletiva, colaborativa e projetos autorais em ambientes digitais. | 4 |
| EM13LGG704: Apropriar-se criticamente de processos de pesquisa e busca de informação, por meio de ferramentas e dos novos formatos de produção e distribuição do conhecimento na cultura de rede. | 1, 4, 5 |

MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS

| | |
|--|-------|
| Competência específica 1: Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral. | |
| EM13MAT101: Interpretar criticamente situações econômicas, sociais e fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação, com ou sem apoio de tecnologias digitais. | 4 |
| EM13MAT104: Interpretar taxas e índices de natureza socioeconômica (índice de desenvolvimento humano, taxas de inflação, entre outros), investigando os processos de cálculo desses números, para analisar criticamente a realidade e produzir argumentos. | 4, 11 |
| Competência específica 3: Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente. | |
| EM13MAT307: Empregar diferentes métodos para a obtenção da medida da área de uma superfície (reconfigurações, aproximação por cortes etc.) e deduzir expressões de cálculo para aplicá-las em situações reais (como o remanejamento e a distribuição de plantações, entre outros), com ou sem apoio de tecnologias digitais. | 1 |

LUCAS OLENIK/TORONTO STAR/GETTY IMAGES

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



O estudo sobre diferentes formas de energia ajuda na busca por soluções de problemas cotidianos.

Desde os primeiros anos escolares aprendemos que a energia solar, principal fonte de energia do planeta, é o que possibilita a manutenção da vida na Terra. Ao longo da história da humanidade, nossa espécie, com base na observação das diferentes manifestações de energia da natureza, aprendeu a usá-las em benefício próprio. Inúmeros são os exemplos de aplicação da energia que marcaram civilizações e revoluções e contribuíram para o desenvolvimento humano, científico, econômico e tecnológico.

Mas o desenvolvimento tecnológico que resultou no aproveitamento das diversas fontes de energia não resolveu os problemas relacionados à demanda de energia. Nem todas as pessoas têm acesso às tecnologias para explorar as fontes de energia. Entretanto, um caso no continente africano revela que o interesse pela pesquisa e a persistência de um adolescente ajudaram a encontrar soluções para as questões energéticas locais.

No início dos anos 2000, houve uma seca severa no Malawi, país do sudeste africano, que gerou escassez de alimentos, pois a agricultura local não conseguia produzir o suficiente. O malauiano William Kamkwamba, à época com 14 anos, não tinha recursos financeiros para continuar frequentando a escola, então resolveu estudar sozinho. Em livros que conseguia na biblioteca da escola, ele começou a entender o funcionamento de geradores elétricos, o que o fez vislumbrar a possibilidade de ajudar o pai e a comunidade construindo um sistema de irrigação, além de obter energia elétrica.

Com peças garimpadas do lixo das casas da comunidade, William aplicou o que havia aprendido construindo um moinho gerador de eletricidade. Com a ajuda de um dinâmo de bicicleta, conseguiu produzir eletricidade suficiente para acender uma lâmpada. Depois, com algumas peças a mais, conseguiu produzir energia para carregar os telefones celulares dos moradores da comunidade em que vivia. Resolvido o problema da falta de eletricidade, William construiu outro moinho, dessa vez para bombear água e irrigar a plantação da família.

A energia está presente no mundo e em tudo o que fazemos. Cabe a nós, como cidadãos, compreendê-la e utilizá-la de forma consciente para propor soluções aos problemas que nos rodeiam e promover o diálogo com os órgãos ou serviços responsáveis para a implementação de melhorias em sua distribuição. Este capítulo apresenta as várias formas de energia, as diferentes formas da energia mecânica, conceitua trabalho e potência e explica como a energia se conserva.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT106
- EM13CNT303
- EM13CHS102
- EM13CHS302
- EM13LGG704
- EM13MAT307

1. As várias formas de energia

Nossas ideias a respeito de energia são baseadas em experiências do nosso dia a dia. O assunto é tratado com frequência cada vez maior nos jornais, nas revistas, no rádio, na televisão e na internet, que, muitas vezes, divulgam informações sobre o custo da energia e a necessidade de economizá-la.

Um antigo anúncio publicitário de um fabricante de açúcar dizia: “Açúcar é energia!”. De fato, uma alimentação adequada fornece ao nosso corpo a energia necessária para nos manter vivos e executarmos as tarefas diárias, e é um fator bastante estudado, por exemplo, para a preparação do treinamento de um atleta (Fig. 1).

Assim como as pessoas, os objetos em geral também podem armazenar energia.

Uma mola comprimida armazena energia e, ao ser distendida, pode colocar um corpo em movimento (Fig. 2).

WILLIAM VOLCOV/BRAZIL PHOTO PRESS



Figura 1 Uma alimentação saudável e energeticamente adequada é um componente importante no treinamento de um atleta. Ginástica artística durante os Jogos Panamericanos, Toronto, Canadá, 2015.

KATE CONNELLY/PHOTOGRAPHERS CHOICE/GETTY IMAGES



Figura 2 O garoto é impulsionado para cima pela energia que estava armazenada na mola.

A água em movimento pode acionar uma roda-d’água, e esta, por sua vez, pode mover uma moenda para moer grãos (Fig. 3).

Um carro utiliza a energia do combustível para se mover. Atualmente, a gasolina, o álcool e o gás natural são os combustíveis mais comuns, mas já existem carros movidos a eletricidade, que utilizam a energia química armazenada em baterias para se movimentar (Fig. 4).

JUSTIN WILSON/VEER/GETTY IMAGES



Figura 3 Roda-d’água.

MIKE FLIPP/SHUTTERSTOCK



Figura 4 Um carro elétrico utiliza a energia armazenada em baterias para se movimentar.

A queima de gás de cozinha, ou de lenha, libera energia para preparar e aquecer as refeições.

A energia elétrica permite o funcionamento de eletrodomésticos e de outros aparelhos que auxiliam na realização de várias tarefas.

A luz solar aquece os corpos e é essencial para o desenvolvimento de diversos seres vivos. O Sol fornece à Terra energia sob a forma de radiação. Essa energia pode ser captada em coletores especiais e aproveitada para aquecer água ou para acionar equipamentos elétricos.

Mas, afinal, o que é energia?

Apesar de ser um dos conceitos mais abrangentes e relevantes em todas as áreas das ciências, a energia começou a atrair a atenção dos cientistas apenas no final do século XVIII; por volta de 1850, sua existência ainda era motivo de debates.

Podemos afirmar que o Universo, e tudo o que existe nele, é uma combinação de matéria e energia.

A matéria é constituída de átomos e moléculas, possui massa e ocupa determinado volume no espaço; logo, percebemos sua presença. Entretanto, isso não ocorre com a maioria das formas de energia. Percebemos seus efeitos apenas nos corpos que a liberam ou a absorvem.

Apesar de reconhecermos formas de energia, é difícil conceituá-la, pois ela sempre está relacionada a um processo. Pessoas, objetos e lugares possuem energia, mas geralmente só notamos sua presença em processos de transferência ou de transformação.

De forma simplificada, podemos afirmar que um corpo possui energia se é capaz de provocar uma mudança em si mesmo ou em sua vizinhança.

Neste capítulo e nos próximos, vamos analisar as várias formas em que a energia pode se apresentar, aprender a calculá-la e ver como essas diferentes formas se relacionam entre si.

Atividade prática

 Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Na montagem mostrada na figura a seguir, você poderá comprovar a transformação de energia de um tipo em outro e sua posterior transferência de um corpo para outro, provocando uma mudança de estado nesse corpo.

Você precisará dos seguintes materiais:

- uma bolinha de aço;
- duas régulas de plástico de 30 cm;
- peças de dominó;
- dois livros;
- uma superfície plana e horizontal (uma mesa, por exemplo).

Inicie a montagem do experimento enfileirando as peças de dominó sobre a mesa, como mostra a figura, uma na frente da outra, apoiadas sobre a face de menor área. Posicione um livro, alinhado com as peças de dominó, e disponha as duas régulas para que formem um trilho na direção dos dominós. Coloque a bolinha de aço em repouso no alto do trilho formado pelas régulas e solte-a.



Repita o experimento, mas desta vez apoie as régulas sobre os dois livros empilhados. O que mudou, em comparação com a primeira montagem?

Qual é a condição para que a peça de dominó mais afastada do(s) livro(s) sofra uma mudança de estado?

ADILSON SECCO



Figura 5 A realização de trabalho exige a aplicação de uma força e um deslocamento.

ADILSON SECCO

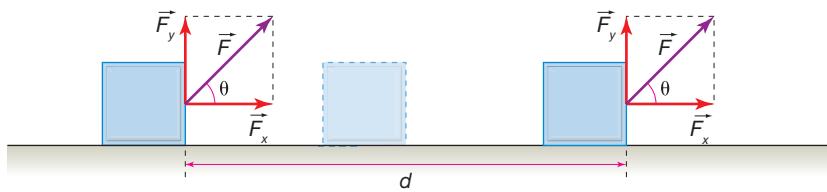


Figura 6 Representação esquemática da força \vec{F} , que realiza trabalho.

Analiticamente, temos:

$$\mathcal{Z}_F = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

Mas $F \cdot \cos \theta = F_x$, então:

$$\mathcal{Z}_F = F_x \cdot d$$

Se a componente \vec{F}_x tiver o mesmo sentido do deslocamento, o trabalho será positivo (**trabalho motor**) e ela transferirá energia ao sistema; se \vec{F}_x tiver sentido oposto ao do deslocamento, o trabalho será negativo (**trabalho resistente**) e ela retirará energia do sistema.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), o trabalho é medido em **joule (J)**, unidade que homenageia o cientista inglês James Prescott Joule (1818-1889). Note que 1 joule é o trabalho realizado por uma força de 1 newton atuando por uma distância de 1 metro na direção e no sentido da força, isto é:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

De acordo com a definição anterior, o trabalho da força que o homem andando com velocidade constante da figura 7 aplica sobre a maleta para deslocá-la na horizontal é nulo, pois a força é vertical e perpendicular à direção do movimento, em outras palavras, a componente horizontal da força é nula.

A expressão para o cálculo do trabalho é aplicável apenas quando a força \vec{F} é constante, isto é, quando a força tem módulo, direção e sentido constantes.

Para uma força com direção constante e módulo variável, o trabalho deve ser calculado com base no gráfico de F_x em função de d . No gráfico $F_x \times d$, o trabalho \mathcal{Z} é numericamente igual à área abaixo da curva (Fig. 8). Então:

$$\mathcal{Z}_F \stackrel{N}{=} \text{área sob a curva } F_x \cdot d$$

Vamos aplicar essa teoria a um exemplo simples, porém fundamental para o prosseguimento de nosso estudo.



Figura 7 A força aplicada pelo homem à maleta não realiza trabalho ao longo do deslocamento da maleta.

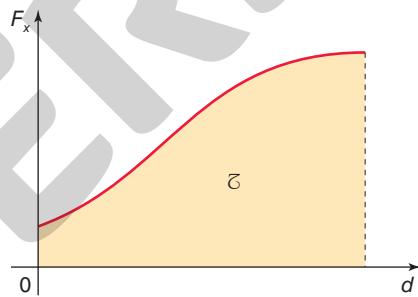


Figura 8 Gráfico $F_x \times d$.

Um corpo com massa de 10 kg movimenta-se em um plano horizontal sob a ação de uma força resultante horizontal \vec{F} , de módulo constante, que lhe imprime uma aceleração de 2 m/s^2 . Determine o trabalho realizado por essa força em um deslocamento de 5 m, na mesma direção e sentido da força.

Resolução:

O trabalho realizado pela força constante é dado por: $\mathcal{Z}_F = F \cdot d \cdot \cos \theta$

Como conhecemos o deslocamento d (que tem o mesmo sentido da força), para o cálculo do trabalho \mathcal{Z} devemos, antes, calcular a intensidade da força \vec{F} .

Pelo princípio fundamental da Dinâmica, temos: $F = m \cdot a = 10 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2 \Rightarrow F = 20 \text{ N}$

Portanto: $\mathcal{Z}_F = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ = 20 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} \cdot 1 \Rightarrow \mathcal{Z}_F = 100 \text{ J}$

Assim, durante o deslocamento $d = 5 \text{ m}$, a força $F = 20 \text{ N}$ transfere ao corpo 100 J de energia.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Com a Revolução Industrial, a máquina a vapor substituiu a força humana, do vento e da água, e as fábricas passaram a ser projetadas para a produção em massa de artigos manufaturados.

Com seus colegas de grupo, consulte o professor de História, sites, livros e encyclopédias para descobrir em que setores a máquina a vapor foi utilizada durante a Revolução Industrial e as consequências desse uso para a sociedade da época.

Na data agendada, os grupos deverão se reunir para trocar informações sobre a pesquisa que fizeram. Posteriormente, cada grupo apresentará um texto relatando os resultados obtidos.

3. Trabalho e energia

Como vimos na seção anterior, o trabalho realizado por uma força é uma medida da quantidade de energia que tal força transfere ou retira de um corpo ou de um sistema. Portanto, da mesma forma que o trabalho, a **energia** é uma **grandeza escalar** e, no SI, também é medida em **joule (J)**.

No caso de sistemas mecânicos, a energia pode assumir basicamente duas formas: a cinética e a potencial. A energia potencial pode ser dividida em dois tipos: gravitacional e elástica.

Energia cinética

A **energia cinética** está associada ao movimento de um corpo. Assim, um corpo em movimento, desenvolvendo determinada velocidade, tem energia cinética.

A quantidade de energia cinética desse corpo em movimento depende de sua massa e de sua velocidade. Um trem tem mais energia cinética que um carro, quando ambos se movem à mesma velocidade. Um carro movendo-se a 100 km/h tem mais energia cinética do que se estivesse a 40 km/h.

Analiticamente, a energia cinética E_C de um corpo com massa m , deslocando-se com velocidade v , é, por definição, dada por:

$$E_C = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Vamos agora aplicar a definição de energia cinética para fazer alguns cálculos rápidos.

Considere três corpos em movimento:

- I. Um atleta de massa 80 kg correndo a 10 m/s.
- II. Um projétil de massa 20 g deslocando-se a 300 m/s.
- III. Uma baleia-azul com massa de 40 t nadando a 5 m/s.

Coloque em ordem crescente a energia cinética de cada um desses corpos.

Resolução:

I. Para o atleta: $E_{C(\text{atleta})} = \frac{m_{\text{atleta}} \cdot v_{\text{atleta}}^2}{2} \Rightarrow E_{C(\text{atleta})} = \frac{80 \cdot 10^2}{2} \therefore E_{C(\text{atleta})} = 4.000 \text{ J}$

II. Para o projétil: $E_{C(\text{projétil})} = \frac{m_{\text{projétil}} \cdot v_{\text{projétil}}^2}{2} \Rightarrow E_{C(\text{projétil})} = \frac{0,020 \cdot 300^2}{2} \therefore E_{C(\text{projétil})} = 900 \text{ J}$

III. Para a baleia-azul: $E_{C(\text{baleia})} = \frac{m_{\text{baleia}} \cdot v_{\text{baleia}}^2}{2} \Rightarrow E_{C(\text{baleia})} = \frac{40.000 \cdot 5^2}{2} \therefore E_{C(\text{baleia})} = 500.000 \text{ J}$

Logo: $E_{C(\text{projétil})} < E_{C(\text{atleta})} < E_{C(\text{baleia})}$

Considere, então, um corpo com massa m transladando com velocidade de módulo v_1 que, a partir de determinado instante, fica sujeito a uma força resultante \vec{F} de mesma direção e de mesmo sentido da velocidade e que atua durante certo intervalo de tempo. Durante esse intervalo, o corpo, como uma caixa, sofre um deslocamento d e sua velocidade final, em módulo, é v_2 (Fig. 9).

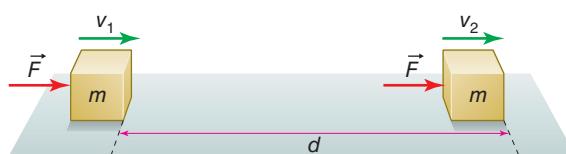


Figura 9 A caixa, sujeita à força resultante \vec{F} , sofre uma variação em sua energia cinética.

A ação da força resultante \vec{F} imprime ao corpo determinada aceleração, e isso provoca uma variação em sua velocidade. Em outras palavras, a energia cinética do corpo varia.

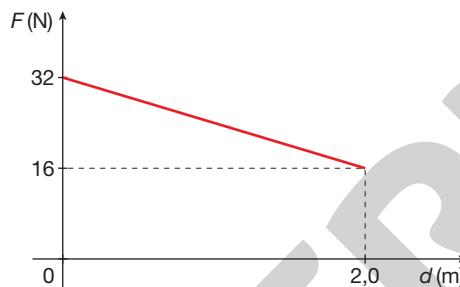
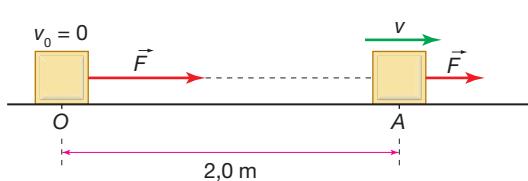
Pode-se demonstrar que a quantidade de energia transferida pela força resultante \vec{F} , ou seja, o trabalho da força resultante \vec{F} durante o deslocamento d , é igual à variação da energia cinética do corpo. Então:

$$\mathcal{E}_F = \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}$$

Tal resultado é conhecido como **teorema da energia cinética** ou **teorema trabalho-energia** e tem validade geral, podendo ser aplicado mesmo quando a intensidade da força resultante não é constante.

Como exemplo de aplicação dessa teoria, acompanhe a resolução do exercício a seguir.

Um pequeno bloco de massa 1,0 kg, partindo do repouso de um ponto O , é arrastado ao longo de um plano horizontal por ação de uma força \vec{F} , cuja intensidade varia de acordo com o gráfico abaixo.



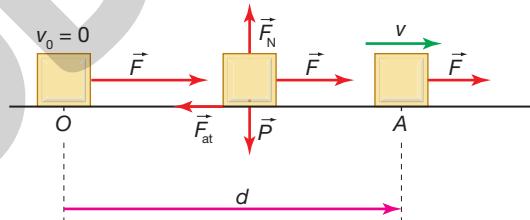
Durante todo o movimento, a força de atrito entre o bloco e o plano tem intensidade 8,0 N.

- Determine o trabalho da força resultante que age no bloco depois de se deslocar até o ponto A , distante 2,0 m de O .
- Qual é a velocidade do bloco ao atingir o ponto A ?

Resolução:

- A figura mostra as forças que agem no bloco de massa 1,0 kg: a força \vec{F} com que o bloco é puxado, o peso \vec{P} , a reação normal de apoio \vec{F}_N e a força de atrito \vec{F}_{at} .

O trabalho da força resultante pode ser obtido pela soma algébrica dos trabalhos de cada uma das forças que atuam no bloco. Ou seja:



$$\mathcal{E}_{res} = \mathcal{E}_P + \mathcal{E}_{F_N} + \mathcal{E}_{F_{at}} + \mathcal{E}_F$$

Vamos calcular, então, o trabalho de cada uma dessas forças.

$\mathcal{E}_P = 0$ e $\mathcal{E}_{F_N} = 0$, pois \vec{P} e \vec{F}_N são perpendiculares ao deslocamento do bloco.

$\mathcal{E}_{F_{at}} = -F_{at} \cdot d \Rightarrow \mathcal{E}_{F_{at}} = -8,0 \cdot 2,0 \therefore \mathcal{E}_{F_{at}} = -16 \text{ J}$ (trabalho resistente, pois a força de atrito se opõe ao deslocamento do bloco)

$\mathcal{E}_F = \frac{\text{área do trapézio}}{2} \Rightarrow \mathcal{E}_F = \frac{32 + 16}{2} \cdot 2,0 \therefore \mathcal{E}_F = 48 \text{ J}$ (calculado numericamente por meio da área sob a curva do gráfico, pois a força tem intensidade variável)

Assim, o trabalho da força resultante é dado por:

$$\mathcal{E}_{res} = 0 + 0 - 16 \text{ J} + 48 \text{ J} \Rightarrow \mathcal{E}_{res} = 32 \text{ J}$$

- De acordo com o teorema da energia cinética, temos:

$$\mathcal{E}_{res} = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

Como o corpo partiu do repouso ($v_0 = 0$), sua energia cinética inicial é nula. Então:

$$\mathcal{E}_{res} = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow 32 = \frac{1,0 \cdot v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 64 \therefore v = 8 \text{ m/s}$$

Energia potencial gravitacional

Consideremos um corpo de peso P a certa altura do solo. Se tal corpo for abandonado a partir do repouso, cairá, e sua velocidade aumentará gradativamente. Em outras palavras, à medida que o corpo cai, sua energia cinética aumenta.

Mas de onde estará vindo tal energia? Que força terá transferido essa energia para o corpo?

Note que, desprezada a resistência do ar, a única força que age no corpo é seu peso P . Logo, a energia cinética que o corpo possui em determinado instante foi-lhe transferida pelo peso P . Ou seja, o peso do corpo realizou um trabalho.

Essa energia, relacionada com a posição inicial do corpo e que se transformou em energia cinética, é denominada **energia potencial gravitacional**.

De modo genérico, podemos dizer que a energia potencial de um corpo consiste na energia potencial gravitacional “armazenada” inicialmente nele.

Consideremos, por exemplo, uma bolinha de tênis em repouso sobre uma mesa colocada em uma sala no segundo andar de um edifício (Fig. 10).

Note que a bolinha pode, partindo da posição inicial apresentada, atingir níveis diferentes e com velocidades finais diferentes.

A energia potencial gravitacional de um corpo, em dada posição, é sempre medida com relação a um nível de referência, no qual a energia potencial gravitacional do corpo é nula e calculada por:

$$E_{P(\text{grav})} = m \cdot g \cdot h$$

Nessa expressão, h é o desnível vertical entre a posição do corpo e o nível de referência considerado.

No exemplo apresentado (Fig. 10), a energia potencial gravitacional inicial da bolinha de tênis pode ser calculada com relação a diferentes níveis (Fig. 11):

$$E_{P(\text{grav})} = 0 \text{ (em relação ao teto da mesa);}$$

$$E_{P(\text{grav})} = m \cdot g \cdot h_1 \text{ (em relação ao piso do 2º andar);}$$

$$E_{P(\text{grav})} = m \cdot g \cdot h_2 \text{ (em relação ao piso do 1º andar);}$$

$$E_{P(\text{grav})} = m \cdot g \cdot h_3 \text{ (em relação ao piso do térreo);}$$

$$E_{P(\text{grav})} = m \cdot g \cdot h_4 \text{ (em relação ao piso da cavidade).}$$

No SI, a massa m é medida em kg, a aceleração g , em m/s^2 , o desnível h , em m e a energia potencial gravitacional $E_{P(\text{grav})}$, em J.

Vamos aplicar o conceito de energia potencial gravitacional a um exemplo.

Considere um carro movendo-se a 108 km/h, equivalente a 30 m/s. Se esse carro colidir com uma barreira, o impacto da batida será correspondente à queda de uma determinada altura, ou seja, convertendo a energia cinética do automóvel em energia potencial gravitacional, de que altura seria a queda em relação ao solo mantendo a velocidade de 108 km/h (30 m/s)? Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Resolução:

A condição que devemos impor é: $E_{P(\text{grav})} = E_C$

$$\text{Então: } m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow 10 \cdot h = \frac{30^2}{2} \Rightarrow h = \frac{900}{20} \therefore h = 45 \text{ m}$$

Portanto, o carro terá energia potencial gravitacional igual à energia cinética, enquanto se mover a 30 m/s, e a queda será correspondente a 45 m de altura em relação ao solo.

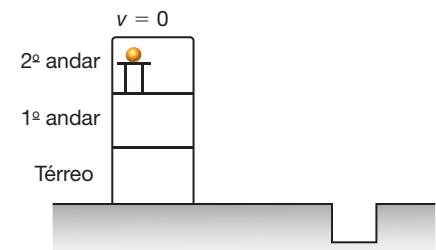


Figura 10 A bolinha de tênis possui energia potencial gravitacional?

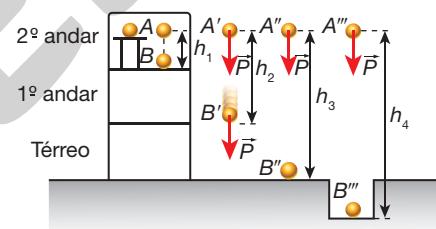


Figura 11 Quanto maior for a altura h de queda, maior será a energia cinética final da bolinha.

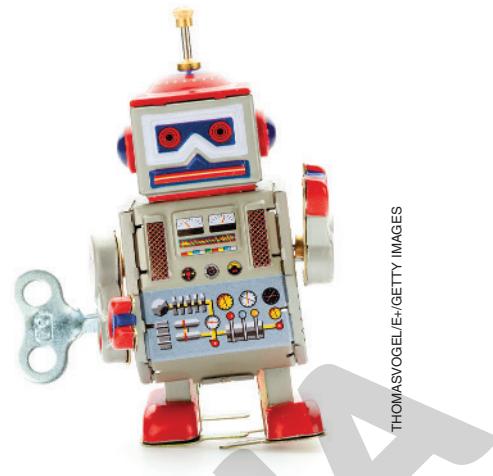
Energia potencial elástica

Corpos que deformam e retornam ao seu aspecto inicial, como molas, elásticos e barras ou arcos, também “armazenam” energia, que pode, eventualmente, se transformar em energia cinética. Nesses casos, dizemos que o corpo apresenta **energia potencial elástica** [$E_{P(\text{elást})}$]. A energia potencial elástica armazenada em uma mola deformada é calculada pela definição:

$$E_{P(\text{elást})} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Nessa expressão, k é a constante elástica da mola, medida no SI em N/m, x é a deformação em m e $E_{P(\text{elást})}$ a energia potencial elástica em joule (J).

Quando você dá corda em um brinquedo, a energia que despende fica, em parte, armazenada em uma mola na forma de energia potencial elástica. Quando a mola é liberada, a energia potencial elástica armazenada se transforma em energia cinética do brinquedo (Fig. 12).



THOMASVOGEL/E+/GETTY IMAGES

Figura 12 Robô de brinquedo movido a corda.

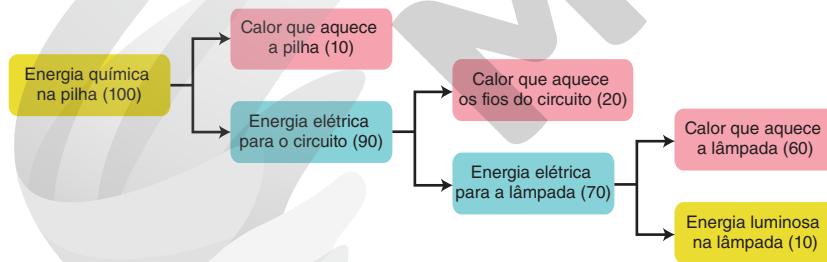
4. O princípio da conservação de energia

Há muito tempo, os cientistas perceberam que a quantidade de energia de um sistema isolado é uma grandeza invariável. A energia não pode ser criada nem destruída; pode apenas ser convertida em outra forma de energia.

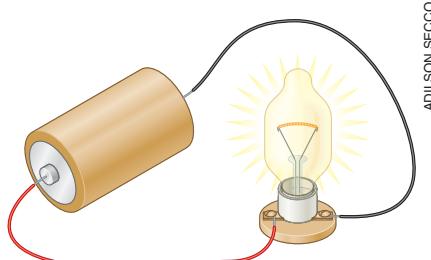
Em uma queima de fogos de artifício, podemos observar a conversão da energia química dos componentes do artefato em energia cinética e energia luminosa dos estilhaços.

O exemplo de circuito elétrico abaixo (Fig. 13) ilustra um sistema bastante simples, no qual uma pilha é ligada por fios a uma pequena lâmpada de lanterna. A energia está inicialmente sob a forma de energia química dos componentes da pilha. Na pilha, a energia química é convertida em energia elétrica, que será transmitida à lâmpada pelos fios condutores. Mas parte dessa energia elétrica será convertida em calor, que aquecerá os fios de ligação. Na lâmpada, a energia elétrica restante, por sua vez, também será convertida em calor e em energia luminosa. A energia total do sistema permanece constante, apenas convertendo-se em outro tipo.

Considerando que a pilha possuía inicialmente 100 unidades de energia, o fluxograma de energia nesse sistema poderia ser representado como mostrado a seguir:



Observe que a quantidade inicial de energia (100 unidades) se converte em 10 unidades de calor, que aquece a própria pilha, e em 90 unidades de energia elétrica, que é enviada para o circuito ($10 + 90 = 100$). Dessas 90 unidades de energia elétrica, 20 unidades se convertem em calor, que aquece os fios do circuito, e as 70 unidades restantes são fornecidas à lâmpada ($20 + 70 = 90$). Na lâmpada, essas 70 unidades de energia elétrica se convertem em 10 unidades de energia luminosa e em 60 unidades de calor, que aquece a lâmpada ($10 + 60 = 70$). Essa conservação de energia ocorre em todo e qualquer sistema físico e constitui o denominado **princípio da conservação de energia**. Um dos cientistas que ajudaram a estabelecê-lo foi o físico britânico James Prescott Joule (1818-1889).



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

Figura 13 Representação esquemática de circuito elétrico composto de uma pilha, dois fios de ligação e uma lâmpada de lanterna. A energia química da pilha é convertida em energia luminosa (na lâmpada) e em energia térmica (na pilha, na lâmpada e nos fios de ligação). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

5. Energia mecânica

Em um sistema mecânico qualquer, a energia costuma estar sob a forma de energia mecânica (E_M), que corresponde à soma da energia cinética (E_C) com a energia potencial (E_P) (gravitacional e/ou elástica). Então, em um sistema mecânico, temos:

$$E_M = E_C + E_P$$

O esquema abaixo resume as formas que a energia pode assumir em um sistema mecânico e as fórmulas usadas para o cálculo dessas energias:

$$\begin{array}{l} \text{Energia} \\ \left\{ \begin{array}{ll} \text{cinética:} & E_C = \frac{m \cdot v^2}{2} \\ \text{potencial} & \left\{ \begin{array}{ll} \text{gravitacional:} & E_{P(\text{grav})} = m \cdot g \cdot h \\ \text{elástica:} & E_{P(\text{elást})} = \frac{k \cdot x^2}{2} \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array}$$

Podemos, assim, analisar as transformações que a energia pode sofrer em um sistema puramente mecânico e a sua conservação.

Vamos aplicar o princípio da conservação de energia a uma situação cotidiana.

Considere um corpo que escorrega a partir do repouso de um ponto A por uma rampa de altura $h = 5$ m. Desprezando os atritos, qual será a velocidade do corpo ao chegar à base da rampa, ponto B ? Considere: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Resolução:

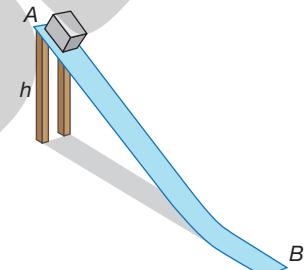
Como não vamos considerar as forças de atrito, a energia mecânica do corpo se conservará e a energia potencial gravitacional do corpo no ponto de partida se converterá em energia cinética quando ele atingir o ponto mais baixo da rampa. Então:

$$E_{P(A)} = E_{C(A)} \Rightarrow m \cdot g \cdot h_A = \frac{m \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A}$$

Observe que a velocidade de chegada à base da rampa não depende da massa do corpo.

Usando os valores fornecidos, teremos:

$$v_B = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5} \therefore v_B = 10 \text{ m/s}$$



NELSON MATSUADA

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Este experimento mostrará a conservação da energia mecânica em um sistema simples.

Para realizá-lo, você precisará de uma bola de basquete e de uma corda de náilon com cerca de 2 m de comprimento.

Prenda firmemente uma das extremidades da corda à bola, para que ela não se solte da corda. Prenda a outra extremidade a um galho de árvore ou a um ponto qualquer fixo, criando um pêndulo.

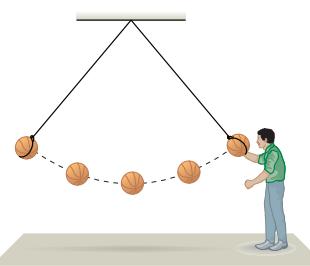
Desloque a bola da posição natural de equilíbrio e, mantendo a corda esticada, posicione-a junto a seu queixo. Agora, pense e responda: Se você soltar a bola, ela vai se movimentar e na volta atingirá seu queixo? Justifique sua resposta.

Solte a bola sem empurrar e permaneça imóvel.

Sua previsão estava correta?

O que vai acontecer se você substituir a bola por uma bola de maior massa?

(Representação fora de proporção;
cores meramente ilustrativas.)



ADILSON SECCO

6. Potência

A grandeza física escalar que indica a rapidez com que determinada quantidade de energia é transferida a um corpo ou a rapidez com que determinada quantidade de energia é convertida de um tipo em outro é chamada **potência**.

Considere, por exemplo, dois carros idênticos que, partindo do repouso, atingem a mesma velocidade de 100 km/h (Fig. 14). Para que isso aconteça, é necessário que haja transferência de energia para os carros, visto que, ao final da arrancada, eles possuem energia cinética. Essa energia é transferida ao carro pelo motor.

Vamos supor que o carro 1 tenha levado 40 s para chegar aos 100 km/h e o carro 2, apenas 20 s.

ADILSON SIECKO

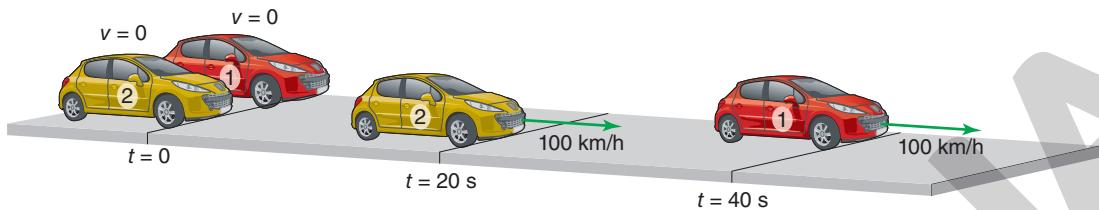


Figura 14 Representação esquemática de dois carros idênticos que, partindo do repouso, atingem 100 km/h. O carro 2 atinge a velocidade de 100 km/h em um intervalo de tempo menor que o do carro 1. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Ambos os carros sofreram a mesma variação de energia cinética. Assim, o trabalho da força resultante sobre os carros foi o mesmo nas duas situações. A diferença entre eles ocorre em razão do intervalo de tempo necessário para a realização do trabalho.

É intuitivo perceber que o carro que atingiu os 100 km/h no menor tempo desenvolveu maior potência. Então, podemos concluir que, para um mesmo trabalho \bar{E} , a potência média P_m é inversamente proporcional ao intervalo de tempo Δt . Analiticamente, podemos escrever:

$$P_m = \frac{\bar{E}}{\Delta t}$$

No SI, a potência média é medida em joule por segundo (J/s), unidade que recebeu a denominação de **watt**, símbolo **W**, em homenagem a James Watt (1736-1819). Portanto: $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$

Outras unidades usuais de medida da potência são o **hp** (do inglês **horsepower**) e o **cv** (**cavalo-vapor**). As relações entre essas unidades e o watt (W) são mostradas a seguir:

$$1\text{ hp} \approx 746\text{ W}$$

e

$$1\text{ cv} \approx 735\text{ W}$$

Em algumas áreas, na Eletricidade, principalmente, a potência é comumente medida em **quilowatt** (**kW**). Nesse caso, se o intervalo de tempo for medido em hora (h), então o trabalho (ou a energia consumida) será medido em **quilowatt-hora** (**kWh**): $1\text{ kWh} = 1\text{ kW} \cdot 1\text{ h}$

Dialogando com o texto



Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Agora que você já conhece algumas formas de energia e diferentes medidas de energia, retome a história de William Kamkwamba, relatada na abertura do capítulo. Pesquise-a um pouco mais, reflita sobre ela e responda no caderno: “Que conceitos abordados neste capítulo estão envolvidos desde a construção dos moinhos até as soluções oferecidas ao seu povo?”.

Vamos aplicar a definição de potência média a um exemplo simples.

Uma força constante de intensidade 40 N é aplicada a um corpo, deslocando-o por uma distância de 5 m, na direção e no sentido da força, durante 4 s. Determinar:

- a) o trabalho realizado pela força;
- b) a potência média dessa força.

Resolução:

- a) A partir da definição do trabalho de uma força constante, temos:

$$\bar{W} = F \cdot d \cdot \cos \theta \Rightarrow \bar{W} = 40 \cdot 5 \cdot \cos 0^\circ \therefore \bar{W} = 200 \text{ J}$$

- b) Pela definição de potência média, temos:

$$P_m = \frac{\bar{W}}{\Delta t} \Rightarrow P_m = \frac{200}{4} \therefore P_m = 50 \text{ W}$$

Podemos, ainda, aplicar o que vimos até aqui em situações mais complexas. Acompanhe o exemplo a seguir.

Uma queda-d'água tem vazão de $400 \text{ m}^3/\text{min}$, e a água cai de uma altura de 30 m. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Considerando que a densidade da água é de 1.000 kg/m^3 , qual é a potência média que pode ser extraída dessa queda-d'água?

Resolução:

A potência média da queda-d'água é decorrente do trabalho realizado pelo peso da água ao cair sob a ação da gravidade.

Pela definição da densidade d , temos:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d \cdot V$$

O trabalho do peso da água é dado, então, por:

$$\bar{W}_p = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \bar{W}_p = d \cdot V \cdot g \cdot h$$

Portanto, a potência média da queda-d'água é dada por:

$$P_m = \frac{\bar{W}_p}{\Delta t} \Rightarrow P_m = \frac{d \cdot V \cdot g \cdot h}{\Delta t}$$

Nessa expressão, a relação $\frac{V}{\Delta t}$ representa a rapidez com que o volume de água flui na queda, ou seja, tal relação expressa a vazão volumétrica ϕ , em volume, da queda-d'água.

$$\text{Então: } P_m = d \cdot \phi \cdot g \cdot h$$

Com os valores fornecidos, obtemos:

$$P_m = 1.000 \cdot \frac{400}{60} \cdot 10 \cdot 30 \therefore P_m = 2 \cdot 10^6 \text{ W} \Rightarrow \\ \Rightarrow P_m = 2 \text{ MW}$$

Atividades finais



Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) Observe a situação descrita na tirinha abaixo.

1. c



CARUSO, F.; DAOU, L. *Tirinhas de Física*. Rio de Janeiro: CBPF, 2000.

Assim que o menino lança a flecha, há transformação de um tipo de energia em outra. A transformação, nesse caso, é de energia:

- a) potencial elástica em energia gravitacional.
- b) gravitacional em energia potencial.
- c) potencial elástica em energia cinética.
- d) cinética em energia potencial elástica.
- e) gravitacional em energia cinética.

2. Uma força de 4 N é aplicada a uma mola, que sofre um alongamento de 8 cm. Determine a constante elástica dessa mola (N/m) e a energia potencial elástica.

3. (Enem) Uma das modalidades presentes nas Olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:



ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia conservada, é necessário que:

- a) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
 - b) a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
 - c) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
 - d) a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
 - e) a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III.
4. (Enem) Os carrinhos de brinquedo podem ser de vários tipos. Entre eles, há os movidos a corda, em que uma mola em seu interior é comprimida quando uma criança puxa o carrinho para trás. Ao ser solto, o carrinho entra em movimento enquanto a mola volta a sua forma inicial. O processo de conversão de energia que ocorre no carrinho descrito também é verificado em:
- a) Um dínamo.
 - b) Um freio de automóvel.
 - c) Um motor a combustão.
 - d) Uma usina hidroelétrica.
 - e) Uma atiradeira (estilingue).
5. (Enem) Podemos estimar o consumo de energia elétrica de uma casa considerando as principais fontes desse consumo. Pense na situação em que apenas os aparelhos que constam na tabela abaixo fossem utilizados diariamente da mesma forma.

A tabela abaixo fornece a potência e o tempo efetivo de uso diário de cada aparelho doméstico.

| Aparelho | Potência (kW) | Tempo de uso diário (horas) |
|-------------------|---------------|-----------------------------|
| Ar-condicionado | 1,5 | 8 |
| Chuveiro elétrico | 3,3 | $\frac{1}{3}$ |
| Freezer | 0,2 | 10 |
| Geladeira | 0,35 | 10 |
| Lâmpadas | 0,10 | 6 |

Supondo que o mês tenha 30 dias e que o custo de 1 kWh é de R\$ 0,40, o consumo de energia elétrica mensal dessa casa é de aproximadamente:

- a) R\$ 135.
 - b) R\$ 165.
 - c) R\$ 190.
 - d) R\$ 210.
 - e) R\$ 230.
6. A velocista jamaicana Elaine Thompson (1992-) quebrou o recorde mundial dos 100 metros rasos na modalidade feminina nos Jogos Olímpicos do Rio 2016, atingindo o segundo melhor recorde mundial. Nos 50 metros finais, Elaine disparou em relação às outras velocistas e cruzou a linha de chegada em 10,71 segundos. Supondo que a velocidade máxima ao final desse percurso tenha sido de 10 m/s e que a massa da atleta seja de 57 kg, qual é o trabalho total realizado pela velocista?

CAPÍTULO

2

METABOLISMO ENERGÉTICO

LOVELYDAY12/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES



A energia que você está utilizando neste momento para estudar e compreender o mundo provém originalmente da luz solar. As plantas e outros seres fotossintetizantes são a porta de entrada da energia luminosa para o metabolismo animal.

A energia que movimenta o mundo vivo é quase toda proveniente da luz solar. São os organismos fotossintetizantes que captam a energia luminosa do Sol e a transformam em energia potencial química, que é distribuída ao mundo vivo ao longo das cadeias alimentares. Qual é o "segredo" dos seres autotróficos que lhes permite executar essas transformações? Como os seres vivos lidam com a energia em seus processos metabólicos?

No século XVII, Jan Baptista van Helmont (1579-1644), médico e fisiologista holandês, tentou responder à seguinte questão: de que as plantas se alimentam? Ele descobriu que as plantas tiram do solo apenas quantidades mínimas de substâncias minerais, que não correspondem ao aumento de massa que a planta acumula durante seu desenvolvimento. Naquela ocasião, Van Helmont atribuiu o crescimento das plantas principalmente à água que elas absorvem do solo.

Hoje se sabe que as plantas realmente extraem do solo água e pequeníssimas quantidades de nutrientes minerais. Mas a verdade é que elas produzem seu próprio alimento e sua massa corporal a partir de gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e energia luminosa, no processo denominado fotossíntese. A fotossíntese sustenta as atividades vitais de quase todos os seres vivos do planeta. Apenas um pequeno número de espécies obtém energia por meio de outro processo metabólico, denominado quimiossíntese, pelo qual certas bactérias e arqueas obtêm energia de reações de oxidação de substâncias inorgânicas. Essa pode ter sido a primeira forma de obtenção de energia na história da vida na Terra.

A energia contida nas substâncias orgânicas fabricadas na fotossíntese e na quimiossíntese precisa ser extraída e transferida para um armazenador intermediário, o ATP, para se tornar acessível aos processos celulares. A extração da energia das moléculas orgânicas e sua transferência para moléculas de ATP são feitas por meio da respiração celular e da fermentação.

Atividade corriqueira das plantas, das algas e de diversas bactérias, que começa ao nascer do Sol e pode continuar noite adentro, a fotossíntese constitui-se em um complexo jogo molecular de transferências de energia, das quais depende a vida na Terra. Essas transferências continuam na respiração celular, um intrincado conjunto de transformações moleculares do qual participa o gás oxigênio (O_2). Por meio da respiração celular ou da fermentação, a energia é extraída de moléculas orgânicas e disponibilizada para as atividades celulares, que compõem o metabolismo.

A compreensão científica do processo fotossintético de algas, plantas e bactérias fotossintetizantes tem inspirado os cientistas a tentar reproduzir a fotossíntese artificialmente em laboratório. O sucesso nesse tipo de pesquisa pode eventualmente originar tecnologias eficazes para obter energia "limpa" e renovável, utilizável em nosso dia a dia. Junto às tecnologias de obtenção de energia hidrelétrica e eólica, a obtenção de energia solar por meio de fotossíntese artificial pode contribuir para reduzir a matriz energética baseada em combustíveis fósseis, cuja queima polui a atmosfera.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT105
- EM13CNT201
- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT301
- EM13CNT303
- EM13CNT309
- EM13CHS103



Seja na fotossíntese, na quimiossíntese, na respiração celular ou na fermentação, os seres vivos compartilham um mesmo armazenador de energia: o trifosfato de adenosina, mais conhecido pela sigla ATP, substância especializada na transferência de energia para a maioria das reações químicas celulares. A descoberta de que a "moeda energética" do metabolismo é praticamente a mesma em todos os seres vivos é mais uma evidência em favor da teoria do parentesco evolutivo entre as espécies biológicas.

1. Energia para a vida

A fonte primária de energia utilizada pela maioria dos seres vivos é a luz solar, captada originalmente por meio da fotossíntese. Os seres fotossintetizantes (certas bactérias, algas e plantas) captam a energia luminosa e, em um complexo processo de reações químicas acopladas, produzem glicídios (carboidratos) e gás oxigênio (O_2) a partir de água (H_2O) e de gás carbônico (CO_2). Veja a seguir a equação química que representa simplificadamente o processo de fotossíntese:



Os glicídios são substâncias orgânicas capazes de armazenar energia na forma potencial química. Em uma visão simplificada, seria como se a energia luminosa empregada na síntese da molécula de glicídio permanecesse armazenada no arranjo de suas ligações químicas. Durante o rearranjo de ligações que ocorre quando as células transformam os glicídios em substâncias mais simples, a energia é transferida a um produto molecular intermediário, o ATP, utilizado posteriormente em praticamente todas as atividades vitais.

ATP, a "moeda energética" do mundo vivo

A molécula de **ATP**, o **trifosfato de adenosina**, resulta da união química de três componentes moleculares: a base nitrogenada **adenina**, o glicídio **ribose** e três grupamentos **fosfato**. As ligações covalentes entre os fosfatos do ATP são capazes de liberar grande quantidade de energia quando hidrolisadas. A transferência de energia do ATP para as reações químicas celulares envolve a hidrólise de ligações de alta energia entre os grupos fosfato, com transformação do ATP em ADP e, mais raramente, em AMP (Fig. 1).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

É possível que você já tenha ouvido falar no ciclo do carbono. Forme um grupo de colegas para pesquisar esse ciclo em livros e sites confiáveis na internet. Em seguida responda às seguintes questões:

- qual é o papel da fotossíntese no ciclo do carbono?
- por que se costuma dizer que uma comunidade vegetal em crescimento "sequestra" carbono da atmosfera?

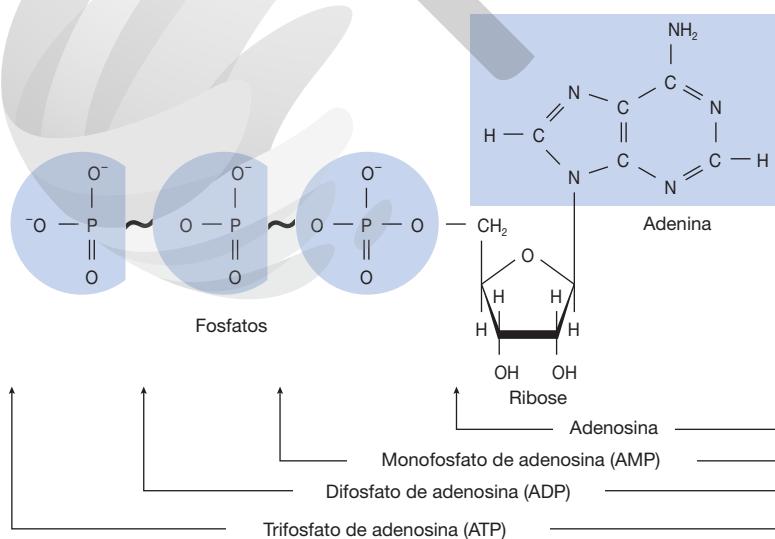


Figura 1 Fórmula estrutural do ATP. A parte da molécula formada pela adenina e pela ribose é chamada adenosina. As ligações entre os fosfatos do ATP, representadas pelo símbolo ~, são de alta energia. (Representação fora de proporção.)

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

2. Fotossíntese

A fotossíntese ocorre no interior dos **cloroplastos**, organelas citoplasmáticas encontradas apenas em células de algas e de plantas; nas bactérias fotossintetizantes, a fotossíntese ocorre no citoplasma da célula procariótica.

Os cloroplastos abrigam as moléculas de **clorofila** (do grego *chloros*, verde), responsáveis pela captação primária da energia luminosa, como veremos a seguir. As moléculas de clorofila dispõem-se de modo organizado nas membranas dos **tilacoides**, que são bolsas membranosas empilhadas presentes dentro do cloroplasto; cada pilha de bolsas é denominada grana. (Fig. 2).

As moléculas de clorofila, organizadas nas membranas dos tilacoides formam os chamados **complexos de antena**, estruturas altamente eficientes na captação de energia luminosa para a fotossíntese. Ao serem atingidas por radiações luminosas de comprimento de onda correspondentes ao vermelho e ao violeta, as moléculas de clorofila dos complexos de antena captam **fótons**, "pacotes" de energia componentes das radiações luminosas. A captação dos fótons de energia ocasiona a **excitação eletrônica** da clorofila, processo em que elétrons da clorofila captam a energia dos fótons e elevam seu nível de energia a ponto de "saltar" para fora da molécula (Fig. 3).

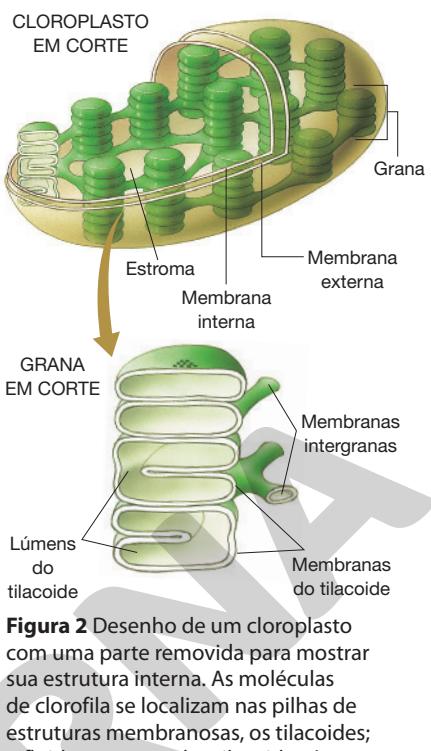
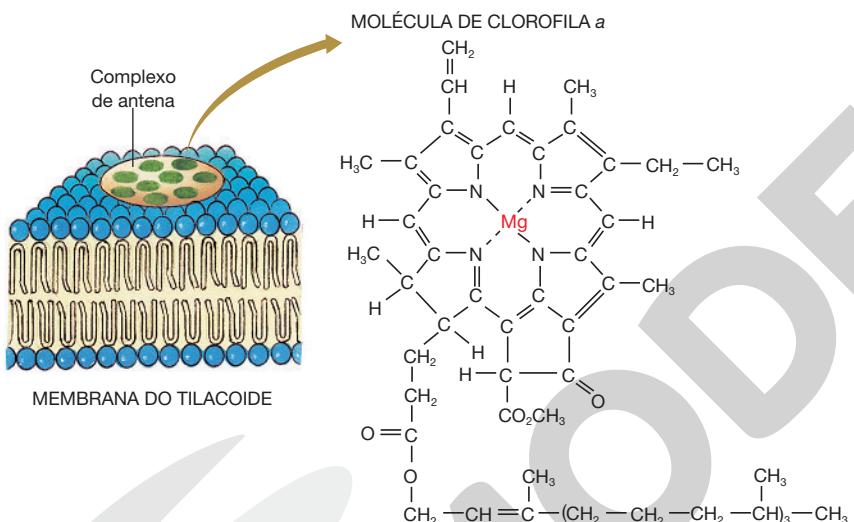


Figura 2 Desenho de um cloroplasto com uma parte removida para mostrar sua estrutura interna. As moléculas de clorofila se localizam nas pilhas de estruturas membranosas, os tilacoides; o fluido em torno dos tilacoides é o estroma. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Figura 3 À esquerda, desenho de um segmento de membrana do tilacoide mostrando um complexo de antena, onde se localizam as moléculas de clorofila, cuja fórmula está representada à direita. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Estrategicamente dispostas ao redor das moléculas de clorofila há substâncias especializadas em captar elétrons excitados antes que eles liberem o excesso de energia e retornem à clorofila. Essas substâncias captadoras são chamadas de **aceptores de elétrons**. Há diferentes tipos de substâncias acceptoras, capazes de captar elétrons com diferentes níveis de energia. Os接受ores de elétrons dispõem-se organizadamente na membrana do tilacoide, formando o que os cientistas denominam **cadeia transportadora de elétrons**. À medida que os elétrons energizados são transferidos do primeiro acceptor para o segundo, deste para o terceiro, e assim sucessivamente, ao longo da cadeia transportadora, os elétrons liberam gradativamente o excesso de energia. O último acceptor da cadeia transportadora de elétrons no cloroplasto é o **NADP** (sigla do inglês *nicotinamide adenine dinucleotide phosphate* = fosfato de dinucleotídio de nicotinamida-adenina), que se transforma em **NADPH**.

Enquanto isso, a energia liberada pelos elétrons ao longo da cadeia transportadora é utilizada por bombas iônicas localizadas nas membranas dos tilacoides. Essas bombas forçam prótons de hidrogênio (H^+) a passar do estroma para o espaço interno (lúmen) dos tilacoides, onde os íons H^+ passam a se acumular. À medida que isso ocorre, aumenta a tendência de íons H^+ acumulados retornarem ao estroma. A única maneira de esse retorno ocorrer é os íons H^+ passarem através de um complexo molecular proteico denominado **sintase do ATP**. Esse complexo é comparável a um gerador molecular de dimensões nanoscópicas, dotado de uma espécie de rotor interno. O retorno dos íons H^+ ao estroma gera energia para a síntese de moléculas de ATP por fosforilação do ADP, ou seja, pela adição de um **Pi** (fosfato inorgânico) ao ADP. Como a energia para essa reação provém originalmente da luz, o processo é denominado **fotofosforilação** (Fig. 4).

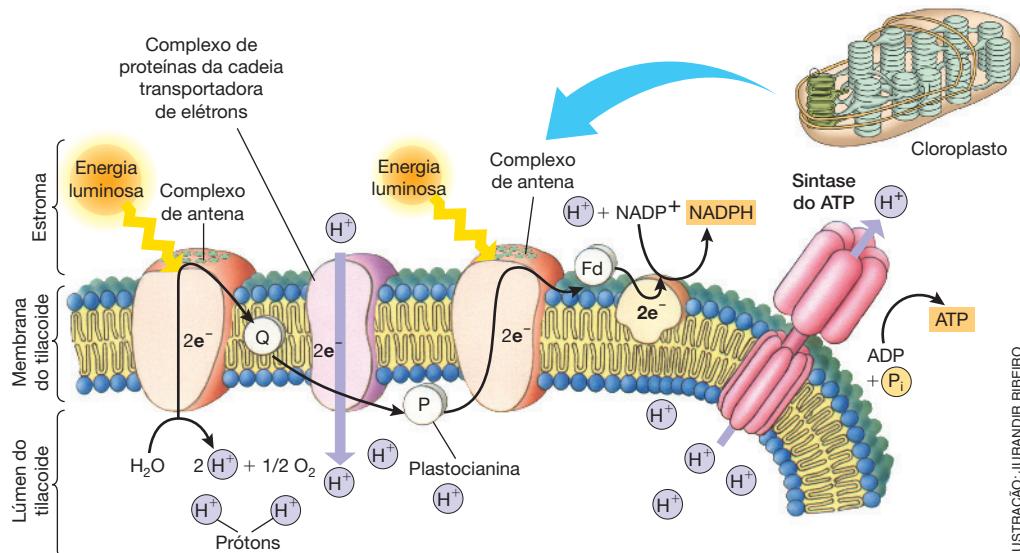


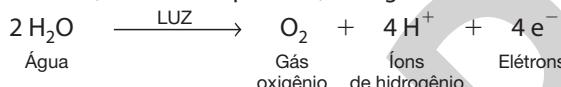
Figura 4 Representação esquemática de detalhe da membrana de um tilacoide mostrando uma cadeia transportadora de elétrons e a sintase do ATP. As siglas Q e Fd referem-se às substâncias quinona e ferredoxina; assim como a plastocianina (P), elas são aceptoras de elétrons. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Os elétrons inicialmente perdidos pela clorofila são recuperados em uma reação de decomposição de moléculas de água. Nessa reação, denominada **fotólise da água** (do grego *photos*, "luz", e *lyse*, "quebra"), ou reação de Hill, moléculas de água são decompostas liberando como produtos dois elétrons (e^-), dois prótons (íons H^+) e um átomo de oxigênio livre.

Desses produtos, os átomos de oxigênio unem-se imediatamente dois a dois, formando moléculas de **gás oxigênio (O_2)**, liberadas para o ambiente. Os íons H^+ , por sua vez, são capturados pelo NADP e disponibilizados para a fase seguinte da fotossíntese, na qual ocorre a síntese de moléculas de glicídio. Por fim, os elétrons provenientes da fotólise da água repõem os que foram perdidos pela clorofila durante a excitação eletrônica. Ao recuperar seus elétrons, as moléculas de clorofila tornam-se novamente capazes de passar por novos ciclos de excitação eletrônica.

A fotólise da água pode ser escrita, em termos químicos, da seguinte maneira:



A fotofosforilação e a fotólise da água, por necessitarem de luz para ocorrer, compõem o que os bioquímicos denominam **etapa fotoquímica da fotossíntese**. Por outro lado, a síntese de glicídios propriamente dita, como veremos a seguir, não depende diretamente da luz, constituindo a **etapa química da fotossíntese**. Esta, entretanto, depende dos produtos previamente formados na etapa fotoquímica.

Em destaque

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Jovem estudante cria folha artificial capaz de gerar oxigênio

Um dos maiores desafios às missões de exploração espacial de longa duração é a produção e armazenamento de oxigênio. Mas um projeto desenvolvido por Julian Melchiorri, estudante do Colégio de Arte de Royal (Reino Unido), está prestes a inaugurar novos horizontes à ciência. Fato é que o jovem pesquisador desenvolveu a primeira folha orgânica capaz de executar uma das funções mais notáveis que os vegetais naturalmente realizam: a produção de oxigênio.

Ao absorver luz, dióxido de carbono e água, a folha produz O₂. Um ambiente formado por plantações artificiais em pleno espaço pode, desta forma, gerar e enriquecer oxigênio. “Extraí cloroplastos das células de plantas e as coloquei no interior de proteínas de seda. Como resultado, obtive uma folha que vive e respira como uma folha natural”, explica Melchiorri. Significa, *grosso modo*, que a invenção é capaz de

similar parte do processo de fotossíntese.

O uso das folhas em solo terrestre também é um dos objetivos almejados pelo inventor. Paredes de edifícios, por exemplo, podem ser revestidas com folhas para oferecer a seus residentes oxigênio enriquecido. Em missões espaciais, o plantio pode ser também feito: plantas naturais não florescem de forma adequada quando submetidas à gravidade zero; a ausência de força G não compromete o desenvolvimento da folha artificial criada.

Fonte: VOLTOLINI, R. Jovem cria folha artificial capaz de gerar oxigênio [vídeo]. Tecmundo. 04 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/invencao/60005-jovem-cria-folha-artificial-capaz-gerar-oxigenio-video.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2020. (Título adaptado.)

O que achou do texto? Se em algum ponto da leitura algo não lhe pareceu totalmente esclarecido, que perguntas você faria ao autor do projeto?

Professor, o foco desta atividade é a leitura do texto. No link que consta na fonte do texto, há um vídeo, em inglês, sobre a temática. Para complementar os estudos, você pode sugerir aos estudantes que assistam ao vídeo, em português, disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=O1VhEqaaa4A>>. Acesso em: 10 abr. 2021. Nesse vídeo, é possível conhecer um pouco do trabalho de pesquisadores do Canadá, que simulam a fotossíntese para produzir combustível a partir de gás carbônico.

Ciclo das pentoses e a síntese de glicídios

O último conjunto de reações da fotossíntese é o **ciclo das pentoses**, ou ciclo de Calvin-Benson, que ocorre no estroma do cloroplasto. No ciclo das pentoses são produzidas moléculas de um glicídio com três átomos de carbono, o **3-fosfato gliceraldeído**, mais conhecido pela sigla **PGAL** (do inglês **phosphoglyceraldehyde**). O ciclo das pentoses tem início quando moléculas de CO₂ reagem com íons H⁺ liberados na fotólise da água e também com elétrons liberados pela clorofila excitada, produzindo o PGAL. Esse processo, mediado por moléculas de NADPH, demanda certa quantidade de energia adicional, fornecida pelo ATP que foi produzido na fotofosforilação. Acompanhe, no esquema a seguir, as etapas do ciclo de Calvin-Benson e a formação de PGAL (Fig. 5).

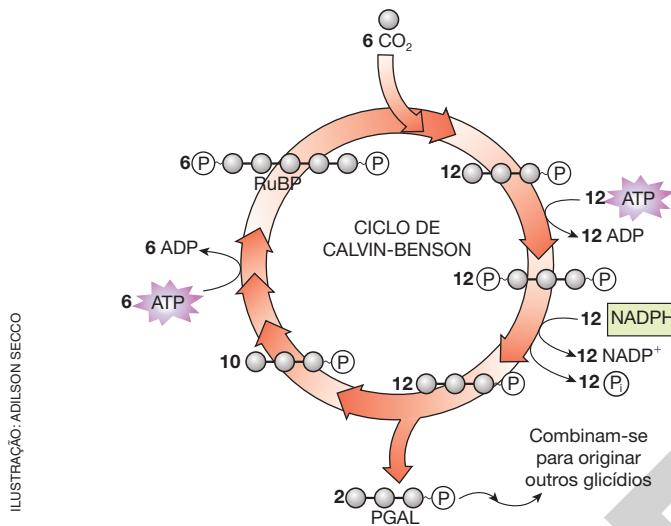


Figura 5 Esquema do ciclo das pentoses, ou ciclo de Calvin-Benson. Esse processo tem início com a incorporação de seis moléculas de CO₂ a seis moléculas de RuBP (do inglês *ribulose 1,5-bisphosphate*; 1,5-bifosfato de ribulose), sob a coordenação da enzima rubisco. A cada volta completa, o ciclo das pentoses produz duas moléculas de glicídio com três átomos de carbono (3-fosfato gliceraldeído, ou PGAL) e seis moléculas de RuBP, prontas para incorporar novamente CO₂ e iniciar outro ciclo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

O PGAL formado no ciclo das pentoses pode seguir dois caminhos: a maior parte sai do cloroplasto para o citosol, onde moléculas de PGAL unem-se para formar o glicídio sacarose. Outras moléculas de PGAL permanecem no cloroplasto e são convertidas em amido. Durante a noite, o amido armazenado é transformado em sacarose e sai do cloroplasto para o citosol das células fotossintetizantes, geralmente situadas nas folhas. Parte dos glicídios é consumida pelo metabolismo da própria folha e o resto é exportado para as demais partes do vegetal pelo sistema condutor da seiva orgânica, o floema.

Glicídios produzidos na fotossíntese são utilizados imediatamente na respiração celular, que ocorre nas mitocôndrias das células vegetais, fornecendo energia ao metabolismo celular. Outra parte dos glicídios é transformada em diversas substâncias orgânicas de que o vegetal necessita, como aminoácidos, tipos de glicídio variados, gorduras, celulose etc. Outra parcela dos glicídios, ainda, é armazenada na forma de amido em organelas presentes principalmente em células do caule e da raiz, os amiloplastos.

A fotossíntese garante às algas, às plantas e às bactérias fotossintetizantes total independência em relação a outros organismos vivos no que se refere à obtenção de nutrientes orgânicos. Por outro lado, todos os seres heterotróficos do planeta dependem dos seres fotossintetizantes para viver.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. A substância química que fornece energia para praticamente todos os processos celulares é o
 - a) trifosfato de adenosa (ATP).
 - b) ácido desoxirribonucleico (DNA).
 - c) fosfato inorgânico (Pi).
 - d) fosfato de dinucleotídio de nicotinamida-adenina (NADP).
2. O(A) (■) é um conjunto de reações químicas que ocorrem no estroma do cloroplasto, nas quais moléculas de gás carbônico combinam-se a hidrogênios fornecidos pelo NADPH, produzindo PGAL (3-fosfato gliceraldeído).
 - 2.a
3. A reação de quebra de moléculas de água com produção de gás oxigênio, elétrons e íons H⁺ é chamada (■).
 - 3.c
4. O processo denominado (■) utiliza energia dos elétrons liberados pela clorofila excitada pela luz para a produção de ATP no cloroplasto.
 - 4.b

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 2 a 4.

- a) ciclo das pentoses
- b) fotofosforilação
- c) fotólise da água

Testando indiretamente o "sequestro" de CO₂ do ambiente na fotossíntese

Material e métodos

Forme um grupo de colegas para facilitar o trabalho. O grupo precisará de quatro tubos de vidro arrolhados, além de uma solução indicadora de vermelho de cresol (peça aos professores orientações sobre como obtê-la). Precisará também de duas folhas de plantas recém-colhidas, semelhantes em tamanho e que passem facilmente pela boca dos tubos de vidro. As folhas devem ser presas à rolha de dois dos tubos de modo que fiquem suspensas, sem tocar na solução de vermelho de cresol; os outros dois tubos não recebem folhas, conforme se vê no esquema ao lado.

Coloque um tubo com folha e outro sem folha juntos em uma caixa à prova de luz (A) deixando os outros dois tubos expostos à luminosidade (B) (Fig. 6).

Resultados observados e questões

A solução de vermelho de cresol é indicadora de pH (neutro = rosada; mais ácido = amarelada; mais alcalina = arroxeadas). Algumas horas após o início do experimento, observe a cor da solução indicadora em cada tubo.

Responda: **a)** O que você observou nos tubos com folha no escuro e na luminosidade? **b)** Se em algum tubo tiver havido indicação de maior ou de menor acidez, o que a teria provocado, tendo em vista o ambiente em que a folha foi colocada? **c)** Qual é a função dos tubos sem folha que fazem parte da montagem experimental? converse com os colegas e com o professor sobre os resultados, correlacionando-os às atividades de fotossíntese e de respiração realizadas pelas folhas das plantas.

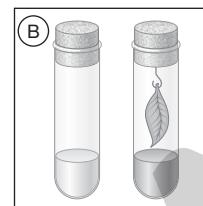
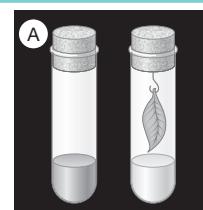


Figura 6 Esquema de montagem do experimento. (A) Tubos que não recebem luminosidade. (B) Tubos expostos à luz.

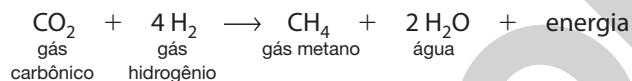
ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

SCIENCE VU'S. WATSON VISUALS
UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

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

3. Quimiossíntese

Certas espécies de bactérias e de arqueas (antigamente chamadas de arqueobactérias) obtêm energia por meio da **quimiossíntese**, processo que utiliza energia liberada em reações oxidativas de substâncias inorgânicas, produzindo ATP. As arqueas metanogênicas, por exemplo, obtêm energia da reação entre gás hidrogênio (H₂) e gás carbônico (CO₂), com produção de gás metano (CH₄) e água (H₂O). Esse processo é apresentado na equação química a seguir.



Graças à quimiossíntese, as arqueas metanogênicas são capazes de viver em ambientes pobres em gás oxigênio (anaeróbicos), portanto pouco propícios à maioria dos seres vivos, como depósitos de lixo, fundo de pântanos e tubo digestivo de animais.

Certas bactérias quimiossintetizantes dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* vivem no solo e desempenham papel fundamental na reciclagem do elemento nitrogênio em nosso planeta. As bactérias do gênero *Nitrosomonas* obtêm energia por meio da oxidação da amônia (NH₃), transformando-a no íon nitrito (NO₂⁻). As nitrobactérias continuam a transformação, utilizando o íon nitrito acumulado no solo para obter energia, oxidando-o ao íon nitrato (NO₃⁻) (Fig. 7).

Certas bactérias quimiossintetizantes obtêm a energia necessária ao seu metabolismo a partir de reações entre substâncias inorgânicas encontradas em rochas do fundo marinho, daí serem chamadas de bactérias quimiolitoautotróficas (do grego *lithos*, “pedra”, “rocha”).



Figura 7 Fotomicrografia de uma bactéria quimiossintetizante do gênero *Nitrobacter*, importante na reciclagem do nitrogênio. (Microscópio eletrônico; aumento $\approx 200.000\times$.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

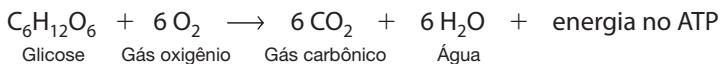
Dialogando com o texto

Seu desafio nesta atividade é reunir argumentos para justificar a seguinte afirmação: “As bactérias quimiolitoautotróficas podem ter sido os primeiros seres vivos a habitar a Terra”. Inicialmente pesquise em livros ou em sites confiáveis da internet a hipótese de que os primeiros seres vivos poderiam ter sido autotróficos. Apresente seus argumentos em um texto objetivo e conciso, nos moldes de um texto de divulgação científica.

4. Respiração aeróbica

A **respiração aeróbica** é um processo em que moléculas orgânicas são totalmente degradadas com a participação de gás oxigênio (O₂), levando à formação de gás carbônico (CO₂) e água (H₂O) como produtos da reação. Durante a respiração, as diversas reações que compõem o processo disponibilizam energia

para a síntese de moléculas de ATP. A equação química geral e simplificada da respiração aeróbica pode ser escrita como apresentado a seguir.



A respiração aeróbica compõe-se de diversas etapas enzimaticamente controladas, durante as quais a energia potencial química da glicose é utilizada para a síntese de moléculas de ATP. A respiração aeróbica, em sua equação resumida, é semelhante a uma combustão controlada, com alto rendimento nas transferências que envolvem energia potencial química e o mínimo possível de dissipação na forma de calor.

Partindo de uma molécula de glicose como substrato, a respiração aeróbica ocorre em três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa. A glicólise se dá no citosol, fluido que compõe o citoplasma celular, enquanto o ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa ocorrem no interior de organelas citoplasmáticas denominadas mitocôndrias. Em bactérias aeróbicas, as três etapas da respiração aeróbica ocorrem no citoplasma da célula procariótica.

Glicólise

A **glicólise** (do grego *glykys*, "áçúcar", e *lysis*, "quebra") consiste em dez reações químicas sequenciais e acopladas, ao fim das quais uma molécula de glicose origina duas moléculas de ácido pirúvico, com formação de duas moléculas de ATP, liberação de elétrons de alta energia e íons H^+ (Fig. 8).

A glicólise não necessita de gás oxigênio para ocorrer; apenas as etapas posteriores da respiração dependem da disponibilidade desse gás. Se houver gás oxigênio disponível na célula, o ácido pirúvico produzido na glicólise é transportado para o interior da mitocôndria, onde reage com uma substância denominada **coenzima A** (CoA). Nessa reação, formam-se **acetilCoA** e gás carbônico (CO_2). A acetilCoA, uma molécula com dois carbonos, é o ponto de partida para o conjunto de reações que compõe o **ciclo do ácido cítrico**, também conhecido como ciclo de Krebs.

Ciclo de Krebs, ou ciclo do ácido cítrico

Assim que se forma na mitocôndria, a molécula de acetilCoA reage com uma molécula de quatro carbonos, o **ácido oxalacético**, formando uma molécula de seis carbonos, o **ácido cítrico**. A CoA é liberada e pode ser reutilizada. Ao longo de uma sequência de oito reações químicas, iniciada com o ácido cítrico, são formadas e liberadas duas moléculas de gás carbônico, elétrons de alta energia e íons H^+ . No final do ciclo de transformações moleculares, forma-se novamente o ácido oxalacético, que pode se combinar a outra acetilCoA e iniciar um novo ciclo (Fig. 9).

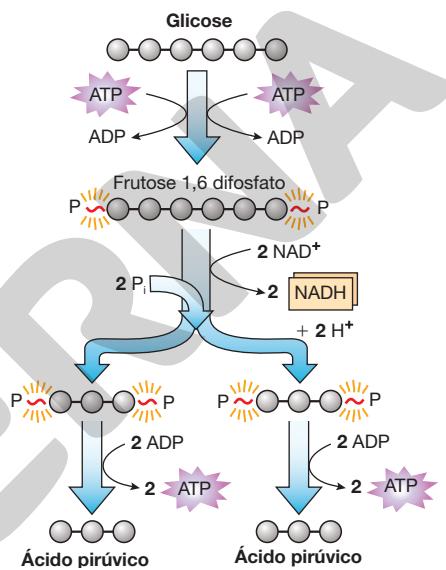


Figura 8 Esquema simplificado das etapas da glicólise. A molécula de glicose é estável e não se degrada com facilidade. As reações iniciais da glicólise têm por função ativar a molécula de glicose pela transferência de dois grupos fosfato de alta energia, provenientes de duas moléculas de ATP. Também participa do processo a substância conhecida pela sigla NAD^+ , que se transforma em NADH ao capturar elétrons de alta energia e íons H^+ . (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

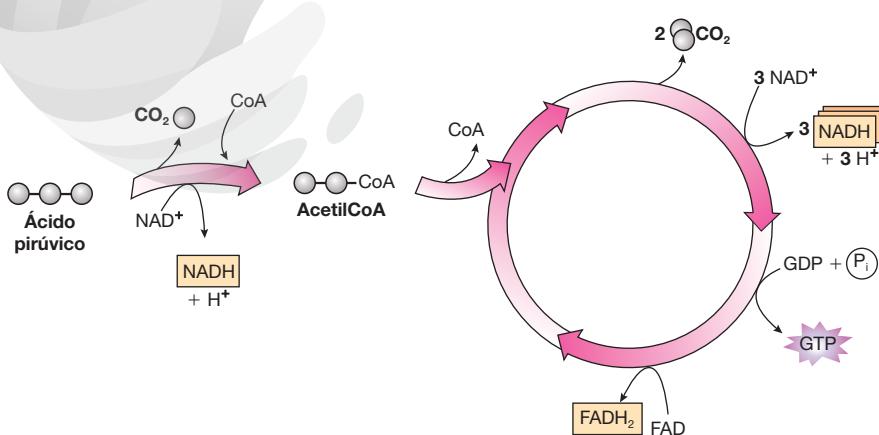


Figura 9 Esquema das transformações do ácido pirúvico no interior da mitocôndria; observe que o esquema é simplificado e não traz os nomes das diversas substâncias envolvidas no processo. As substâncias conhecidas pelas siglas NAD^+ e FAD transformam-se, respectivamente, em NADH e FADH_2 ao capturarem elétrons de alta energia e íons H^+ . Forma-se também GTP (trifosfato de guanosina), substância semelhante ao ATP. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Fosforilação oxidativa

A maior parte da produção de ATP que ocorre na respiração aeróbica provém das transferências de elétrons e de íons H^+ para átomos de O provenientes do gás oxigênio (O_2), com formação de moléculas de água. O termo **fosforilação oxidativa** é utilizado para se referir à adição de fosfato ao ADP para formar ATP, reação denominada fosforilação. A qualificação "oxidativa" é dada porque ocorrem diversas reações de oxidação sequenciais, sendo o gás oxigênio (O_2) o último agente oxidante dessa cadeia de reações.

A transferência de elétrons e de íons H^+ para o O_2 , no final da sequência de reações, é realizada por complexos de proteína dispostos em sequência na membrana interna da mitocôndria; esses conjuntos compõem a **cadeia transportadora de elétrons**, ou **cadeia respiratória**.

Durante a passagem de elétrons energizados pela cadeia respiratória, a energia é utilizada para bombear íons H^+ da matriz mitocondrial para o espaço entre as duas membranas da organela, em um processo semelhante ao que se observa nos tilacoides dos cloroplastos. Os íons H^+ acumulados no espaço entre as membranas mitocondriais tendem a voltar para a matriz, mas só podem fazê-lo se passarem pela **sintase do ATP**, presente na membrana interna da mitocôndria (Fig. 10).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Considerando o papel do gás oxigênio na respiração aeróbica, explique o que aconteceria em termos metabólicos se o organismo fosse privado desse gás. Algum processo respiratório seria bloqueado? Qual deles e por quê? Escreva suas conclusões em um texto curto e referenciado em dados apresentados no capítulo.

ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

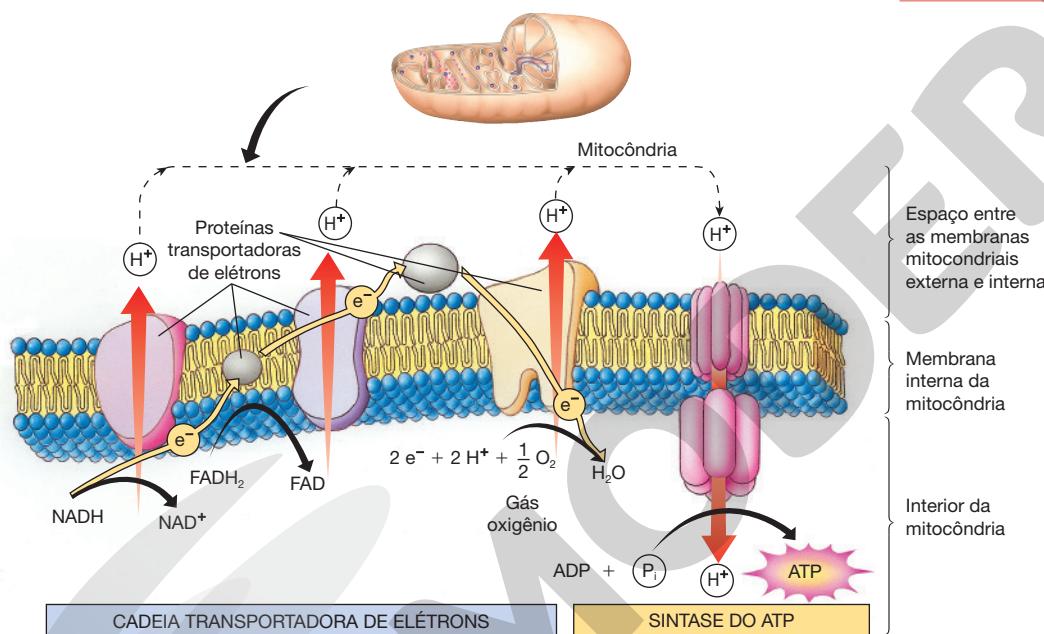


Figura 10 Representação esquemática da cadeia respiratória e da sintase do ATP. Identifique na ilustração os seguintes aspectos: a) elétrons com alta energia sendo transportados ao longo dos aceitores da membrana (da esquerda para a direita, setas amarelas); b) a energia dos elétrons utilizada para "forçar" íons H^+ para o espaço entre as membranas mitocondriais; c) a síntese de ATP, quando os íons H^+ retornam à matriz mitocondrial passando pela sintase do ATP. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Ao retornar à matriz mitocondrial, os íons H^+ combinam-se com elétrons que perderam energia ao longo da cadeia respiratória e com átomos de oxigênio provenientes do O_2 , formando moléculas de água (H_2O). A energia gerada na passagem dos elétrons pela cadeia respiratória pode formar, teoricamente, 34 moléculas de ATP. Somadas às duas moléculas de ATP formadas na glicólise e às duas formadas no ciclo do ácido cítrico (um GTP para cada acetilCoA), chega-se a um rendimento teórico de 38 ATP por molécula de glicose.

Além de glicose, outras substâncias, como os lipídios, por exemplo, também são capazes de fornecer energia na respiração aeróbica. Antes de serem utilizados, os lipídios são transportados para o interior das mitocôndrias, onde se transformam em moléculas de acetilCoA e iniciam o ciclo do ácido cítrico.

5. Fermentação

Certos fungos e bactérias adaptados a ambientes pobres em gás oxigênio obtêm energia por meio da **fermentação**, processo em que substâncias orgânicas são parcialmente hidrolisadas, originando moléculas orgânicas menores e fornecendo energia para o complexo enzimático sintase de ATP. O processo consiste essencialmente em uma glicólise, na qual o ácido pirúvico resultante atua como agente oxidante, recebendo os elétrons energizados e os íons H⁺ gerados ao longo do processo.

Dependendo do tipo de organismo fermentador, o ácido pirúvico produzido na glicólise segue diferentes caminhos. Por exemplo, na **fermentação alcoólica**, realizada por leveduras, o ácido pirúvico transforma-se em álcool etílico e gás carbônico. Na **fermentação lática**, realizada por bactérias como os lactobacilos do leite, o ácido pirúvico transforma-se em ácido lático (Fig. 11).

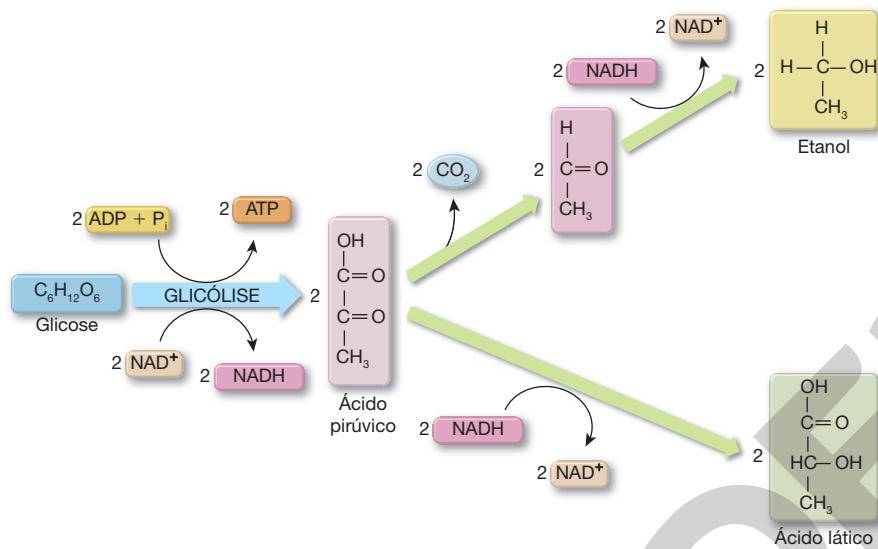


ILUSTRAÇÃO: ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

Figura 11
Esquema das principais etapas da fermentação alcoólica e da fermentação lática.

A fermentação lática também pode ocorrer em nossas células musculares, quando fazemos exercícios de alta intensidade e o suprimento de gás oxigênio torna-se insuficiente para produzir energia para a contração. Nesses casos, as células musculares executam a fermentação para obter um suprimento extra de ATP. O resultado é o acúmulo de ácido lático nos músculos, o que ocasiona a dor muscular típica decorrente de exercício intenso. Em pouco tempo, o ácido lático é metabolizado e a dor cessa.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

5. Qual conjunto de reações é responsável pela produção da maior parte do CO₂ liberado no metabolismo das células musculares em uma atividade leve e com suprimento de O₂ adequado?
 - a) Glicólise.
 - b) Ciclo de Krebs.
 - c) Fermentação lática.
 - d) Fosforilação oxidativa.
6. Qual etapa metabólica ocorre tanto na respiração aeróbica quanto na fermentação?
 - a) Transformação do ácido pirúvico em ácido lático.
 - b) Produção de ATP por fosforilação oxidativa.
 - c) Ciclo de Krebs.
 - d) Glicólise.
7. Fisiologistas esportivos de um centro de treinamento olímpico desejam determinar a partir de que ponto os músculos dos atletas deixam de receber a quantidade necessária de gás oxigênio e começam a suplementar a energia pela fermentação. Eles podem fazer isso investigando, nos músculos, o aumento de qual substância?
 - a) ATP.
 - b) ADP.
 - c) Gás carbônico.
 - d) Ácido lático.

A importância da fermentação para a humanidade

A utilização de microrganismos fermentadores pela espécie humana data de milhares de anos; o pão e o vinho são produtos da fermentação realizada por leveduras do gênero *Saccharomyces*. Várias espécies de fungos e de bactérias podem fermentar diversos tipos de substrato, gerando produtos que dependem tanto do organismo que realiza o processo quanto das substâncias fermentadas.

Na panificação, a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, o chamado fermento biológico, é misturada à farinha, fermentando seus carboidratos e produzindo etanol (álcool etílico) e gás carbônico (CO_2). Esse gás é liberado na forma de minúsculas bolhas que, ao se incorporarem à massa, dilatam-na e a tornam porosa, macia e leve (Fig. 12).



Figura 12 O fungo *Saccharomyces cerevisiae* produz gás carbônico durante a fermentação. (A) Levedura misturada a farinha e água. (B) e (C) Crescimento da massa pelo acúmulo de minúsculas bolhas de CO_2 produzidas pelo levedo.

As bebidas alcoólicas resultam da fermentação de açúcares presentes em frutos, caules ou sementes com produção de etanol e gás carbônico. Na produção de cerveja, por exemplo, a levedura fermenta açúcares provenientes da degradação do amido de sementes de cevada ou de trigo. Os agentes fermentadores são leveduras das espécies *Saccharomyces cerevisiae* ou *Saccharomyces carlsbergensis*. Na produção do vinho, o substrato é o suco de uvas e o agente fermentador é a levedura *Saccharomyces ellipsoideus*, presente naturalmente na superfície das uvas maduras. No México, um tipo de cerveja conhecido como pulque é produzido desde tempos pré-colombianos pela fermentação de plantas do gênero *Agave* por leveduras e lactobacilos. O destilado resultante do produto dessa fermentação é a popular tequila. O vinho de arroz asiático, conhecido como saquê, resulta da ação de leveduras sobre os açúcares gerados pela fermentação do amido dos grãos de arroz pelo fungo *Aspergillus oryzae*.

O leite é um excelente substrato para o desenvolvimento de diversos tipos de microrganismos. A fermentação láctica é largamente utilizada desde a Antiguidade na produção de laticínios, como queijos, coalhadas e iogurtes. Na produção de iogurtes, por exemplo, o leite é inoculado com uma mistura das bactérias *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* e incubado a 45 °C por várias horas. Durante esse tempo, o estreptococo produz ácido láctico a partir da fermentação da lactose do leite; o lactobacilo, por sua vez, produz a maior parte das substâncias que conferem cremosidade, sabor e aroma característicos ao iogurte. Um dos segredos da fabricação de um bom iogurte é o equilíbrio na multiplicação dessas duas espécies de bactéria.

A produção de certos embutidos de carne, como o salame, demanda a ação fermentativa de bactérias do gênero *Pediococcus*, cuja produção de ácido láctico contribui para o sabor e para a elevada capacidade de conservação desses alimentos. Vinagres são obtidos pela ação de bactérias fermentadoras, principalmente dos gêneros *Acetobacter* e *Acetomonas*, que convertem, no processo conhecido como fermentação acética, etanol em ácido acético.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade prática



Atenção: Cuidado ao manusear o forno e a assadeira quente.

Seu desafio nesta atividade é fazer pães fermentados pela atividade do levedo *Saccharomyces cerevisiae*. Faça pães simples, constituídos apenas de farinha de trigo, água, fermento biológico fresco ou seco e uma pitada de sal. Você pode aprender técnicas básicas de panificação e as proporções de ingredientes nos muitos sites sobre o assunto na internet. Peça a familiares e amigos para ajudar a preparar e a assar os pães. Preste atenção ao tempo e ao local mais adequados para um bom crescimento, produzido pela intensa atividade fermentativa das leveduras. Se a fermentação for adequada, seus pães deverão ficar porosos e macios, graças às bolhas de gás carbônico liberadas pela fermentação do amido da farinha pelas leveduras. O resultado da atividade, os pães que você mesmo fez, podem ser compartilhados com amigos, colegas e professores.

A fermentação também está envolvida na produção do chocolate. As sementes de frutos do cacau (*Theobroma cacao*) recém-colhidos têm seus carboidratos fermentados inicialmente por leveduras e, depois, por bactérias láticas e acéticas. Em seguida, as sementes são secas, torradas e processadas. A fermentação é necessária para que se formem as substâncias que dão o sabor típico do chocolate. O molho de soja, ou *shoyu*, ingrediente tradicional nas culinárias chinesa e japonesa, é produto da fermentação de açúcares e outros compostos da semente de soja pelo fungo *Aspergillus oryzae*.

A aplicação em larga escala de processos fermentativos ganha cada vez mais destaque com o desenvolvimento econômico e o aumento da demanda de energia e de insumos químicos. Atualmente países de todo o mundo estão empenhados em diminuir o consumo de combustíveis fósseis como o carvão mineral e o petróleo, em parte porque suas reservas estão diminuindo e muito por seu alto poder poluidor, que pode contribuir para o aquecimento global. O programa brasileiro de produção de etanol combustível utiliza a fermentação do melaço de cana por leveduras do gênero *Saccharomyces*. Acetona e butanol, importantes solventes empregados nas indústrias química e farmacêutica, são produzidos na fermentação de melaço de cana pela bactéria *Clostridium acetobutylicum*. O ácido cítrico, largamente empregado pela indústria de refrigerantes, é produzido pela fermentação do melaço de cana por fungos do gênero *Aspergillus*.

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Testando hipóteses sobre a fermentação

Forme um grupo de colegas e divida com eles a tarefa de obter os materiais necessários ao experimento.

Material

- fermento biológico (30 g de fermento biológico fresco ou 10 g de fermento biológico seco);
- 6 garrafas plásticas vazias iguais, de água ou refrigerante (500 mL), com tampa;
- 6 balões de borracha (bexigas);
- tubos plásticos flexíveis (como os utilizados em bombas de aquário);
- açúcar;
- montagem para banho-maria;
- gelo.



Atenção e cuidado ao manipular as garrafas em banho-maria.

Procedimentos, observações e questões

Dissolva o fermento biológico em 250 mL de água. Numere as garrafas de 1 a 6 e distribua quantidades iguais da solução de fermento nas garrafas 1 a 5. Na garrafa 6 coloque apenas água. Adicione uma colher de sopa de açúcar nas garrafas 2 a 6. Adapte uma bexiga à boca de cada uma das garrafas, prendendo-as bem. Deixe as garrafas 1, 2, 3 e 6 em temperatura ambiente; coloque a garrafa 4 em um banho de gelo e a garrafa 5 em banho-maria (entre 35 °C e 40 °C).

Observe e anote o que ocorre com as bexigas nas horas seguintes e responda às questões a seguir.

- Qual é o papel da garrafa 6 na montagem experimental?
- Quais garrafas permitem testar a hipótese de que a presença das leveduras é necessária para a produção de gás carbônico?
- Quais garrafas permitem testar a hipótese de que a presença de açúcar é necessária para a produção de gás carbônico?
- Quais garrafas permitem testar a hipótese de que a produção de gás carbônico é afetada pela temperatura? converse com os colegas e o professor sobre os resultados, correlacionando-os à fermentação realizada pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

Atividades finais



Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. (UFRGS-RS) O ATP atua como um tipo de "moeda energética". Considere as seguintes afirmações 1. e sobre essa molécula.

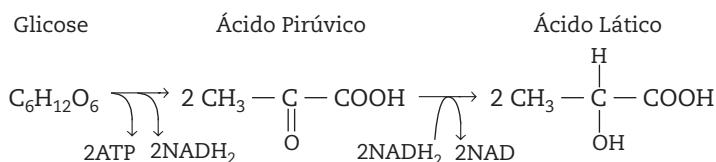
- A molécula é um nucleotídeo composto por uma base nitrogenada, uma ribose e um grupo trifosfato.
- A hidrólise da molécula libera energia livre que pode ser utilizada no transporte ativo.
- A síntese da molécula pode ocorrer na ausência de oxigênio, quando a glicólise é seguida pela fermentação.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

2. (PUC-RJ)

2. a Qual processo é indicado pela reação?



- a) Fermentação realizada por células musculares.
 b) Glicólise realizada por células eucarióticas.
 c) Respiração aeróbica por células animais.
 d) Fermentação realizada por leveduras.
 e) Glicólise realizada por bactérias.

3. (UFJF-MG) No processo de respiração celular o gás oxigênio atua como agente oxidante de
3. c moléculas orgânicas. As afirmativas a seguir são relacionadas a esse processo.

- I. Os produtos finais da respiração celular são moléculas de gás carbônico e moléculas de água.
 II. A degradação da glicose na respiração celular ocorre em três etapas metabólicas (glicólise, Ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa).
 III. O saldo energético líquido da primeira etapa da respiração celular é de dois ATP por moléculas de glicose.
 IV. O oxigênio é necessário em todas as três etapas metabólicas da respiração celular.
 V. Nas células eucarióticas, o Ciclo de Krebs, uma das etapas metabólicas da respiração celular, ocorre no citosol.

São corretas as afirmativas:

- a) I, III e V.
 b) II, IV e V.
 c) I, II e III.
 d) I, II e IV.
 e) I, II, III e V.

4. (Enem) Companheira viajante

4. c Suavemente revelada? Bem no interior de nossas células, uma clandestina e estranha alma existe. Silenciosamente, ela trama e aparece cumprindo seus afazeres domésticos cotidianos, descobrindo seu nicho especial em nossa fogosa cozinha metabólica, mantendo entropia em apuros, em ciclos variáveis noturnos e diurnos. Contudo, raramente ela nos acende, apesar de sua fornalha consumi-la. Sua origem? Microbiana, supomos. Julga-se adaptada às células eucariontes, considerando-se como escrava – uma serva a serviço de nossa verdadeira evolução.

MCMURRAY, W. C. The traveler. Trends In Biochemical Sciences, 1994. Adaptado.

A organela celular descrita de forma poética no texto é o(a)

- a) centriolo.
 b) lisossomo.
 c) mitocôndria.
 d) complexo golgiense.
 e) retículo endoplasmático liso.

5. (UEFS-BA) Células vivas requerem transfusão de energia a partir de fontes externas para realizarem suas diferentes tarefas, como montagem de biopolímeros, bombeamento de substâncias através de membranas, movimento e reprodução.

Assim, a energia armazenada nas moléculas orgânicas dos alimentos

- a) proporciona a fosforilação do ATP, quando liberadas.
 b) é usada diretamente nas atividades metabólicas.
 c) é utilizada totalmente na respiração aeróbica.
 d) é produto da transformação da energia fótica.
 e) é melhor aproveitada em anaerobiose.

6. Seu desafio nesta atividade é inicialmente conversar com seus professores da área de Ciências Naturais sobre o que é energia e quais são suas diferentes formas de manifestação (mecânica, cinética, gravitacional, elétrica, química etc.). Peça a eles referências de pesquisas das formas de energia citadas. Com base nisso, elabore um texto que tente relacionar, nas cadeias produtiva e biológica, diferentes formas de energia e suas interconversões.

CAPÍTULO

3

QUANTIDADE DE MATÉRIA E MOL



WILL RODRIGUES/SHUTTERSTOCK

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

A capoeira é uma manifestação cultural brasileira que envolve música, dança e luta. Ela foi criada pelos africanos escravizados no Brasil como forma de preservar suas raízes e ancestralidade, bem como de lutar e resistir à dominação e à escravidão. Em 2014, a prática foi declarada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) patrimônio imaterial da humanidade e, a partir de 2016, passou a ser considerada também um esporte, atualmente praticado em diversos países. Na foto, roda de capoeira em São Paulo, SP, 2016.

A energia requerida para o esforço muscular durante diferentes atividades físicas, como a capoeira, é obtida pela hidrólise de ATP, uma molécula produzida pelo organismo a partir dos nutrientes dos alimentos, como estudado no Capítulo 2. Você faz ideia de quantas moléculas de ATP são necessárias para que o nosso organismo consiga realizar as atividades diárias? Ou quantas vezes, em média, uma mesma molécula de ATP é convertida em ADP e esta, novamente, em ATP?

Objetos macroscópicos podem ser contados e, dessa forma, podemos falar, por exemplo, em cinco moedas, um par de meias ou duas dúzias de bananas. E contar átomos e moléculas, será possível? O que inviabiliza essa contagem de modo **direto** é que eles são extremamente pequenos e isso dificulta visualizar e contar individualmente cada átomo de uma amostra macroscópica que, por menor que seja, contém um número imenso de moléculas e átomos. Contudo, o trabalho de diversos cientistas permitiu um meio **indireto** para realizar essa contagem.

Contar de modo indireto pode ser comparado a ter um grande lote de parafusos, todos de massa idêntica, e desejar saber quantos há ao todo. Utilizando uma balança esse número pode ser determinado, concorda?

Vamos exemplificar o procedimento. Digamos que uma fábrica produza parafusos de 5 g cada um. A produção mensal é de 100 kg de parafusos. Contá-los individualmente até seria possível, mas há um modo bem mais rápido para saber quantos parafusos são produzidos: 100 kg equivalem a $100 \cdot 10^3$ g, ou $1 \cdot 10^5$ g, isto é, 100.000 g (cem mil gramas). Dividindo pela massa de cada parafuso, 5 g, determinamos a produção mensal: $2 \cdot 10^4$, ou 20.000 (vinte mil) parafusos.

Neste capítulo, você aprenderá como consultar a tabela periódica para chegar ao valor da massa de átomos, de moléculas e de íons e como usar medidas de massa para avaliar quantos átomos, moléculas ou íons há em certa amostra de matéria. Aprenderá também o significado da grandeza quantidade de matéria e a utilidade da constante de Avogadro.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT105
- EM13CNT203
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT308

1. Massa atômica

No final do século XIX e início do século XX, os cientistas desenvolveram um equipamento denominado **espectrômetro de massa** (Fig. 1), que permite comparar a massa de átomos (e de moléculas) com um padrão de massa previamente estabelecido. Por convenção, o padrão escolhido foi um doze avos (isto é, $\frac{1}{12}$) da massa do isótopo carbono-12, ou seja, $^{12}_6\text{C}$, que é o isótopo do elemento químico carbono com número de massa 12. Isótopos são átomos com o mesmo número de prótons (mesmo número atômico) e diferente número de nêutrons. Esse padrão é chamado **unidade de massa atômica unificada** e simbolizado por **u**.

A massa de um átomo é denominada **massa atômica**. Ela é determinada experimentalmente utilizando espectrômetros de massa e, por conveniência, expressa em u.

Dos elementos químicos, apenas vinte não apresentam dois ou mais isótopos naturais, ocorrendo na natureza como um único tipo de átomo. Suas massas atômicas, experimentalmente determinadas, são apresentadas na Tabela 1.

Perceba que *número de massa* não é a mesma coisa que *massa atômica*. O *número de massa* é a soma dos números de prótons e de nêutrons de um átomo, sendo, portanto, inteiro e desprovido de unidade. Já a *massa atômica* é a massa de um átomo medida por meios experimentais. Para expressá-la, usamos um numeral seguido de uma unidade que, por conveniência, é a unidade de massa atômica unificada (u). Assim, por exemplo, no caso do átomo $^{27}_{13}\text{Al}$ (Tabela 1), o número de massa é 27 e a massa atômica é 26,981539 u.

O valor da massa atômica não costuma ser inteiro, exceto no caso do isótopo $^{12}_6\text{C}$, cuja massa tem valor exato igual a 12 em decorrência da definição adotada para a unidade de massa atômica unificada. A massa dos demais átomos não é inteira por alguns motivos, entre eles o fato de a massa do nêutron não ser rigorosamente igual à do próton, mas cerca de 0,14% maior que ela.

Quando o valor não inteiro da massa de um átomo, em u, é arredondado para o número inteiro mais próximo, o resultado coincide numericamente com o número de massa, que, por sua vez, indica o total de prótons e nêutrons no núcleo desse átomo. Você pode comprovar isso analisando os dados da Tabela 1.

Digamos que seja necessário determinar quantos átomos de alumínio há, por exemplo, em uma amostra de 36 g de alumínio puro. Para isso, basta dividir a massa da amostra, 36 g, pela massa de um único átomo, ambas expressas na mesma unidade. Então, surge a pergunta: qual é a massa de um átomo de alumínio ($^{27}_{13}\text{Al}$) expressa na unidade grama?

Para descobrir, necessitamos da relação entre grama (g) e unidade de massa atômica unificada (u). Por meios experimentais, os cientistas determinaram que $1\text{ g} = 6,022140858 \cdot 10^{23}\text{ u}$.

Essa relação é frequentemente aproximada (como faremos neste livro) para:

$$1\text{ g} = 6,0 \cdot 10^{23}\text{ u}$$

Conhecendo essa relação, podemos converter a massa de um átomo de alumínio (27 u) para gramas, por meio de um raciocínio de proporcionalidade:

$$\begin{array}{ccc} \text{Massa em g} & & \text{Massa em u} \\ 1\text{ g} & \xrightarrow{\quad} & 6,0 \cdot 10^{23}\text{ u} \\ x & \xrightarrow{\quad} & 27\text{ u} \end{array} \quad \left. \right\} \Rightarrow x = 4,5 \cdot 10^{-23}\text{ g}$$

Então, a massa de um único átomo de alumínio é $4,5 \cdot 10^{-23}\text{ g}$, isto é, $0,000000000000000000000045\text{ g}$! Para saber quantos átomos há em uma amostra de 36 g, dividimos essa massa por $4,5 \cdot 10^{-23}\text{ g}$, o que nos conduz a $8,0 \cdot 10^{23}$, ou seja, 800.000.000.000.000.000.000 átomos (800 sextilhões de átomos)!



SHAWN PATRICK OUELLET/PORTLAND PRESS HERALD/GETTY IMAGES

Figura 1 Pesquisadora posicionando mistura de moléculas em um dispositivo para análise de composição. O aparelho do centro da foto fraciona e vaporiza a amostra e, por meio de tubos, a injeta no espectrômetro de massa, na parte direita da foto. Este último fundamenta-se em princípios da Física (especificamente, da mecânica e do eletromagnetismo) para comparar a massa de átomos e de moléculas com um padrão, a unidade de massa atômica. (Laboratório de análises bioquímicas, Maine, EUA, 2019.)

Tabela 1 Massa atômica dos vinte elementos químicos que não apresentam dois ou mais isótopos de ocorrência natural.

| Átomo | Massa atômica (u) |
|-------------------------------------|-------------------|
| Berílio, $^{9}_{4}\text{Be}$ | 9,012183 |
| Flúor, $^{19}_{9}\text{F}$ | 18,998403 |
| Sódio, $^{23}_{11}\text{Na}$ | 22,989769 |
| Alumínio, $^{27}_{13}\text{Al}$ | 26,981539 |
| Fósforo, $^{31}_{15}\text{P}$ | 30,973762 |
| Escândio, $^{45}_{21}\text{Sc}$ | 44,955908 |
| Manganês, $^{55}_{25}\text{Mn}$ | 54,938044 |
| Cobalto, $^{59}_{27}\text{Co}$ | 58,933194 |
| Arsênio, $^{75}_{33}\text{As}$ | 74,921595 |
| Ítrio, $^{89}_{39}\text{Y}$ | 88,905840 |
| Níobio, $^{93}_{41}\text{Nb}$ | 92,906378 |
| Ródio, $^{103}_{45}\text{Rh}$ | 102,905498 |
| Iodo, $^{127}_{53}\text{I}$ | 126,904472 |
| Césio, $^{133}_{55}\text{Cs}$ | 132,905452 |
| Praseodímio, $^{141}_{59}\text{Pr}$ | 140,907658 |
| Térbio, $^{159}_{65}\text{Tb}$ | 158,925355 |
| Hôlmio, $^{165}_{67}\text{Ho}$ | 164,930329 |
| Túlio, $^{169}_{69}\text{Tm}$ | 168,934218 |
| Ouro, $^{197}_{79}\text{Au}$ | 196,966569 |
| Bismuto, $^{209}_{83}\text{Bi}$ | 208,980399 |

Fonte: COHEN, E. R. et al. *Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química*. (Livro Verde da IUPAC.) São Paulo: SBQ, 2018.

A maioria dos elementos químicos apresenta-se na natureza como dois ou mais isótopos diferentes, cada um com sua massa atômica (Tabela 2).

O elemento boro, por exemplo, existe sob a forma de dois isótopos naturais, o boro-10 e o boro-11. O primeiro apresenta massa atômica de aproximadamente 10 u e abundância 20%; o segundo tem massa atômica próxima de 11 u e abundância 80%. Consideremos uma amostra de 100 átomos desse elemento, na qual há 20 átomos de boro-10 (isto é, 20% dos átomos na amostra) e 80 átomos de boro-11.

$$\text{Massa aproximada de 20 átomos de 10 u} = 20 \cdot 10 \text{ u} = 200 \text{ u}$$

$$\text{Massa aproximada de 80 átomos de 11 u} = 80 \cdot 11 \text{ u} = 880 \text{ u}$$

$$\text{Massa total aproximada dos 100 átomos} = 200 \text{ u} + 880 \text{ u} = 1080 \text{ u}$$

Se 100 átomos de boro têm massa atômica próxima de 1080 u, então cada átomo desse elemento tem, **em média**, massa 10,8 u. Esse cálculo é uma **média ponderada** e também poderia ter sido indicado da seguinte maneira:

$$\text{Massa média aproximada de um átomo de boro} = \frac{20 \cdot 10 \text{ u} + 80 \cdot 11 \text{ u}}{100} = 10,8 \text{ u}$$

A massa e a abundância dos isótopos naturais dos elementos químicos foram determinadas experimentalmente. Com base nelas, foram calculadas as massas médias de seus átomos, expressas em unidades de massa atômica unificada, denominadas **massas atômicas dos elementos químicos**. São elas que constam das tabelas periódicas, como a que está no final deste livro. No caso dos elementos relacionados na Tabela 1, a massa atômica do elemento é a própria massa desses átomos, já que não há necessidade de calcular a média ponderada.

Ter à disposição os valores de massas atômicas dos elementos químicos possibilita quantificar os átomos existentes em uma amostra. Se desejássemos, por exemplo, saber quantos átomos existem em 36 g de boro, bastaria realizar um cálculo semelhante ao que fizemos para o caso do alumínio, porém empregando a massa atômica do boro (10,8 u). Os dados de massas atômicas também possibilitam calcular a massa de moléculas e de íons.

Denomina-se **massa molecular** a massa de uma molécula. Por conveniência, essa grandeza geralmente é expressa em unidades de massa atômica (u). Uma molécula de dióxido de carbono (CO_2), por exemplo, é constituída de um átomo de carbono (massa atômica aproximadamente 12 u) e dois átomos de oxigênio (massa atômica aproximadamente 16 u) e, assim, a massa molecular do CO_2 é aproximadamente $12 \text{ u} + 2 \cdot (16 \text{ u}) = 44 \text{ u}$.

Para calcular a **massa de um íon**, por exemplo Na^+ ou Cl^- , levamos em conta que a perda ou o recebimento de elétron(s) não altera significativamente a massa do átomo, já que um elétron tem massa centenas de vezes menor que um próton. Assim, por exemplo, como as massas atômicas do sódio e do cloro são, respectivamente, 23 u e 35,5 u, a massa do íon Na^+ será 23 u e a do Cl^- será 35,5 u.

Para compostos iônicos, que não são formados por moléculas, mas por íons, pode-se falar em **massa fórmula**, que é a massa do conjunto de íons que aparece na fórmula da substância. Por exemplo, a massa fórmula do cloreto de sódio (NaCl) é 58,5 u, valor obtido pela soma de 23,0 u (do Na^+) e 35,5 u (do Cl^-).

Tabela 2 Massa atômica e abundância dos isótopos naturais de alguns elementos químicos.

| Isótopo e abundância | Massa atômica (u) |
|------------------------------|-------------------|
| $^{10}_{\text{B}}$ (20%) | 10,012937 |
| $^{11}_{\text{B}}$ (80%) | 11,009305 |
| $^{16}_{\text{O}}$ (99,76%) | 15,994915 |
| $^{17}_{\text{O}}$ (0,04%) | 16,999132 |
| $^{18}_{\text{O}}$ (0,20%) | 17,999160 |
| $^{20}_{\text{Ne}}$ (90,48%) | 19,992440 |
| $^{21}_{\text{Ne}}$ (0,27%) | 20,993847 |
| $^{22}_{\text{Ne}}$ (9,25%) | 21,991385 |
| $^{35}_{\text{Cl}}$ (75,8%) | 34,968853 |
| $^{37}_{\text{Cl}}$ (24,2%) | 36,965903 |
| $^{79}_{\text{Br}}$ (50,7%) | 78,918338 |
| $^{81}_{\text{Br}}$ (49,3%) | 80,916290 |

Fonte: COHEN, E. R. et al. *Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química*. (Livro Verde da IUPAC.) São Paulo: SBQ, 2018.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Utilize os dados da Tabela 2 e uma calculadora para confirmar que as massas atômicas (expressas, ao final do cálculo, com uma casa depois da vírgula) dos elementos químicos oxigênio, neônio, cloro e bromo apresentadas na tabela periódica que está no final deste livro estão corretas.

Aplicando conhecimentos



Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

- Nas atividades a seguir, apresente os dados que coletou na tabela periódica para responder e os argumentos em que se fundamenta sua resposta.
1. Aproximadamente quantas vezes a massa de um átomo de enxofre é maior que a massa de um átomo de oxigênio?
 2. Aproximadamente quantas vezes a massa de um átomo de silício é menor que a de um átomo de urânio?
 3. Quantas moléculas de água têm massa comparável à de uma molécula de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)?
 4. Qual das substâncias tem moléculas de maior massa: dióxido de carbono (CO_2), amônia (NH_3), etano (C_2H_6), silano (SiH_4) ou fosgênio (COCl_2)?
 5. Qual dos seguintes íons tem menor massa: nitrito (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}), hipoiodito (IO^-) ou amônio (NH_4^+)?

2. Mol e constante de Avogadro

Considere duas perguntas relacionadas entre si: quantos átomos há em 27 g de alumínio? E quantas moléculas há em 44 g de dióxido de carbono?

Como a massa atômica do alumínio (Al) é 27 u, podemos montar a proporção:

| Massa | Número de átomos |
|-------|------------------|
| 27 u | 1 |
| 27 g | x |

$$\Rightarrow x = ?$$

No entanto, há um problema: usamos unidades de medida diferentes na coluna da esquerda. Vamos, então, converter 27 u para grama, usando a relação $6,0 \cdot 10^{23} \text{ u} = 1 \text{ g}$ e dividindo os dois membros dessa igualdade por $6,0 \cdot 10^{23}$:

$$\frac{6,0 \cdot 10^{23}}{6,0 \cdot 10^{23}} \text{ u} = \frac{1}{6,0 \cdot 10^{23}} \text{ g} \Rightarrow 1 \text{ u} = \frac{1}{6,0 \cdot 10^{23}} \text{ g}$$

Substituindo esse valor de u em 27 u, obtemos:

| Massa | Número de átomos |
|--|------------------|
| $27 \cdot \frac{1}{6,0 \cdot 10^{23}} \text{ g}$ | 1 |
| 27 g | x |

$$\Rightarrow x = 6,0 \cdot 10^{23}$$

Agora, vamos responder ao segundo questionamento. A massa molecular do dióxido de carbono (CO_2) é 44 u e, com ela, podemos montar a proporção:

| Massa | Número de moléculas |
|-------|---------------------|
| 44 u | 1 |
| 44 g | y |

$$\Rightarrow y = ?$$

Substituindo u em função de grama em 44 u, temos:

| Massa | Número de moléculas |
|--|---------------------|
| $44 \cdot \frac{1}{6,0 \cdot 10^{23}} \text{ g}$ | 1 |
| 44 g | y |

$$\Rightarrow y = 6,0 \cdot 10^{23}$$

Percebeu uma regularidade? A massa atômica do Al é 27 u, e deduzimos que em uma amostra de 27 g existem $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos. A massa molecular do CO_2 é 44 u, e concluímos que em 44 g dessa substância há $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas.

A quantidade $6,0 \cdot 10^{23}$ (ou, expressa com maior precisão, $6,022140858 \cdot 10^{23}$) é denominada **1 mol**.

Vejamos outros exemplos:

- A massa de um único átomo de ferro (Fe) é 55,8 u e, portanto, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de ferro, ou **1 mol de átomos** de ferro, é 55,8 g.
- A massa de uma única molécula de metano (CH_4) é 16 u e, então, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas de metano, ou **1 mol de moléculas** de metano, é 16 g.
- A massa de um único íon sódio (Na^+) é 23 u e, consequentemente, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ íons sódio, ou **1 mol de íons** sódio, é 23 g.

Como mostramos no Item 1, o valor $6,0 \cdot 10^{23}$ provém da relação entre duas unidades de massa, o grama e a unidade de massa atômica unificada. Expresso com maior precisão, o valor é $6,022140858 \cdot 10^{23}$ e está incorporado em uma constante científica de grande relevância:

$$\text{Constante de Avogadro} = 6,022140858 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Nos cálculos realizados no Ensino Médio, essa constante costuma ser expressa até a primeira casa depois da vírgula (isto é, com dois algarismos significativos), da seguinte maneira: $6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Após estudar esta página, reflita sobre as seguintes perguntas e expresse as respostas no caderno. Troque ideias com os colegas para ver se há consenso.

- A massa atômica do ouro é 197 u. Quantos átomos estão presentes em 197 g de ouro? Como se chama essa quantidade?
- A massa molecular da água é 18 u. Quantas moléculas existem em 18 g de água? Como é denominada essa quantidade?
- A massa de um íon sulfato SO_4^{2-} é 96 u. Quantos desses íons fazem uma massa de 96 g? Qual é o nome dessa quantidade?

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

A unidade mol^{-1} , presente na constante de Avogadro, frequentemente é motivo de dúvidas.

Para compreendê-la, note que:

$$\text{mol}^{-1} = \frac{1}{\text{mol}}$$

Assim, mol^{-1} pode ser entendido como **por mol**.

A constante de Avogadro, portanto, fornece o número de entidades (átomos, moléculas, íons etc.) que estão presentes **por mol**, ou seja, **em 1 mol**.

3. Massa molar e quantidade de matéria

Analisando os exemplos dados no item anterior, podemos perceber que a massa de 1 mol depende daquilo a que essa quantidade se refere.

A massa de 1 mol é chamada **massa molar** e é expressa na unidade g/mol, ou g·mol⁻¹. Utilizamos essa grandeza nos seguintes contextos relevantes:

- **Elemento químico** – a massa molar refere-se a **1 mol de átomos desse elemento químico**. Assim, a massa molar do elemento químico nitrogênio é 14 g/mol e a do elemento químico neônio é 20,2 g/mol.
- **Substância simples metálica** – a massa molar refere-se a **1 mol de átomos do elemento químico metálico** que constitui a substância. Por exemplo, a do alumínio é 27 g/mol e a do ouro é 197 g/mol.
- **Substância molecular** – a massa molar refere-se a **1 mol de moléculas da substância**. Então, a massa molar da água (H₂O) é 18 g/mol, a do etanol (C₂H₆O) é 46 g/mol e a da sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁) é 342 g/mol.
- **Íon** – a massa molar refere-se a **1 mol desse íon**. Podemos citar como exemplos a massa molar do Na⁺, que é 23 g/mol, e a do Cl⁻, que é 35,5 g/mol.
- **Substância iônica** – a massa molar refere-se a **1 mol de fórmulas unitárias dessa substância**, entendendo-se por **fórmula unitária** o conjunto de íons que figura na fórmula usada para representar a substância. Assim, por exemplo, a massa molar do cloreto de sódio (NaCl) é 58,5 g/mol e a do fluoreto de cálcio (CaF₂) é 78,1 g/mol.

Conhecendo a massa molar, podemos descobrir quantos mols existem em certa massa de determinada espécie química. Considere, por exemplo, duas amostras, ambas de massa 414 g, dos líquidos incolores água e etanol (substâncias moleculares). Embora tenham a mesma massa, essas amostras não têm a mesma quantidade de mols, pois a massa molar da água (18 g/mol) e a do etanol (46 g/mol) são diferentes.

Expressar a grandeza **quantidade de matéria** é expressar **quantos mols** há em determinada amostra de interesse. Vamos calcular a quantidade de matéria de água e de etanol nas amostras mencionadas.

| Massa de água | Quantidade de matéria | Massa de etanol | Quantidade de matéria |
|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 18 g | 1 mol | 46 g | 1 mol |
| 414 g | x | 414 g | y |
| $x = 23 \text{ mol}$ | | $y = 9 \text{ mol}$ | |

Esses resultados revelam que na amostra de água há $23 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas e na de etanol há $9 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas. A amostra de água, portanto, contém maior quantidade de matéria, em mols de moléculas.

Como você percebe, podemos determinar a quantidade em mols por raciocínio de proporcionalidade. Para fazer esse cálculo, podemos usar também a seguinte expressão matemática:

$$n = \frac{m}{M}$$

em que: n = quantidade de matéria (unidade: mol)
 m = massa da amostra (unidade: g)
 M = massa molar (unidade: g/mol ou g·mol⁻¹)

Vamos aplicar essa expressão para calcular a quantidade de matéria nas amostras de água e de álcool:

Para a água: $n_{\text{água}} = \frac{m_{\text{água}}}{M_{\text{água}}} = \frac{414 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{água}} = 23 \text{ mol}$

Para o etanol: $n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{M_{\text{etanol}}} = \frac{414 \text{ g}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{etanol}} = 9 \text{ mol}$

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Os quatro elementos químicos presentes em maior massa no organismo humano e suas **porcentagens em massa** são:

| | | |
|----|----------------|-----|
| 1º | Oxigênio (O) | 65% |
| 2º | Carbono (C) | 18% |
| 3º | Hidrogênio (H) | 10% |
| 4º | Nitrogênio (N) | 3% |

Fonte: CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. *Chemistry*. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2016.

Essa ordem se modifica quando consideramos a abundância em número de átomos (não em massa).

Depois de estudar esta página, reúnam-se em equipes, debatam um modo de ordenar esses quatro elementos químicos em **ordem decrescente de número de átomos** e façam a ordenação. Não há necessidade de determinar as porcentagens em átomos, apenas a ordem.

Ao final, escolham um integrante de cada equipe para expor à sala o raciocínio empregado.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

O mol é a **unidade** de medida da **grandeza** quantidade de matéria no Sistema Internacional de Unidades (SI).

O nome da unidade é **mol** e seu símbolo também é **mol**. Isso não acontece com as outras unidades do SI; por exemplo, o símbolo de metro é **m** e o de quilograma é **kg**.

O símbolo de uma unidade do SI **não** é flexionado para o plural. Assim, da mesma maneira que representamos **cinco metros** como **5 m** (**não** **5 ms**) e **cinco quilogramas** como **5 kg** (**não** **5 kgs**), representamos **cinco mols** como **5 mol**.

Então, não estranhe as grafias **23 mol** e **9 mol** no texto ao lado. Elas são lidas, respectivamente, **vinte e três mols** e **nove mols**.



6. O silício é utilizado na elaboração de componentes eletrônicos. Calcule quantos átomos há em um cristal de 56 mg de silício.
7. Além do silício, o germânio é outro elemento empregado em eletrônica. Para serem usados em determinados componentes, cristais de germânio devem conter, para cada bilhão (10^9) de átomos de germânio, um átomo de outro elemento químico propositalmente adicionado (chamado dopante). Faça uma estimativa de quantos átomos dopantes há em um cristal de 73 mg de germânio.
8. O acetileno, C_2H_2 , é um gás usado como combustível em maçaricos para soldar metal. Um serralheiro comprou um botijão de acetileno, no qual há 13 kg dessa substância. Quantos mols de acetileno esse profissional comprou? Quantas moléculas de acetileno há nessa quantidade de matéria?
9. Que massa do metal prata contém o mesmo número de átomos que existe em 19,7 g de ouro?
10. Há mais moléculas dentro de um extintor de incêndio que contém 6 kg de CO_2 ou de um garrafão de bebedouro que contém 5 kg de água? Explique.
11. A concentração de $CO_2(g)$ tem aumentado regularmente na atmosfera devido a atividades humanas como o uso de combustíveis fósseis e queimadas, reforçando cada vez mais a preocupação, compartilhada por boa parte da comunidade científica, com a continuidade do aquecimento global por intensificação do efeito estufa. Em 2013, a concentração de $CO_2(g)$ na atmosfera atingiu 0,04% em mols. Antes da Revolução Industrial, era inferior a 0,03%.
 - a) Considerando que a massa da atmosfera terrestre é $5,1 \cdot 10^{21}$ g e que a massa molar média do ar é 29 g/mol, determine quantos mols de ar há em nosso planeta.
 - b) Determine quanto é 0,01% do valor calculado. Essa é uma estimativa da quantidade em mols de $CO_2(g)$ que aumentou na atmosfera.
 - c) Calcule a massa de CO_2 que corresponde ao resultado do item b.
 - d) Com base nos cálculos realizados, o que você pode concluir sobre a influência de atividades humanas na composição e qualidade da atmosfera? Que argumentos podem ser utilizados para educar a população a modificar hábitos e atitudes que contribuem para o aumento de CO_2 na atmosfera? Como tais argumentos podem ser veiculados? Deve haver alguma imposição aos cidadãos? Justifique suas opiniões.

12. Os dez elementos químicos presentes em maior massa na crosta terrestre e as porcentagens em massa de cada um deles nessa parte do planeta são:

| | | | |
|-------|------|--------|------|
| 1º O | 50% | 6º Na | 2,6% |
| 2º Si | 26% | 7º K | 2,4% |
| 3º Al | 7,5% | 8º Mg | 1,9% |
| 4º Fe | 4,7% | 9º H | 0,9% |
| 5º Ca | 3,4% | 10º Ti | 0,6% |

Fonte: WILLIAMS, R. J. P.; SILVA, J. J. R. F. *The natural selection of the chemical elements*. Oxford: Oxford University Press, 1997. A ordem se modifica um pouco quando se considera a abundância em número de átomos, não em massa. Ordene esses dez elementos em ordem decrescente de número de átomos e apresente o raciocínio empregado para realizar essa ordenação.

13. Em nosso organismo, a energia dos nutrientes é empregada para a síntese de ATP (Capítulo 2) a partir de ADP e fosfato inorgânico (P_i), que, de modo simplificado, pode ser assim representada:



Quando hidrolisado, o ATP fornece energia para processos metabólicos como esforço muscular e síntese de proteínas. A representação simplificada dessa hidrólise é:



Estima-se que a quantidade média de ATP cuja hidrólise é requerida, diariamente, por um adulto de 70 kg é 117 mol.

- a) A que massa de ATP isso corresponde, considerando que a massa molar do ATP é 507 g/mol?
- b) É possível que um adulto de 70 kg tenha em seu organismo a massa de ATP calculada? Apresente argumentos que sustentem sua resposta.
- c) Estima-se que a quantidade total de ATP em um organismo humano de 70 kg seja 50 g. A quantos mols isso corresponde?
- d) Explique por que não há contradição entre a resposta anterior e o valor 117 mol. Inclua em sua argumentação uma estimativa (realizada por você) de quantas vezes, em média, uma mesma molécula de ADP é convertida em ATP diariamente.

14. O conceito de mol, de grande relevância se aplicado a átomos, moléculas e íons, não é útil para objetos macroscópicos, pois, por menores que eles sejam, suas quantidades presentes em nossa vida não chegam perto de 1 mol. Para ilustrar isso, considere a produção mundial de arroz sem casca em 2018, que foi de 513 Mt (Mt = megatonelada).

- a) Considerando que a massa média de um grão de arroz seja 20 mg, quantos mols de grãos desse cereal foram produzidos naquele ano?
- b) Se a produtividade fosse constante, quantos anos levaria para produzir 1 mol de grãos de arroz?

4. Porcentagem em massa de um elemento

A fórmula molecular da ureia, $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ (Fig. 2), informa que cada molécula dessa substância é constituída de 1 átomo de carbono, 4 átomos de hidrogênio, 2 átomos de nitrogênio e 1 átomo de oxigênio, totalizando 8 átomos. Em duas moléculas de ureia, há o dobro desse número de átomos. Em três, há o triplo, e assim por diante.

Então, em $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas de ureia, há $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de carbono, $4 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de hidrogênio, $2 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de nitrogênio e $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de oxigênio, totalizando $8 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ átomos.

Considerando que $6,0 \cdot 10^{23}$ é um mol, podemos reformular essa conclusão como: em 1 mol de moléculas de ureia, há 1 mol de átomos de carbono, 4 mol de átomos de hidrogênio, 2 mol de átomos de nitrogênio e 1 mol de átomos de oxigênio. Consultando uma tabela periódica para obter as massas mоляres, podemos passar essa relação para massa:

| Substância química ureia | Elemento químico carbono | Elemento químico hidrogênio | Elemento químico nitrogênio | Elemento químico oxigênio |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1 mol | 1 mol | 4 mol | 2 mol | 1 mol |
| 60 g | $1 \cdot 12 \text{ g}$ | $4 \cdot 1 \text{ g}$ | $2 \cdot 14 \text{ g}$ | $1 \cdot 16 \text{ g}$ |
| 60 g | 12 g | 4 g | 28 g | 16 g |

Total: 60 g

Ao conhecer as massas mоляres, portanto, podemos estabelecer relações entre a massa de uma amostra de substância e a massa de cada um dos elementos químicos nela presentes. Isso é importante em diversas situações práticas de Química, Agronomia, Engenharia Química e Engenharia de Materiais, por exemplo.

Imagine que o químico encarregado de formular um fertilizante pode optar entre usar ureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) ou nitrito de amônio (NH_4NO_3) como fonte do elemento químico nitrogênio, um nutriente importante para o desenvolvimento das plantas. Pensando exclusivamente no quesito porcentagem em massa de nitrogênio (desconsiderando outros aspectos), qual das duas opções é melhor, por fornecer mais nitrogênio por massa de fertilizante empregada?

A massa molar da ureia é 60 g/mol e, pela sua composição química ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), percebemos que 1 mol dessa substância contém 2 mol de nitrogênio (28 g):

| Massa | Porcentagem | |
|-------|-------------|--|
| 60 g | 100% | |
| 28 g | x | |

$x = 47\%$

Já a massa molar do nitrito de amônio é 80 g/mol e, pela sua composição química (NH_4NO_3), concluímos que 1 mol dessa substância contém 2 mol de nitrogênio (28 g), pois há nitrogênio no cátion NH_4^+ e no ânion NO_3^- . Assim:

| Massa | Porcentagem | |
|-------|-------------|--|
| 80 g | 100% | |
| 28 g | y | |

$y = 35\%$

Então, no caso do nitrito de amônio, apenas 35% da massa corresponde ao elemento químico nitrogênio, enquanto no caso da ureia a porcentagem é maior, 47%. Assim, considerando apenas o quesito porcentagem de nitrogênio, o químico deve preferir a ureia na formulação do fertilizante.

O mesmo raciocínio possibilita comparar teores de um mesmo metal em diferentes minérios de composição conhecida e também avaliar, em determinados contextos, a porcentagem de pureza de uma matéria-prima de interesse do sistema produtivo.

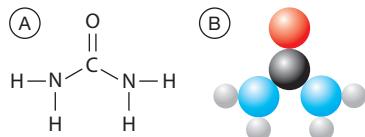


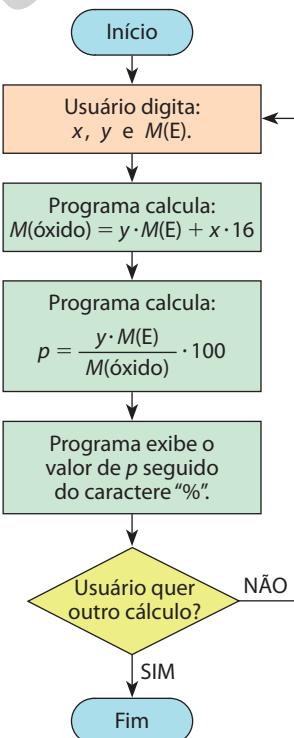
Figura 2 Fórmula estrutural (A) e modelo molecular da ureia (B), com átomos representados por esferas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Após estudar esta página, um grupo de estudantes desenvolveu um algoritmo para criar um programa (aplicativo) de computador que calcula a porcentagem em massa de um elemento E em um óxido de fórmula $E_x\text{O}_y$. O usuário deve digitar os valores de x, de y e da massa molar do elemento E, em g/mol, representada por $M(E)$.

No entanto, o algoritmo (representado no fluxograma a seguir) contém três erros, o que conduziu a um programa com bugs.



1. Reescreva o fluxograma no caderno, corrigindo os três erros.
2. Crie outro fluxograma, mais abrangente, que possibilite calcular a porcentagem em massa de três elementos em um composto de fórmula $X_aY_bZ_c$.

A seu critério, proponha a realização em grupo desta atividade de pensamento computacional.

5. Concentração em quantidade de matéria

Uma solução aquosa é uma mistura homogênea de água (nesse contexto, denominada **solvente**) e outra ou outras substâncias (nesse contexto, denominadas **solutos**). A solução aquosa da Figura 3 foi preparada pelo seguinte procedimento: uma amostra de 18,75 g de nitrato de cobre(II), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, substância de massa molar 187,5 g/mol, que corresponde a 0,1 mol, foi dissolvida inicialmente em um pouco de água destilada dentro de um béquer. Essa solução foi integralmente transferida para um balão volumétrico de 1.000 mL (1 L), que é o frasco que aparece na foto, ao qual se adicionou mais água destilada até uma marca indicativa existente no pescoço do balão. O balão foi tampado e agitado algumas vezes para homogeneizar bem a mistura.

De acordo com o modo de preparo, não dissolvemos o soluto em 1 L de água, mas em **água suficiente para completar 1 L de solução**. Portanto, podemos afirmar que, nessa solução, *existe 0,1 mol de soluto em cada litro de solução*.

Como, em uma solução, o soluto encontra-se homogeneamente distribuído por todo o volume da solução, podemos afirmar que em 0,5 L da solução há 0,05 mol de soluto, em 0,25 L da solução há 0,025 mol de soluto, e assim por diante:

$$\frac{0,1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = \frac{0,025 \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} = \frac{0,02 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}$$

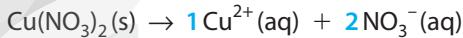
Para expressar concisamente que *existe 0,1 mol de soluto em cada litro de solução*, dizemos que a solução tem **concentração 0,1 mol/L**.

Essa maneira de quantificar a concentração de uma solução, especificando a quantidade de matéria de soluto (em mol) dissolvida em certo volume de solução (em L), é denominada **concentração em quantidade de matéria** ou **concentração em mol/L** ou, ainda, **concentração em mol/dm³** (isso porque 1 L equivale a 1 dm³). Neste livro, vamos representá-la por \mathcal{M} .

$$\mathcal{M} = \frac{n_{\text{sólido}}}{V_{\text{solução}}}$$

A concentração em mol/L é de grande utilidade na Química e em muitas das áreas que utilizam seus conceitos, como Biologia, Bioquímica e Engenharia. Da expressão acima decorre que $n_{\text{sólido}} = \mathcal{M} \cdot V_{\text{solução}}$ e, então, conhecendo a concentração e o volume de solução, determinamos a quantidade de soluto (em mol), o que é essencial para realizar cálculos estequiométricos (Capítulo 6), usados, por exemplo, em análises químicas.

Se soubermos a concentração, em mol/L, da solução aquosa de um eletrólito (sólido que, dissolvido em água, se dissocia em íons), podemos calcular as concentrações dos íons. Consideremos novamente a solução da Figura 3. Quando o nitrato de cobre(II) se dissolveu em água, ocorreu dissociação iônica. Vamos considerar que o sal foi 100% dissociado:



Essa equação informa que cada mol de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ origina 1 mol de Cu^{2+} (aq) e 2 mol de NO_3^- (aq). Então, por proporcionalidade:

| | | |
|---|---|--|
| Concentração de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ dissolvido | Concentração de Cu^{2+} em solução | Concentração de NO_3^- em solução |
| 1 mol/L | 1 mol/L | 2 mol/L |
| 0,1 mol/L | x | y |

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} x = 0,1 \text{ mol/L} \\ y = 0,2 \text{ mol/L} \end{array}$$

Note que a proporção entre as concentrações de cátion e ânion, em mol/L, é 1 : 2, a mesma existente na composição do $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.



SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTODRAMA

Figura 3 Solução aquosa preparada com 0,1 mol de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ dissolvido em quantidade suficiente do solvente água para obter 1,0 L de solução.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Em 2020, os habitantes do município do Rio de Janeiro enfrentaram um problema referente à água distribuída às residências, que chegava até elas turva e com gosto e odor desagradáveis.

A parte do problema referente ao gosto e ao odor decorreu da presença da substância incolor **geosmina** (produzida por microrganismos) na água captada, e que não foi removida adequadamente pelo tratamento municipal. A turvação resultou da presença de impurezas sólidas dispersas na água distribuída.

O gosto e o odor da geosmina são tão pronunciados que podemos percebê-los na água em uma concentração tão baixa como 16 ng/L ($n = \text{nano} = 10^{-9}$).

Nessa concentração, quantas moléculas de geosmina há em 19 mL de solução aquosa (volume ingerido em um pequeno gole)?

Pesquisem os dados necessários ao cálculo. Indiquem as fontes consultadas e expliquem o raciocínio usado.



- 15.** A hidrazina, combustível utilizado nos motores de ajuste de órbita de satélites artificiais, é constituída de dois elementos químicos. Em 1 mol dessa substância há 2 mol de átomos do elemento químico nitrogênio e 4 mol de átomos do elemento químico hidrogênio.
- Qual é a fórmula molecular da hidrazina?
 - Determine a massa molar dessa substância.
 - Considerando-se a massa de 1 mol de hidrazina, quantos gramas correspondem aos átomos do elemento químico nitrogênio? E aos átomos do elemento químico hidrogênio?
- 16.** A vitamina A é constituída de três elementos químicos. Em 0,5 mol dessa substância, verificou-se a presença de 10 mol de carbono, 15 mol de hidrogênio e 0,5 mol de oxigênio. Explique como essas informações são suficientes para determinar a fórmula molecular da vitamina e determine-a.
- 17.** Indústrias siderúrgicas obtêm aço (liga metálica de ferro com pequeno porcentual de átomos de outros elementos químicos como o carbono) a partir de minérios de ferro que contêm, por exemplo, Fe_2O_3 e Fe_3O_4 . Em qual desses dois óxidos a porcentagem de ferro, em massa, é maior? Explique.
- 18.** O Brasil é o maior exportador mundial de nióbio (Nb), metal que, entre outras aplicações, torna o aço bem mais resistente quando incluído na liga metálica. Esse metal é obtido de alguns diferentes minerais, entre eles a tantalita e a columbita, que podem ser considerados combinações dos óxidos FeO , MnO , Ta_2O_5 e Nb_2O_5 , em diferentes proporções. Considere que uma amostra de columbita contenha 60% em massa de Nb_2O_5 .
- Qual é a porcentagem em massa de nióbio em uma amostra pura de Nb_2O_5 ? Apresente o raciocínio que conduziu à resposta.
 - Se uma indústria processar 1 t (uma tonelada) da columbita mencionada, por meio de reações químicas adequadas para obter nióbio metálico (isto é, a substância simples nióbio, Nb), qual será a maior massa, em kg, que pode ser obtida? Explicite o raciocínio usado.
- 19.** Uma das substâncias que dão aroma característico ao alho cortado ou esmagado é a alicina, cuja massa molar é 162 g/mol. Mostre como é possível determinar a fórmula molecular da alicina sabendo que sua composição porcentual em massa é:
44,4% C, 6,2% H, 39,5% S e 9,9% O.
- 20.** Você gerencia o laboratório de análises no qual se determinou que certo refrigerante à base de noz de caju contém $2,0 \cdot 10^{-2}$ mol/L de ácido fosfórico, H_3PO_4 . O limite permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para essa utilização é 0,97 grama de H_3PO_4 por litro de bebida. Você aprovaria ou reprovaria o produto quanto ao quesito analisado? Deixe claro que argumento apresentaria no seu laudo.

- 21.** A análise de íons dissolvidos em determinada água mineral revelou as seguintes concentrações (C) em miligramas do íon por litro de solução:

| Íon | C (mg/L) | Íon | C (mg/L) |
|----------------|----------|-------------|----------|
| 1º Bicarbonato | 41,21 | 6º Magnésio | 1,58 |
| 2º Sódio | 6,34 | 7º Sulfato | 0,96 |
| 3º Cálcio | 5,82 | 8º Cloreto | 0,68 |
| 4º Nitrato | 2,67 | 9º Fluoreto | 0,10 |
| 5º Potássio | 2,64 | 10º Fosfato | 0,05 |

Fonte: Serviço Geológico do Brasil, Laboratório de Análises Minerais (Lamin), Boletim 5 jul. 2017.

Imagine-se encarregado de reordenar esses íons segundo a concentração em quantidade de matéria (mol/L). Investigue os dados necessários, realize a conversão e exponha, em uma tabela, os dados que utilizou no cálculo e os resultados obtidos.

- 22.** Determinado xarope expectorante, administrado sob indicação médica, consiste de uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI), sal bastante solúvel em água. Determine qual é a concentração, em mol/L, de íons K^+ e I^- em um xarope que é uma solução 0,1 mol/L em iodeto de potássio.
- 23.** Em uma metrópole com altos índices de poluição, observou-se que havia, na água coletada nos primeiros minutos de chuva, 0,003 mol/L de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Determine qual é a concentração, em mol/L, de íons sulfato (SO_4^{2-}) nessa amostra. Suponha dissociação total do ácido sulfúrico e explice seu raciocínio.
- 24.** Uma pesquisadora utilizará, em um procedimento, a solução de um frasco em cujo rótulo se lê:
- $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) \quad 0,1 \text{ mol/dm}^3$
- Dessa solução, ela precisará retirar um volume que contenha 0,04 mol de íons ferro(III), Fe^{3+} .
- Inicialmente, explique como ela pode determinar a concentração, em mol/dm³, dos íons presentes nessa solução e realize o cálculo.
 - Mostre como ela pode determinar o volume desejado a partir do valor de concentração de íons ferro(III) calculado anteriormente.
- 25.** Uma solução aquosa de sulfato de sódio (Na_2SO_4), na qual 20% da massa da solução é de soluto, apresenta densidade 1,190 g/cm³. Esses dados e a consulta à tabela periódica são suficientes para determinar a concentração dessa solução, em mol/L? Justifique sua resposta. Se a resposta for sim, realize o cálculo. Se a resposta for não, explique quais dados adicionais são necessários e por quê.
- 26.** Exclusivamente pela mistura de duas soluções aquosas de glicose, uma 1,0 mol/L, outra 2,0 mol/L, como proceder para obter uma solução 1,2 mol/L? Apresente o raciocínio que conduziu à resposta.



- 1.** (Enem) O brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor decisão para evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.

Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/>>. Acesso em: 1º ago. 2012 (adaptado).

Considerando-se o valor de 6×10^{23} mol⁻¹ para a constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a 40 g/mol, qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades?

- a) $7,5 \times 10^{21}$ d) $1,5 \times 10^{25}$
 b) $1,5 \times 10^{22}$ e) $4,8 \times 10^{25}$
 c) $7,5 \times 10^{23}$

- 2.** (Enem) A ingestão de vitamina C (ou ácido ascórbico; massa molar igual a 176 g/mol) é recomendada para evitar o escorbuto, além de contribuir para a saúde de dentes e gengivas e auxiliar na absorção de ferro pelo organismo. Uma das formas de ingerir ácido ascórbico é por meio dos comprimidos efervescentes, os quais contêm cerca de 0,006 mol de ácido ascórbico por comprimido. Outra possibilidade é o suco de laranja, que contém cerca de 0,07 g de ácido ascórbico para cada 200 mL de suco. O número de litros de suco de laranja que corresponde à quantidade de ácido ascórbico presente em um comprimido efervescente é mais próximo de

- a) 0,0002. c) 0,3. e) 3.
 b) 0,03. d) 1.

- 3.** (Enem) Aspartame é um edulcorante artificial (adocante dietético) que apresenta potencial adoçante 200 vezes maior que o açúcar comum, permitindo seu uso em pequenas quantidades. Muito usado pela indústria alimentícia, principalmente nos refrigerantes diet, tem valor energético que corresponde a 4 Calorias/grama. É contraindicado a portadores de fenilcetonúria, uma doença genética rara que provoca o acúmulo da fenilalanina no organismo, causando retardamento mental. O IDA (índice diário aceitável) desse adoçante é 40 mg/kg de massa corpórea.

Disponível em: <<http://boaspraticasfarmaceuticas.blogspot.com>>. Acesso: 27 fev. 2012.

Com base nas informações do texto, a quantidade máxima recomendada de aspartame, em mol, que uma pessoa de 70 kg de massa corporal pode ingerir por dia é mais próxima de

- Dado: massa molar do aspartame = 294 g/mol
 a) $1,3 \times 10^{-4}$. c) 4×10^{-2} . e) 823.
 b) $9,5 \times 10^{-3}$. d) 2,6.

- 4.** (Unicamp-SP) O corpo humano é composto majoritariamente por água, cuja porcentagem, em massa, pode variar entre 80%, quando se nasce, e 50%, quando se morre, ou seja, perde-se água enquanto se envelhece. Considere que, aos 3 anos de idade, 75% do corpo humano é água, e que todo o oxigênio do corpo humano seja o da água aí presente. Nesse caso, pode-se afirmar que a proporção em massa de oxigênio no corpo é de aproximadamente

- a) $\frac{3}{4}$. b) $\frac{2}{3}$. c) $\frac{1}{2}$. d) $\frac{3}{5}$.

Massas molares em g·mol⁻¹: H = 1 e O = 16.

- 5.** (Enem) Em um caso de anemia, a quantidade de sulfato de ferro(II) (FeSO_4 , massa molar igual a 152 g/mol) recomendada como suplemento de ferro foi de 300 mg/dia. Acima desse valor, a mucosa intestinal atua como barreira, impedindo a absorção de ferro. Foram analisados cinco frascos de suplemento, contendo solução aquosa de FeSO_4 , cujos resultados encontram-se no quadro.

| Frasco | Concentração de sulfato de ferro(II) (mol/L) |
|--------|--|
| 1 | 0,02 |
| 2 | 0,20 |
| 3 | 0,30 |
| 4 | 1,97 |
| 5 | 5,01 |

Se for ingerida uma colher (10 mL) por dia do medicamento para anemia, a amostra que conterá a concentração de sulfato de ferro(II) mais próxima da recomendada é a do frasco de número

- a) 1. b) 2. c) 3. d) 4. e) 5.

- 6.** (Enem) A hidroponia pode ser definida como uma técnica de produção de vegetais sem necessariamente a presença de solo. Uma das formas de implementação é manter as plantas com suas raízes suspensas em meio líquido, de onde retiram os nutrientes essenciais. Suponha que um produtor de rúcula hidropônica precise ajustar a concentração do íon nitrato (NO_3^-) para 0,009 mol/L em um tanque de 5.000 litros e, para tanto, tem em mãos uma solução comercial nutritiva de nitrato de cálcio 90 g/L. As massas molares dos elementos N, O e Ca são iguais a 14 g/mol, 16 g/mol e 40 g/mol, respectivamente. Qual o valor mais próximo do volume da solução nutritiva, em litros, que o produtor deve adicionar ao tanque?

- a) 26 b) 41 c) 45 d) 51 e) 82

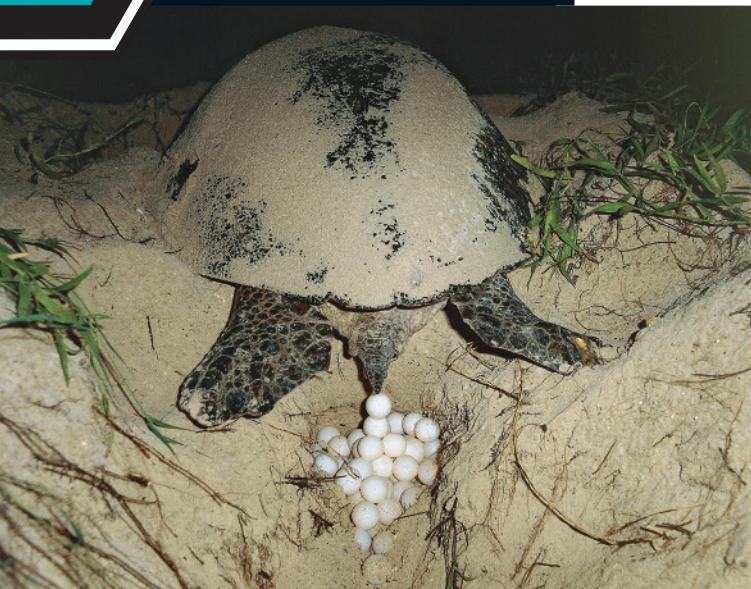
- 7.** (UFRGS-RS) O volume, em mililitros, de uma solução 0,5 mol/L de AgNO_3 necessário para preparar 200 mililitros de uma solução 0,1 mol/L desse sal é igual a:

- a) 10 b) 20 c) 25 d) 40 e) 50

CAPÍTULO

4

ENERGIA TÉRMICA



P.JACOD/DE AGOSTINI/GLOW IMAGES



AGE FOTOSTOCK/EASYPPIX BRASIL

A temperatura do ambiente pode influenciar o comportamento dos animais. Em algumas espécies, pode determinar o sexo dos filhotes.

Nos ambientes naturais, a temperatura exerce importante papel na vida dos animais. Variações repentinas de temperatura podem resultar na morte de populações inteiras. Animais que não têm algum mecanismo interno que regule a temperatura do seu corpo, como peixes, anfíbios, répteis e invertebrados, são muito sensíveis a mudanças bruscas na temperatura. Em regiões onde o inverno é rigoroso, como muitos locais no Hemisfério Norte, algumas espécies de aves migram para o Hemisfério Sul nesse período em busca de comida e de clima mais ameno. A variação da temperatura na vida selvagem também influencia a reprodução de alguns répteis; a determinação do sexo dos filhotes das tartarugas marinhas, por exemplo, depende da temperatura: se os ovos forem mantidos acima de 29 °C, nascerão mais fêmeas; se mantidos abaixo de 29 °C, nascerão mais machos.

A sensibilidade aos fatores ambientais e à temperatura corporal também influencia a vida humana. Se você já teve febre, é provável que tenha sentido mal-estar. Nessa situação, alguém pode ter tocado em você e percebido que sua temperatura corporal estava alterada. Para confirmar essa sensação, a pessoa pode ter usado um termômetro para medir sua temperatura e informado se você estava ou não com febre. A febre é uma reação de defesa do organismo contra vírus, bactérias ou inflamações; por isso, é preciso procurar tratamento médico no caso de febre persistente.

A área das Ciências que estuda a capacidade que certos organismos têm de “sentir frio ou calor”, a temperatura e suas variações, a troca de calor, entre outros assuntos relacionados à **energia térmica**, é a **Termologia**.

Para obter energia, os seres vivos precisam de alimento. Muitas vezes, escolhemos o que vamos comer de acordo com a quantidade de calorias que os alimentos contêm, as quais estão relacionadas à quantidade de energia fornecida. Pelo metabolismo celular, os animais produzem calor e perdem boa parte desse calor para o meio externo.

Animais cuja temperatura corporal é semelhante à do ambiente, não havendo mecanismos corporais para ajustá-la, são os termoconformadores. Já os animais que apresentam mecanismos de ajuste da temperatura do corpo à do ambiente são os termorreguladores. Dependendo da fonte de energia térmica dos animais, eles são classificados em endotérmicos, quando essa fonte é interna, ou seja, é gerada pelo próprio metabolismo, ou em ectotérmicos, quando essa fonte é externa, por exemplo, o ambiente ou a luz do Sol.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT202
- EM13CNT205
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CHS102
- EM13CHS106
- EM13CHS402
- EM13LGG305
- EM13LGG703
- EM13LGG704
- EM13MAT101
- EM13MAT104

O comportamento dos animais, com a exposição total ou parcial ao Sol e atividade noturna ou diurna, também pode estar relacionado ao ajuste térmico do corpo. Torpor diário, hibernação e dormência são estratégias metabólicas adaptativas ligadas ao controle das reservas de energia; portanto, à energia térmica.

Este capítulo apresenta a teoria cinética da matéria, seus estados de agregação, as escalas de temperatura, o conceito de calor, a energia dos alimentos, as curvas de aquecimento e de resfriamento, o ciclo da água e as trocas de calor.

✓ 1. Teoria cinética da matéria

Em nível microscópico, as partículas constituintes da matéria – átomos e moléculas – não estão paradas, estáticas. Elas estão em movimento, mais ou menos intenso, dependendo do estado de agregação da substância, ou seja, sólido, líquido ou gasoso, e de suas condições físicas. Portanto, se estão em movimento, essas partículas têm energia cinética. O somatório das energias cinéticas das partículas de determinada porção de matéria é denominado **energia térmica**.

Considerando uma mesma quantidade de matéria, entre os três estados de agregação, o que apresenta maior quantidade de energia térmica é o gasoso, pois nele as partículas têm maior mobilidade. Já o estado que tem a menor quantidade de energia térmica é o sólido, pois, nesse estado, as partículas costumam apresentar apenas um movimento vibratório em torno de uma posição de equilíbrio.

A passagem de um estado de agregação para outro pode ocorrer pela troca de energia térmica do material, por exemplo, entre gelo e o meio externo, como a chama de um bico de Bunsen. A energia térmica em trânsito é chamada de **calor**. De forma simplificada, podemos dizer que, ao receber energia do exterior, uma porção de matéria no estado sólido pode passar para o estado líquido e, se continuar a receber energia externa, pode passar para o estado gasoso.

Como o calor é energia térmica em trânsito, não faz sentido falar em “calor contido em um corpo”. Para expressar a energia contida em um corpo em razão do estado de movimento de suas partículas, usamos o termo **energia térmica**.

✓ 2. Estados físicos da matéria

Na natureza, a matéria pode se apresentar em três estados de agregação, também conhecidos como **estados físicos**: sólido, líquido ou gasoso. Não consideramos aqui estados da matéria que não possam ser classificados em um desses estados físicos, como os coloides, o estado pastoso e o plasma.

No **estado sólido**, as moléculas constituintes da matéria apresentam intensas forças de coesão entre si, o que explica seu baixo grau de agitação térmica. Por isso, um material nesse estado se caracteriza por apresentar forma e volume bem definidos.

No **estado líquido**, as moléculas têm maior grau de agitação térmica e, portanto, maior mobilidade, pois as forças de coesão não são tão intensas como no estado sólido. Isso faz com que, embora o volume seja bem definido, os líquidos não tenham forma definida, adquirindo a do recipiente que os contém.

No **estado gasoso**, as forças de coesão entre as moléculas são pouco intensas, o que determina alto grau de agitação térmica molecular. É por essa razão que, nesse estado, os materiais não apresentam nem forma nem volume definidos, adaptando-se ao formato e ocupando todo o volume do recipiente que os contém.

Qualquer material pode passar de um estado físico para outro ao se alterarem as condições de temperatura e/ou pressão em que ele se encontra. A nomenclatura das mudanças dos estados de agregação da matéria é mostrada no esquema a seguir (Fig. 1).

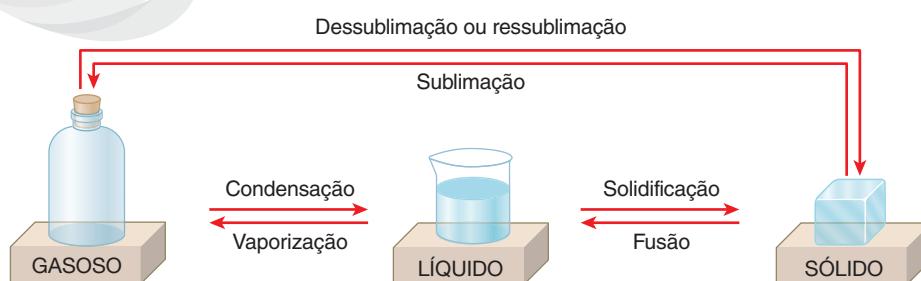


Figura 1
Representação esquemática das mudanças de estado de agregação da matéria.

Febre

A temperatura do corpo humano é controlada por uma área do cérebro chamada hipotálamo, que age como um termostato, ajustado para manter os órgãos internos a 37 °C. Esse objetivo é alcançado por meio do equilíbrio entre a perda de calor pelos órgãos periféricos (pele, vasos sanguíneos, glândulas sudoríparas etc.) em contato com o ambiente e a produção de calor pelo processo metabólico dos tecidos internos.

Quando o organismo é agredido por um agente externo ou por uma doença dos órgãos internos, o termostato pode elevar a temperatura dois ou três graus acima dos valores habituais, o que caracteriza a febre.

Na verdade, a febre não é uma doença; é uma reação do organismo contra alguma anomalia. Também não é necessariamente um mal. Nas infecções, por exemplo, ajuda o sistema de defesa a livrar-se do agente agressor.

VARELLA, Drauzio. Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/febre>>. Acesso em: 24 abr. 2020.

O texto explica, com linguagem acessível, o que é febre. Para desenvolver a linguagem científica e ampliar o conteúdo informativo, pesquise e responda às perguntas a seguir.

1. Qual é a temperatura média do corpo considerada ideal para os seres humanos?
2. Qual é o instrumento indicado para medir a temperatura corporal? Quais são as maneiras corretas de utilizar esse instrumento?
3. O que é um termostato?
4. Por que geralmente suamos quando temos febre?
5. O que são antitérmicos, ou antipiréticos, e qual é sua ação em caso de febre?
6. Os seres humanos são animais termoconformadores ou termorreguladores? Ectotérmicos ou endotérmicos? Justifique sua resposta.

3. Temperatura e suas escalas

O movimento das partículas que constituem um sistema físico não é ordenado; pelo contrário, é caótico e costuma ser denominado movimento de agitação térmica. As propriedades macroscópicas do sistema, que se devem a esse movimento caótico microscópico, estão associadas à grandeza termodinâmica denominada **temperatura**, cujo valor é proporcional à quantidade de energia térmica do sistema.

Empiricamente, dizemos que, se um corpo está “quente”, ele tem maior temperatura; se um corpo está “frio”, ele tem menor temperatura. No entanto, a sensação térmica não fornece um valor confiável para a temperatura, pois ela depende de cada pessoa e das condições em que essa pessoa estava anteriormente. Podemos perceber esse fato, por exemplo, quando colocamos uma das mãos em uma maçaneta metálica e a outra em uma porta de madeira. Temos a sensação de que a maçaneta está mais fria, embora ela e a porta estejam à mesma temperatura do ambiente. Portanto, para conhecer melhor as propriedades térmicas de um sistema, devemos saber medir com precisão a temperatura que ele possui em um dado momento.

Simplificadamente, podemos conceituar a grandeza temperatura como indicado a seguir.

Temperatura é uma medida que indica o grau de agitação térmica das partículas de um sistema.

Assim, quanto maior o grau de agitação das partículas de um sistema, maior será sua energia térmica e, portanto, maior será sua temperatura.

Macroscopicamente, a temperatura é o parâmetro que determina o sentido do fluxo de energia térmica entre sistemas colocados em contato. Se não houver fluxo de energia térmica entre os sistemas, dizemos que eles têm temperaturas iguais e estão em **equilíbrio térmico** entre si.

O instrumento utilizado para medir a temperatura é o **termômetro**.

Apesar de os termômetros digitais serem os mais utilizados hoje em dia, os termômetros de tubo de vidro ainda são empregados, e seu funcionamento se baseia na dilatação de um líquido contido em um recipiente, o bulbo, que está ligado a uma haste bem fina, o capilar. Os termômetros de tubo de vidro que empregam mercúrio, metal líquido usado em razão de suas características físicas e químicas, estão sendo gradativamente abolidos, tendo em vista a alta toxicidade desse metal. Assim, os termômetros de tubo de vidro estão passando a utilizar álcool colorido artificialmente em vez de mercúrio.

O material no qual determinada grandeza varia com a temperatura, por exemplo, o líquido cujo volume varia de acordo com a temperatura, é classificado como **termométrico**. E a grandeza que varia de acordo com a temperatura, como a altura da coluna líquida, é denominada **grandeza termométrica**.

Para criar uma escala termométrica, é preciso estabelecer determinado valor de temperatura para um valor correspondente da grandeza termométrica. Assim, no caso do termômetro de tubo de vidro, teremos, para cada valor da altura h , um valor correspondente de temperatura θ (Fig. 2).

Para a calibração de um termômetro, geralmente são utilizados dois estados térmicos com temperaturas bem definidas, denominados **pontos fixos**: o ponto de fusão do gelo sob pressão atmosférica normal (**ponto do gelo**) e a temperatura de ebulação da água sob pressão normal (**ponto do vapor**). A escolha desses pontos se deu por razões práticas, pois esses estados térmicos são reproduzidos com facilidade.

Atualmente, são três as escalas termométricas mais utilizadas: a **Celsius**, a **Fahrenheit** e a escala absoluta **Kelvin**.

O esquema a seguir compara, lado a lado, as três escalas termométricas e as temperaturas correspondentes ao ponto do gelo e ao ponto do vapor (Fig. 3).

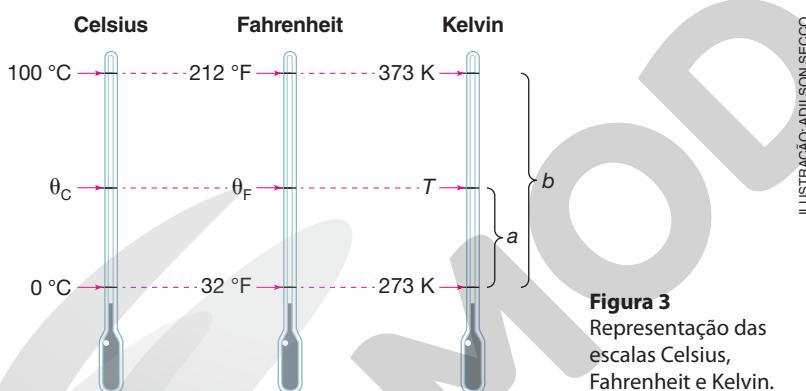


Figura 3
Representação das escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

Observe que existe uma proporcionalidade entre o número de "graus" em determinado trecho da escala (intervalo a) e o número de "graus" no intervalo fundamental (intervalo b). Assim, podemos estabelecer uma relação de proporcionalidade entre esses intervalos de temperatura e obter uma **relação para conversão de temperaturas** entre as escalas:

$$\frac{a}{b} = \frac{\theta_C - 0}{100 - 0} = \frac{\theta_F - 32}{212 - 32} = \frac{T - 273}{373 - 273}$$

Calculando as diferenças nos denominadores, obtemos:

$$\frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_F - 32}{180} = \frac{T - 273}{100}$$

Podemos, ainda, simplificar os denominadores por 20 e chegar, finalmente, a:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{T - 273}{5}$$

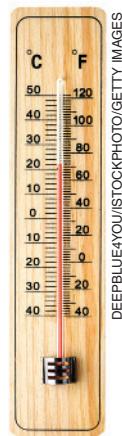


Figura 2 Termômetro comum usado para medir a temperatura ambiente. A cada altura h da coluna líquida corresponde um valor da temperatura θ .

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Você deve ter reparado que a diferença dos valores das temperaturas entre as escalas Fahrenheit e Celsius no ponto do vapor é de 112 e no ponto do gelo é de 32. Ou seja, essa diferença entre as leituras diminui à medida que a temperatura diminui. Qual será a temperatura indicada pelos termômetros quando essa diferença de valores chegar a 0? Os termômetros marcarão um mesmo valor?

Atividade em grupo

Ao longo da história, muitas escalas termométricas foram criadas; algumas deixaram de ser usadas, outras são utilizadas até hoje. Dessa, as mais empregadas são a escala absoluta Kelvin, de utilização mais restrita a trabalhos científicos, e as escalas relativas Celsius e Fahrenheit.

Forme um grupo com seus colegas e busquem mais informações sobre o zero absoluto. Procurem saber se esse estado térmico é ou não atingível na prática. Pesquisem também qual é a temperatura mais baixa obtida até hoje em laboratório e quais são as técnicas mais recentes utilizadas para obter temperaturas mais próximas desse estado. Conversem com o professor de Química sobre a influência da temperatura na rede cristalina de certos materiais e pesquisem as aplicações tecnológicas que envolvem o uso de temperaturas extremamente baixas. Utilizando um software de apresentação, preparem slides para mostrar aos colegas de turma os resultados das pesquisas. Não se esqueçam de citar as fontes utilizadas na obtenção das informações.

4. Calor: energia térmica em trânsito

O experimento de Joule

O físico inglês James Prescott Joule (1818-1889) demonstrou que o calor era uma forma de energia em movimento realizando um experimento que consistia em dispor horizontalmente uma roda de palhetas em uma cuba com água. O movimento das palhetas da roda era provocado por um molinete que girava devido à queda de duas massas de quatro libras cada uma (1,8144 kg). Essas massas caíam de uma altura de 12 jardas (10,97 m) com velocidade relativamente baixa de 1 pé (30,48 cm) por segundo (Fig. 4).

O atrito das palhetas contra a água da cuba deveria aquecerê-la, uma vez que ela oferecia certa resistência ao movimento das palhetas. A operação foi repetida 16 vezes e, em seguida, a temperatura da água foi medida com o auxílio de um termômetro muito sensível, capaz de detectar diferenças de temperatura de 0,01 °F.

Depois de efetuar uma série de experiências como a descrita anteriormente, Joule concluiu que havia uma relação de equivalência entre o calor e as formas comuns de energia mecânica.

Cinco anos mais tarde, em 1850, Joule apresentou seus estudos aos membros da Royal Society. Neles, relatou a realização de novas experiências sobre calor, semelhantes em todos os pontos às anteriores, mas para as quais utilizou diferentes materiais para as palhetas: latão, ferro forjado e uma liga de ferro e carbono. Nos dois últimos experimentos, preencheu a cuba com mercúrio em vez de água.

Com esses experimentos, Joule obteve resultados muito mais próximos dos valores aceitos atualmente para o equivalente mecânico do calor, que considera a relação constante entre a energia mecânica despendida e a quantidade de calor gerada, e, mais importante, forneceu a primeira visão convincente do princípio da conservação da energia, uma das leis fundamentais da Física.

O valor aceito atualmente para o equivalente mecânico de calor é:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

É preciso destacar que o termo **calor** só pode ser usado para indicar a energia térmica em trânsito, isto é, a energia térmica que está sendo transferida em razão de uma diferença de temperatura entre os materiais envolvidos.

Calor é a energia térmica que se transfere entre corpos com temperaturas diferentes.

Portanto, não tem sentido falar em “calor contido em um corpo”. Para designar a energia que um corpo tem em decorrência da agitação de suas partículas constituintes, usa-se o termo **energia térmica**.

As unidades de medida de calor

Pelo fato de ser uma forma de energia, a unidade oficial de calor no SI é o **joule (J)**. Entretanto, na resolução de problemas de trocas de calor, por razões históricas, dá-se preferência à unidade caloria (cal). Quando ainda não se conhecia a real natureza do calor, caloria era definida da seguinte maneira:

Caloria é a quantidade de calor que produz a variação de temperatura de 1 °C (rigorosamente de 14,5 °C a 15,5 °C) em 1 grama de água sob pressão normal.

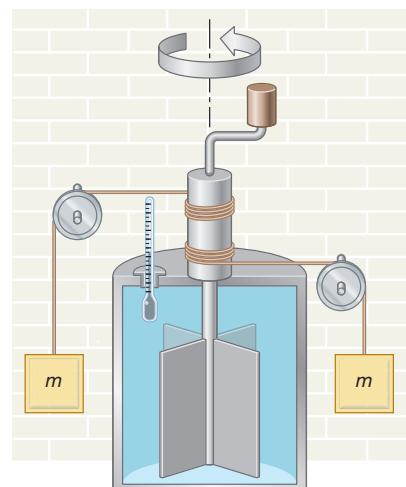


Figura 4 Esquema do experimento idealizado por Joule para a determinação do equivalente mecânico do calor. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A unidade múltipla **quilocaloria (kcal)** também é muito usada na medida das quantidades de calor:

$$1 \text{ kcal} = 1.000 \text{ cal} = 10^3 \text{ cal}$$

Observe que, nas considerações acima, falamos em **quantidade de calor**.

Essa é a grandeza, representada por Q , que utilizamos para avaliar quantitativamente o calor trocado entre os corpos.

Outra unidade de quantidade de calor bastante utilizada em manuais técnicos para exprimir as características de equipamentos e máquinas que envolvem a energia térmica, como aparelhos de ar condicionado, fornos industriais etc., é a **British Thermal Unit (BTU)**, que equivale a, aproximadamente, 252,4 calorias ou 1.055 joules.

$$1 \text{ BTU} = 252,4 \text{ cal} = 1.055 \text{ J}$$

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Um pouco da história das Ciências sobre o desenvolvimento do conceito de calor foi apresentado no texto **O experimento de Joule**. Joule realizou seus trabalhos experimentais em Oak Field, perto de Manchester, na Inglaterra. Sendo um cientista amador, sem tradição familiar nas Ciências, enfrentava dificuldade para apresentar seus estudos para as academias de Ciências. Com base na leitura dos textos citados, pesquise detalhadamente os experimentos de Joule, suas dificuldades e os apoios obtidos para fazer Ciência na época. Compare as dificuldades enfrentadas por ele com o cenário que os cientistas enfrentam atualmente no Brasil.

5. Energia para a vida e energia dos alimentos

Entre os vários tipos de alimento que precisamos ingerir para nos manter vivos e saudáveis, destacam-se os **alimentos energéticos**, que garantem a reposição da energia consumida em nossas atividades diárias. Os alimentos mais energéticos pertencem ao grupo dos **carboidratos**, genericamente chamados de açúcares. Se eles faltam na alimentação, o organismo passa a utilizar os lípidos, ou seja, as gorduras, e as **proteínas**, nessa ordem, para suprir as necessidades energéticas. Em condições normais, proteínas são empregadas basicamente para reparar partes desgastadas do organismo, sendo por isso denominadas **alimentos plásticos**. Sua utilização contínua para produzir energia compromete seriamente o organismo, podendo provocar graves problemas de saúde.

A “queima” do alimento para produzir energia ocorre nas células por meio da chamada **respiração celular**, processo no qual as moléculas orgânicas são oxidadas em várias etapas bioquímicas. Na respiração celular, 1 g de carboidrato libera, em média, 4 kcal de energia, mesmo valor liberado por 1 g de proteína; já a massa correspondente a 1 g de gordura libera, em média, 9 kcal.

Denomina-se **dieta protetora** a que permite a uma pessoa sobreviver sem ficar desnutrida, correspondendo a aproximadamente 1.300 kcal/dia. A **dieta balanceada** é a que garante energia suficiente para repor a energia gasta nas atividades diárias. Para uma pessoa que não realiza muitas atividades físicas, mas que também não tem uma vida extremamente sedentária, essa dieta corresponde, em média, a aproximadamente 2.000 kcal/dia.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

De acordo com o relatório *O estado da insegurança alimentar e nutricional no mundo em 2019*, elaborado por cinco agências da Organização das Nações Unidas (ONU), como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), que monitora a fome e o acesso a alimentos em vários países, mais de 820 milhões de pessoas no mundo ainda passavam fome em 2018. O relatório traz dados sobre diversas localidades e está disponível em <<https://news.un.org/pt/story/2019/07/1680101>>. Acesso em: 25 jun. 2020. Com base no relatório e em outros documentos, verifique se há grupos da população brasileira que correm risco de deficiência alimentar e nutricional. Apresente suas conclusões em um vídeo ou em um documento escrito e ilustrado com tabelas e gráficos.

6. Curvas de aquecimento e de resfriamento

É comum representar o processo completo de aquecimento de um material, desde o estado sólido até a completa transformação em vapor, em um gráfico em que se registram a temperatura no eixo das ordenadas e o tempo de aquecimento no eixo das abscissas.

Obtém-se, assim, a chamada **curva de aquecimento** do material. Os trechos em que a temperatura não varia são representados, no gráfico, por segmentos de reta paralelos ao eixo do tempo, denominados **patamares**.

Assim, no gráfico apresentado (Fig. 5), o trecho inclinado A corresponde ao aquecimento do sólido; o patamar B corresponde à fusão, ou seja, coexistência de sólido e líquido, que no caso ocorre a 50 °C; o trecho inclinado C corresponde ao aquecimento do líquido; o patamar D, à vaporização, ou seja, coexistência de líquido e vapor, que no caso ocorre a 90 °C; e o trecho inclinado E, ao aquecimento do vapor.

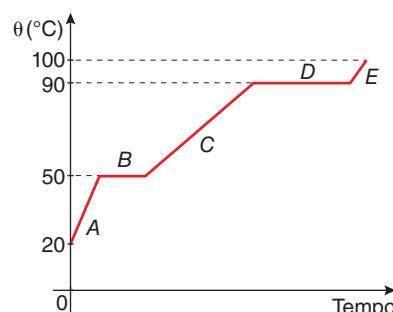


Figura 5 Curva de aquecimento de um material.

Se considerarmos o vapor desse mesmo material sob pressão normal, em temperatura inicial de 100 °C, e o submetermos a um resfriamento isobárico, isto é, retirando energia térmica, ocorrerá o processo inverso ao descrito anteriormente. Assim, quando a temperatura chegar a 90 °C, começará a ocorrer a condensação, ou liquefação, isto é, o vapor se transformará gradativamente em líquido, com temperatura constante durante o processo. Ao terminar a mudança de estado, continuando o resfriamento, a temperatura do líquido cairá. Essa queda cessará ao ser atingida a temperatura de 50 °C, quando então terá início a solidificação, com a transformação do líquido em sólido. Somente ao fim dessa mudança de estado é que voltará a ocorrer queda de temperatura, ficando o material completamente no estado sólido.

Graficamente, o processo descrito é representado pela **curva de resfriamento**, na qual os trechos inclinados A, C e E correspondem às etapas de resfriamento, e os patamares B e D, respectivamente, à condensação, isto é, coexistência de vapor e líquido, e à solidificação, ou seja, coexistência de líquido e sólido (Fig. 6).

Observe que a condensação é a transformação inversa da vaporização e que a solidificação é a transformação inversa da fusão. Assim, enquanto a condensação e a solidificação exigem retirada de energia do material, a vaporização e a fusão exigem fornecimento de energia ao material. Portanto, solidificação e condensação são processos **exotérmicos**, uma vez que liberam energia para o meio externo; fusão e vaporização são processos **endotérmicos**, pois absorvem energia do meio externo.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Forme um grupo com seus colegas e listem objetos ou materiais presentes na sala de aula que estejam nos estados indicados na tabela.

| Líquido | Gasoso | Sólido |
|---------|--------|--------|
| | | |



Note que há objetos que estão em uma mesma temperatura, porém em estados físicos diferentes. Como isso é possível?

Para entender melhor esse questionamento, acessem a simulação disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_pt_BR.html>. Acesso em: 25 jun. 2020.

Cliquem na opção "Estados".

Para responder às questões a seguir, selecionem "Átomos & Moléculas" (nêonio, argônio, oxigênio ou água). Selecione a temperatura na escala Celsius (°C) e utilizem a alavanca na fonte de calor escolhendo entre "Aquecer" e/ou "Esfriar".

- O que acontece com as partículas quando ocorre o aumento ou a diminuição da temperatura?
- Anotem em uma tabela os valores da temperatura na escala Celsius (°C) em que ocorrem as mudanças de estado físico para cada material. Para isso, façam uma mudança por vez na fonte de calor de cada material.

| Material | Temperatura de fusão | Temperatura de solidificação | Temperatura de ebullição | Temperatura de condensação |
|----------|----------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Neônio | | | | |
| Argônio | | | | |
| Oxigênio | | | | |
| Água | | | | |



Dica: Notem que é possível visualizar os estados físicos por meio do "Diagrama de fase" apresentado na segunda opção da simulação.

- Ordenem os materiais em ordem crescente de temperatura de ebullição.
- Há materiais com a mesma temperatura de ebullição? Como isso é possível?
- Com base nos valores encontrados, construam um gráfico de temperatura (°C) em função do tempo do material água. As mudanças do estado físico da água do sólido para o gasoso são processos endotérmicos ou exotérmicos? Expliquem.

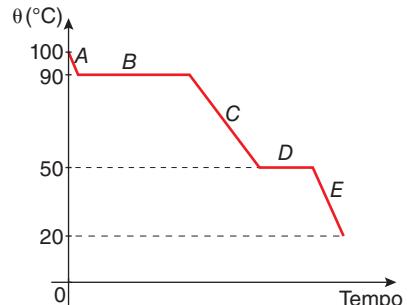


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Vamos aumentar a pressão no recipiente. Voltem à simulação e arrastem o dedo que está posicionado acima da tampa do recipiente. O dedo permite baixar o êmbolo que fecha o recipiente, diminuindo o volume e, consequentemente, aumentando a pressão.

6. O que acontece com as partículas do gás e com o recipiente?

Após essa simulação, respondam: Por que os objetos e/ou os materiais da sala de aula em uma mesma temperatura estão em estados físicos diferentes?

7. Ciclo da água

Nos itens anteriores, tratamos das mudanças de estado físico de alguns materiais como a água, que é essencial para a vida. Essas mudanças, que acontecem constantemente na natureza, são fundamentais para o equilíbrio do planeta. As variações climáticas e as condições de vida na Terra estão diretamente ligadas à água ou às transformações que ela sofre.

A água dos oceanos, dos lagos e dos rios, assim como a proveniente do metabolismo de vegetais e de animais, evapora-se continuamente pela ação da radiação solar. Na atmosfera, essa água sobe, na forma de vapor, e, encontrando temperaturas mais baixas nas camadas superiores, volta para o estado líquido, isto é, condensa-se e origina as gotículas que formam as nuvens.

As gotículas das nuvens, em condições apropriadas, caem na forma de chuva. As chuvas que caem sobre os continentes, originadas das nuvens que se movimentam pela ação dos ventos, abastecem rios, mares, lagos e lençóis subterrâneos. A maior parte dessa água retorna aos oceanos, e o ciclo recomeça. A evaporação e a condensação da água repetem-se indefinidamente e constituem o denominado **ciclo da água**. Durante esse ciclo, parte da água é absorvida por animais e vegetais. Estima-se que a mesma porção de água realize esse ciclo de 30 a 40 vezes por ano (Fig. 7).

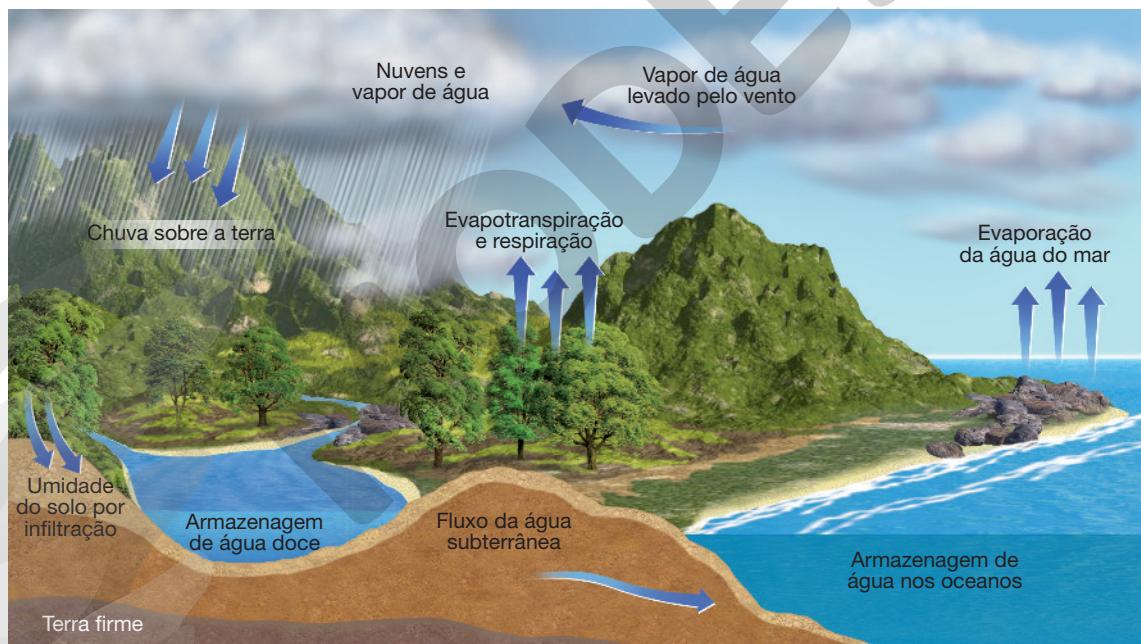


Figura 7 Representação artística do ciclo da água, ou ciclo hidrológico, mostrando a dinâmica dos processos que envolvem as várias mudanças de estados físicos da água entre a atmosfera terrestre e a superfície. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Como complementação ao ciclo da água, pode haver a formação de neblina ou cerração, quando o vapor se condensa no ar próximo à superfície da Terra ou quando a temperatura sofre um decréscimo; de orvalho, quando o vapor se condensa em superfícies que estão em temperatura inferior à do ar, como a das folhas e a das flores; de neve, quando ocorre o congelamento das gotículas de água dispersas no ar atmosférico ou quando a temperatura cai acentuadamente; de geada, quando ocorre solidificação das gotas de orvalho; de granizo, ou seja, pedrinhas de gelo que caem de nuvens cujas gotículas se solidificaram, entre outros fenômenos.

8. Trocas de calor

A troca de calor é um fenômeno que vivenciamos no dia a dia. Ao medir a temperatura de uma pessoa com um termômetro clínico, por exemplo, esse dispositivo troca calor com o corpo até atingir a mesma temperatura que ele. O forno, convencional ou de micro-ondas, o fogão e a geladeira são equipamentos que trocam calor com os alimentos, aquecendo-os ou resfriando-os. Nesses exemplos, tanto o corpo humano como o forno, o fogão e a geladeira têm meios para trocar calor e manter invariáveis suas temperaturas. Nas considerações a seguir, vamos admitir casos em que os corpos, quando trocam calor, têm sua temperatura alterada ou sofrem mudança de estado, durante a qual, como já vimos, a temperatura não se altera.

Considere dois corpos, A e B, com temperaturas θ_A e θ_B , sendo $\theta_A > \theta_B$ (Fig. 8). Se eles forem colocados próximos um do outro ou em contato, a temperatura do corpo A começará a diminuir e a temperatura do corpo B começará a aumentar, supondo que nenhum dos corpos esteja na iminência de mudar de estado. Passado certo tempo, as temperaturas se estabilizarão nos valores θ'_A e θ'_B , de modo que $\theta'_A = \theta'_B = \theta$. Ao valor comum θ da temperatura damos o nome **temperatura de equilíbrio térmico**.

Equilíbrio térmico é o estado no qual dois ou mais corpos de um mesmo sistema mantêm a temperatura inalterada e em um mesmo valor comum.

Durante o intervalo de tempo em que as temperaturas variam, há troca de calor entre os corpos. O corpo inicialmente mais quente cede uma quantidade de calor Q_A , enquanto o corpo inicialmente mais frio recebe uma quantidade de calor Q_B .

Para indicar o sentido em que ocorre troca de calor, estabelecemos que a quantidade de calor é uma grandeza algébrica. Seu sinal será **positivo** se a quantidade de calor for **recebida** pelo corpo e será **negativo** se a quantidade de calor for **cedida**, ou **perdida**, pelo corpo. Por exemplo, na situação descrita, vamos admitir que, até chegarem ao equilíbrio térmico, 30 calorias foram trocadas entre os corpos A e B. Assim, temos:

$$Q_A = -30 \text{ cal} \quad (\text{O corpo A} \text{ cedeu} \text{ 30 calorias.})$$

$$Q_B = +30 \text{ cal} \quad (\text{O corpo B} \text{ recebeu} \text{ 30 calorias.})$$

Capacidade térmica de um corpo

Considerando a situação descrita no item anterior, vamos supor que as temperaturas iniciais dos corpos A e B fossem, respectivamente, $\theta_A = 50^\circ\text{C}$ e $\theta_B = 10^\circ\text{C}$, e que a temperatura final de equilíbrio térmico tenha sido $\theta = 20^\circ\text{C}$. Nesse caso, as respectivas variações de temperatura valem:

$$\Delta\theta_A = \theta - \theta_A = 20^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C} = -30^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta_B = \theta - \theta_B = 20^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$$

Observe que o corpo A perdeu 30 calorias no processo e sua temperatura caiu 30°C . Isso significa que, para cada 1 caloria perdida, sua temperatura caía 1°C . O corpo B, por sua vez, recebeu 30 calorias e sua temperatura subiu 10°C , isto é, a temperatura subia 1°C para cada 3 calorias que recebia. Note que as temperaturas não apresentaram a mesma variação nos dois corpos. Para caracterizar essa diferença de comportamento térmico, dizemos que os dois corpos têm diferentes **capacidades térmicas**.

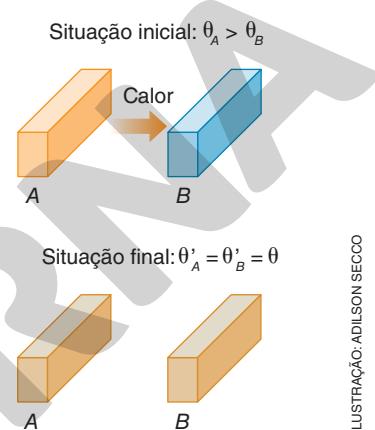


Figura 8 Representação esquemática da troca de calor entre dois corpos até o equilíbrio térmico. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Define-se a **capacidade térmica C** de um corpo pela razão entre a quantidade de calor Q que ele troca e a consequente variação de temperatura $\Delta\theta$ sofrida:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

A capacidade térmica de um corpo pode ser medida em J/K, no SI, ou em cal/°C.

No caso descrito, temos, para os corpos A e B:

$$Q_A = -30 \text{ cal}; \Delta\theta_A = -30 \text{ }^{\circ}\text{C} \Rightarrow C_A = \frac{Q_A}{\Delta\theta_A} = \frac{-30}{-30} \therefore C_A = 1 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_B = 30 \text{ cal}; \Delta\theta_B = 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \Rightarrow C_B = \frac{Q_B}{\Delta\theta_B} = \frac{30}{10} \therefore C_B = 3 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

Calor específico sensível de um material

Suponha que você esteja almoçando e os vários alimentos estejam prontos, recém-saídos do forno. Ao colocar os alimentos no prato, você percebe que alguns podem ser ingeridos imediatamente, mas outros precisam esfriar para que você possa comê-los. Por exemplo, se você está na feira, compra um pastel sabor pizza e dá uma mordida, é comum queimar a língua com o recheio, embora a crosta externa esteja em temperatura adequada. Por que há essa diferença?

A razão é que o esfriamento de diversos materiais não se dá com a mesma rapidez. Para sofrer o mesmo abaixamento de temperatura, alguns materiais têm de perder mais energia do que outros. Logicamente, isso significa um tempo mais longo até alcançar o equilíbrio térmico. Para caracterizar essa diferença de comportamento, ao perder ou ganhar calor, definimos uma grandeza chamada **calor específico sensível (c)** do material.

Calor específico sensível (c) de um material é a quantidade de calor necessária para elevar ou baixar em 1 °C a temperatura de 1 grama desse material.

A unidade usual de calor específico é cal/(g · °C). Entretanto, também podem ser usadas as unidades kcal/(kg · °C) e J/(kg · °C). Como as variações de temperatura nas escalas Celsius ou Kelvin têm valores iguais, essas unidades também podem ser indicadas por cal/(g · K), kcal/(kg · K) e J/(kg · K).

A tabela a seguir apresenta os valores de calor específico para alguns materiais à temperatura de 20 °C.

Tabela 1 – Valor do calor específico de alguns materiais a 20 °C

| Materiais | Calor específico sensível em cal/(g · °C) |
|----------------|---|
| Prata | 0,056 |
| Ferro | 0,113 |
| Alumínio | 0,217 |
| Éter | 0,56 |
| Álcool etílico | 0,58 |
| Água | 1 |

Fonte: KOCHKIN, N. I.; CHIRKÉVITCH, M. G. *Prontuário de Física elementar*. Moscou: Mir, 1986.

Observe que a água líquida tem um dos maiores calores específicos da natureza, 1,0 cal/(g · °C). Por isso, comparativamente, ela troca quantidades de calor maiores para aquecer ou esfriar. Esse fato faz com que tanto a presença quanto a ausência de água em uma região influenciem diretamente na definição do clima. Regiões desérticas, onde a água é escassa, apresentam grandes oscilações de temperatura em um período de 24 horas: os dias são muito quentes e as noites, muito frias.

A água, portanto, em virtude de seu elevado calor específico, funciona como regulador climático. No local em que ela existe em abundância, como nas regiões litorâneas, insulares e lacustres, a tendência é não ocorrerem variações muito acentuadas na temperatura ambiente: não há diferença muito grande entre a temperatura máxima e a mínima em um mesmo dia.

Para cada material, o calor específico depende de seu estado físico. Por exemplo, para a água, os valores para o calor específico sensível, sob pressão normal, são os seguintes:

- água sólida (gelo): $c = 0,50 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$
- água líquida: $c = 1,0 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$
- água gasosa (vapor): $c = 0,48 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$

Quantidade de calor trocada e quantidade de calor sensível

Se tivermos uma massa m de certa quantidade de um material, cujo calor específico é c , sofrendo uma variação de temperatura $\Delta\theta$, a quantidade de calor Q trocada no processo pode ser calculada pela relação conhecida como **equação fundamental da Calorimetria**:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Se o calor específico representa a quantidade de calor trocada por 1 grama ao sofrer a variação de temperatura de 1 grau Celsius, para termos a quantidade total de calor Q trocada no processo, basta multiplicar o calor específico pela quantidade de gramas (massa m) e pelo total de graus Celsius ($^\circ\text{C}$) que representa a variação de temperatura $\Delta\theta$.

De acordo com a fórmula, o sinal da quantidade de calor Q será determinado pelo sinal da variação de temperatura $\Delta\theta$. Assim:

$$\Delta\theta > 0 \Rightarrow Q > 0$$

A temperatura aumenta porque o corpo recebe calor.

$$\Delta\theta < 0 \Rightarrow Q < 0$$

A temperatura diminui porque o corpo perde calor.

Observe que $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$, em que θ_f é a temperatura final e θ_i é a temperatura inicial.

Nas considerações já feitas, vimos que o corpo não sofreu mudança de estado. O calor trocado que só acarreta variação de temperatura é habitualmente chamado de **calor sensível**.

Vejamos como se relacionam a capacidade térmica do corpo homogêneo e o calor específico do material que o constitui.

Da definição de capacidade térmica C , temos:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \Rightarrow C = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Delta\theta}$$

Portanto:

$$C = m \cdot c$$

Logo, a capacidade térmica C de um corpo homogêneo é diretamente proporcional à sua massa m , sendo o calor específico c do material que constitui o corpo a constante de proporcionalidade.

Observe que a capacidade térmica C refere-se a um corpo, enquanto o calor específico c caracteriza um material.

Trocas de calor nas mudanças de estado: calor latente

Durante uma mudança de estado, como a ebulição da água, a temperatura se mantém constante (θ_E); no entanto, há troca de calor, no caso, fornecido pela fonte.

O calor trocado durante a mudança de estado e, portanto, sem variação de temperatura, é denominado **calor latente**.

A quantidade de calor necessária para mudar de estado uma massa unitária (1 g, em geral) de um material denomina-se **calor específico latente (L)**.

Para as mudanças de estado da água, sob condições normais, os valores do calor específico latente são os seguintes:

- fusão do gelo: $L_f = 80 \text{ cal/g}$
- vaporização da água: $L_v = 540 \text{ cal/g}$
- solidificação da água: $L_s = -80 \text{ cal/g}$
- condensação do vapor: $L_c = -540 \text{ cal/g}$

Observe que, para as mudanças entre dois estados quaisquer, sólido e líquido, por exemplo, o calor específico latente tem o mesmo valor absoluto, mas é positivo para a mudança que ocorre com ganho de calor ($L_f = +80 \text{ cal/g}$) e negativo para a mudança que ocorre com perda de calor ($L_s = -80 \text{ cal/g}$).

Como o calor específico latente é expresso para 1 grama de material, no cálculo da quantidade total de calor Q envolvida em uma mudança de estado, é necessário multiplicar o calor latente pela massa m do material que efetivamente muda de estado:

$$Q = m \cdot L$$

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

- Duas opções de aquecedor, um elétrico e outro solar, foram projetadas para uma piscina de 10 mil litros. O aquecedor elétrico tem potência de 5.000 W, e o aquecedor solar de 80 W/m^2 tem potência proporcional à área do aquecedor. Suponha que se deseje aumentar a temperatura da água da piscina de 28°C para 38°C , fornecendo uma sensação de leve calor aos usuários. Considere o valor do calor específico da água de $1 \text{ cal/(g} \cdot {^\circ}\text{C)}$.
 - a) Quanta energia é necessária nesse processo de aquecimento?
 - b) Qual é a área mínima do aquecedor solar para que o tempo de aquecimento da água seja equivalente ao tempo gasto pelo aquecedor elétrico?
 - c) Aponte as vantagens e as desvantagens das duas opções de aquecedor.

✓ 9. Princípio geral das trocas de calor

Considere um processo calorimétrico em que dois corpos, A e B , trocam entre si 70 calorias desde o instante em que um foi colocado perto do outro até ambos terem atingido o equilíbrio térmico. Admitindo que não ocorram perdas de calor para o ambiente, ou seja, que temos um sistema termicamente isolado, e considerando o princípio da conservação da energia, se o corpo A tiver perdido calor e o corpo B tiver recebido, podemos escrever, de acordo com a convenção já estabelecida:

$$Q_A = -70 \text{ cal} \text{ e } Q_B = 70 \text{ cal}$$

Portanto, o corpo A perdeu 70 calorias, e o corpo B recebeu 70 calorias. Perceba que as quantidades de calor, Q_A perdida pelo corpo A e Q_B recebida pelo corpo B , são iguais em módulo, mas apresentam sinais opostos. Então:

$$Q_A = -Q_B \quad \text{ou} \quad Q_A + Q_B = 0$$

Essa conclusão é válida para qualquer número de corpos que troquem calor em um sistema termicamente isolado até que estabeleçam o equilíbrio térmico. Podemos, então, enunciar o **princípio geral das trocas de calor**:

Em um sistema termicamente isolado, quando dois ou mais corpos trocam calor entre si até atingir o equilíbrio térmico, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas por esses corpos é nula.

A generalização para qualquer número de corpos permite escrever:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots = 0 \text{ ou } \sum Q = 0 \text{ (}\Sigma\text{ é o símbolo que indica soma.)}$$

A maioria dos problemas de Calorimetria é resolvida pela aplicação do princípio geral das trocas de calor.

Atividades finais

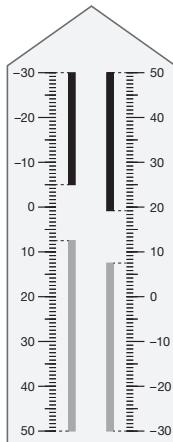


Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

- 1.** (Enem) Neste modelo de termômetro, os filetes na cor preta registram as temperaturas mínima e máxima do dia anterior e os filetes na cor cinza registram a temperatura ambiente atual, ou seja, no momento da leitura do termômetro.

Por isso ele tem duas colunas. Na da esquerda, os números estão em ordem crescente, de cima para baixo, de -30°C até 50°C . Na coluna da direita, os números estão ordenados de forma crescente, de baixo para cima, de -30°C até 50°C .



A leitura é feita da seguinte maneira:

- a temperatura mínima é indicada pelo nível inferior do filete preto na coluna da esquerda;
- a temperatura máxima é indicada pelo nível inferior do filete preto na coluna da direita;
- a temperatura atual é indicada pelo nível superior dos filetes cinza nas duas colunas.

Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br>>. Acesso em: 28 ago. 2014 (adaptado).

Qual é a temperatura máxima mais aproximada registrada nesse termômetro?

- a) 5°C c) 13°C e) 19°C
 b) 7°C d) 15°C

- 2.** Uma fonte térmica fornece calor à razão de 20 cal/min . Um corpo é aquecido nessa fonte durante meia hora e sua temperatura, então, sobe de 50°C para 130°C . Desprezando as perdas de calor para o ambiente, determine a quantidade de calor recebida pelo corpo e sua capacidade térmica.

- 3.** (Enem) Em uma aula experimental de Calorimetria, uma professora queimou $2,5\text{ g}$ de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é $1\text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot {}^{\circ}\text{C}^{-1}$, e sua temperatura inicial era de 20°C .

Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas)

| | |
|------------------|------------------|
| Valor energético | 70 kcal |
| Carboidratos | $0,8\text{ g}$ |
| Proteínas | $3,5\text{ g}$ |
| Gorduras totais | $3,5\text{ g}$ |

Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento?

- a) 25 c) 45 e) 70
 b) 27 d) 50

- 4.** (Enem) O carro flex é uma realidade no Brasil. Estes

4. d veículos estão equipados com motor que tem a capacidade de funcionar com mais de um tipo de combustível. No entanto, as pessoas que têm esse tipo de veículo, na hora do abastecimento, têm sempre a dúvida: álcool ou gasolina? Para avaliar o consumo desses combustíveis, realizou-se um percurso com um veículo flex, consumindo 40 litros de gasolina e no percurso de volta utilizou-se etanol. Foi considerado o mesmo consumo de energia tanto no percurso de ida quanto no de volta.

O quadro resume alguns dados aproximados sobre esses combustíveis.

| Combustível | Densidade ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) | Calor de combustão ($\text{kcal} \cdot \text{g}^{-1}$) |
|-------------|---|--|
| Etanol | $0,8$ | -6 |
| Gasolina | $0,7$ | -10 |

O volume de etanol combustível, em litro, consumido no percurso de volta é mais próximo de

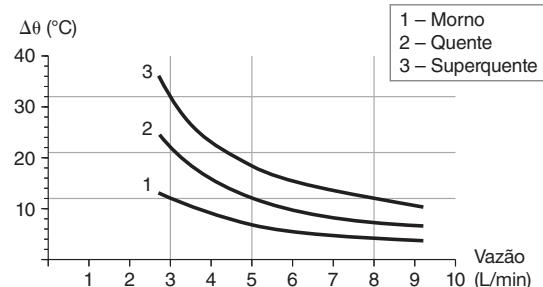
- a) 27 d) 58
 b) 32 e) 67
 c) 37

- 5.** (Enem) No manual fornecido pelo fabricante de uma

5. d ducha elétrica de 220 V é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de 6.500 W .

Considere o calor específico da água igual a $4.200\text{ J}/(\text{kg} \cdot {}^{\circ}\text{C})$ e densidade da água igual a 1 kg/L .

Elevação de temperatura x Curva vazão



Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

- a) $\frac{1}{3}$ d) $\frac{3}{8}$
 b) $\frac{1}{5}$ e) $\frac{5}{8}$
 c) $\frac{3}{5}$

CAPÍTULO

5

TRANSMISSÃO DE CALOR

SOLOVIOVA LIUDMILA SHUTTERSTOCK



Para acampar, é preciso escolher equipamentos adequados, que protejam da chuva e das baixas temperaturas.

Hipotermia é a redução da temperatura do corpo abaixo de 35 °C em seres humanos, podendo ser mortal caso fique abaixo de 30 °C. Alpinistas que se acidentam, se perdem ou são pegos por tempestades de neve em altas montanhas podem sofrer hipotermia e morrer se não forem socorridos a tempo. Mas não é apenas em situações evidentes de baixa temperatura, como em uma montanha nevada, que essa condição pode ocorrer.

Acampar ao ar livre é uma atividade de lazer que traz benefícios para a saúde física e mental. Seja no inverno, seja no verão, alguns cuidados devem ser tomados para prevenir a hipotermia, já que não é possível controlar o clima. Ao organizar a bagagem para o acampamento, é preciso pesquisar o clima da região para a época e quais equipamentos devem ser levados para prevenir imprevistos, como chuvas torrenciais ou quedas bruscas de temperatura.

Como sabemos, o corpo gera calor a partir da absorção de nutrientes fornecidos pelos alimentos. Essa transformação se dá por meio do metabolismo. Uma parte da energia obtida pode ser armazenada como calor, mas, aos poucos, ela vai sendo perdida pela respiração, pela evaporação do suor, pelo contato da pele com o ar e/ou objetos frios. Manter-se hidratado e alimentar-se bem significa fornecer energia para o corpo funcionar adequadamente em todas as situações, como na geração de calor para a manutenção da temperatura corporal em locais frios. Se você for acampar, não se esqueça, portanto, de levar caixa térmica, garrafa térmica, fogareiro a gás, utensílios para cozinhar os alimentos, além de botas, capas impermeáveis e, se for o caso, roupas com tecido isolante térmico.

É muito importante levar equipamentos adequados para garantir que o corpo não sofra com temperaturas baixas: saco de dormir apropriado para a temperatura do local do acampamento, que deve ser usado por cima de um material isolante; barraca com boa vedação e que proteja de ventos e da chuva.

Antes de deitar, você pode fazer um pouco de exercícios físicos para aquecer o corpo. E, embora não seja adequado deixar uma fogueira acesa durante toda a noite enquanto todos dormem, ela pode ajudar a fornecer calor para o corpo, além de ser convidativa para boas conversas ou apenas para contemplação da natureza ao redor.

Neste capítulo, será apresentado o conceito de fluxo de calor e serão discutidos os processos de transmissão de calor: condução, convecção e irradiação.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT103**
- **EM13CNT106**
- **EM13CNT303**
- **EM13CHS102**
- **EM13CHS104**
- **EM13CHS302**
- **EM13CHS304**
- **EM13CHS305**
- **EM13LGG305**
- **EM13LGG704**

✓ 1. Introdução

Em muitas situações do cotidiano, presenciamos a troca de calor entre corpos ou entre sistemas. Ao colocar água para ferver numa panela (Fig. 1), por exemplo, poderíamos nos perguntar: como o calor flui da chama para a água?

O calor pode ser transmitido de um corpo ou de um sistema para outro por três processos distintos: condução, convecção e irradiação.

Na maioria das situações cotidianas, a transmissão de calor ocorre por meio de dois ou até dos três processos simultaneamente, mas com a predominância de um deles.



Figura 1 Como o calor passa da chama para a água que está dentro da panela?

✓ 2. Fluxo de calor

Em muitas situações práticas, é importante conhecer a “rapidez” com que o calor é transferido de um corpo para outro. A razão entre a quantidade de calor Q e o intervalo de tempo Δt para a sua transferência é denominada **fluxo de calor**, representada por Φ . Portanto:

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

A unidade de medida do fluxo de calor no SI é o watt ($1\text{ W} = 1\text{ J/s}$); entretanto, outras unidades usuais do fluxo de calor podem ser usadas, como cal/s, cal/min, kcal/h. Uma unidade comumente utilizada para calor é a caloria, e o valor aceito atualmente para o equivalente mecânico do calor é:

$$1\text{ cal} = 4,186\text{ J}$$

✓ 3. Condução térmica

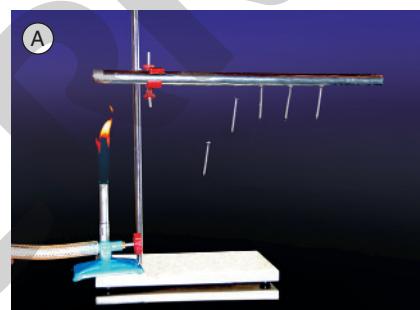
Condução térmica é o processo de transmissão do calor em que a energia térmica se propaga de uma partícula para outra do meio material. Podemos verificar isso na prática com uma experiência bem simples. Em um bastão de metal, fixe alguns pregos ou tachinhas com parafina, mantendo certa distância entre eles; caso contrário, será difícil observar o fenômeno da condução no experimento. Ao colocar uma das extremidades do bastão em contato com uma fonte de calor (chama), percebemos que a parafina derrete gradativamente a partir dessa extremidade, fazendo com que os pregos ou as tachinhas caiam um a um. O que ocorre é que as partículas do bastão em contato com a chama passam a vibrar com mais intensidade, e essa vibração mais intensa vai se transferindo de uma partícula para outra ao longo do comprimento do bastão (Fig. 2).

Os materiais em que esse processo de transmissão do calor ocorre de forma mais acentuada são chamados de **condutores térmicos**, por exemplo, os metais. Já aqueles em que tal processo praticamente não ocorre são chamados de **isolantes térmicos**, por exemplo, a madeira e o isopor.

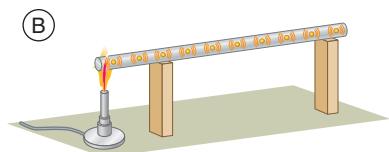
A lei que define esse processo de transmissão de calor foi determinada experimentalmente pelo matemático francês Jean-Baptiste Fourier (1768-1830). De acordo com a **lei de Fourier**, a quantidade de calor Q que atravessa um material, com uma diferença de temperatura invariável, é diretamente proporcional à área da seção atravessada A , à diferença de temperatura entre as regiões separadas pelo material ($\theta_1 - \theta_2$, sendo $\theta_1 > \theta_2$) e ao intervalo de tempo de transmissão Δt , sendo inversamente proporcional à extensão, ou espessura, e atravessada (Fig. 3).

A expressão matemática da lei de Fourier é a seguinte:

$$\Phi = K \cdot \frac{A \cdot (\theta_1 - \theta_2)}{e}$$

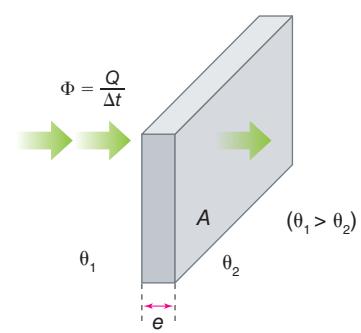


LUCIANO GALVÃO/EASPIX BRASIL



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 2 (A) A parafina derrete à medida que a energia térmica se propaga por condução ao longo do bastão metálico; (B) a energia térmica se propaga de uma partícula para outra ao longo do comprimento do bastão. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ADILSON SECCHI

Figura 3 O calor flui espontaneamente da face de maior temperatura para a de menor temperatura.

A constante de proporcionalidade K é característica do material e denominada **coeficiente de condutibilidade térmica**. Seu valor é alto para os bons condutores térmicos e baixo para os isolantes térmicos, como podemos constatar na tabela abaixo.

Tabela 1 – Coeficiente de condutibilidade térmica para alguns materiais

| Material | $K \left(\frac{\text{cal}}{\text{s} \cdot \text{cm} \cdot {}^\circ\text{C}} \right)$ |
|----------|---|
| Ar seco | 0,000060 |
| Cortiça | 0,00013 |
| Água | 0,00143 |
| Ferro | 0,16 |
| Cobre | 0,92 |
| Prata | 0,98 |

Dados obtidos em: KOCHKIN, N. I.; CHIRKÉVITCH, M. G. *Prontuário de Física elementar*. Moscou: Mir, 1986.

O exemplo a seguir apresenta uma aplicação da lei de Fourier.

Uma casa tem seis janelas. Cada uma tem um vidro de área $1,5 \text{ m}^2$ e espessura $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$. A temperatura externa é -5°C e a interna é mantida a 20°C , pela queima de carvão. Considerando que a condutividade térmica do vidro vale $0,72 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m} \cdot {}^\circ\text{C})$ e que o calor de combustão do carvão é de $6 \cdot 10^3 \text{ cal/g}$, qual é a massa de carvão consumida no período de 12 horas para repor o calor perdido apenas pelas janelas?

Resolução:

Observe que, com os dados do enunciado, podemos calcular o fluxo de calor Φ através das seis janelas. Sabemos que: $A = 6 \cdot 1,5 \text{ m}^2 = 9,0 \text{ m}^2$; $K = 0,72 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m} \cdot {}^\circ\text{C})$; $\theta_1 - \theta_2 = 20^\circ\text{C} - (-5^\circ\text{C}) = 25^\circ\text{C}$ e $e = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

Então, com o auxílio de uma calculadora, obtemos:

$$\Phi = K \cdot \frac{A \cdot (\theta_1 - \theta_2)}{e} \Rightarrow \Phi = 0,72 \cdot \frac{9,0 \cdot 25}{3 \cdot 10^{-3}} \therefore \Phi = 54.000 \text{ kcal/h}$$

Portanto, a quantidade total de calor perdido através das janelas em 12 horas será:

$$Q = 54.000 \text{ kcal/h} \cdot 12 \text{ h} = 648.000 \text{ kcal}$$

Podemos agora, por uma regra de três, obter a quantidade de carvão a ser queimada e que gere essa quantidade de calor. Sabemos que o calor de combustão do carvão é de $6 \cdot 10^3 \text{ cal/g}$, ou seja, 6 kcal/g .

Então: $1 \text{ g} \longrightarrow 6 \text{ kcal}$

$$m \longrightarrow 648.000 \text{ kcal} \quad \therefore m = \frac{648.000 \text{ kcal} \cdot 1 \text{ g}}{6 \text{ kcal}} \Rightarrow \\ \Rightarrow m = 108.000 \text{ g} = 108 \text{ kg}$$

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Faz sentido utilizar em uma residência 108 kg de carvão por dia para manter a temperatura interna no inverno? Faça um cálculo e verifique a quantidade de carvão necessária para um mês de 30 dias, com aquecimento de 12 horas por dia.

É importante destacar que boa parte do calor perdido por uma casa durante o inverno ocorre através do vidro das janelas. Por isso, em regiões de inverno rigoroso, as janelas das casas são montadas com duas camadas de vidro com uma camada de ar entre elas. O ar seco, por ser excelente isolante térmico, reduz consideravelmente a perda de calor através das vidraças, auxiliando na economia de energia necessária para a geração de calor ou, no caso deste exemplo, na quantidade de carvão utilizada.

Aplicando conhecimentos



Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

- Em regiões áridas, como o deserto do Saara, é comum que as pessoas lá vivem utilizem roupas de lã escuras e de mangas longas. Qual é a explicação para o uso dessas vestimentas em regiões com temperaturas tão elevadas?
- Por que a serragem é um isolante térmico melhor do que a madeira?
- O ventilador não é capaz de diminuir a temperatura do ambiente; então, por que as pessoas o utilizam em dias muito quentes?
- Você pode escolher entre duas panelas de mesma massa: uma de cobre e a outra de ferro. Após alguns minutos, qual das duas apresentará maior temperatura? Justifique sua escolha.

4. Convecção térmica

Convecção térmica é o processo de transmissão do calor em que a energia térmica se propaga pela movimentação de massas líquidas ou gasosas, que alternam suas posições no meio devido à diferença de densidade. Por exemplo, quando você aquece um líquido numa chama, as camadas inferiores, à medida que se aquecem, ficam menos densas e sobem, enquanto as camadas superiores, menos quentes, descem, pois têm maior densidade. Dessa forma, vai ocorrendo a mistura das partes mais aquecidas com as menos aquecidas, e o conjunto acaba por esquentar como um todo. Se você colocar pequenas partículas, por exemplo, macarrão do tipo argolinha, no líquido que está sendo aquecido, poderá ver as partículas, ou seja, o macarrão, se movimentando, acompanhando as correntes de convecção que se formam durante o aquecimento (Fig. 4). Observe que esse processo de transferência de calor não ocorre nos sólidos. Ele é exclusivo dos líquidos e gases, genericamente denominados fluidos.

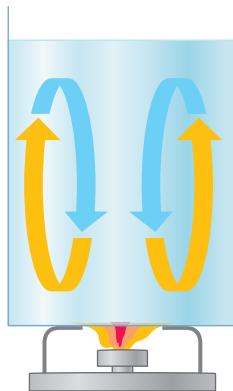


Figura 4 Representação esquemática de convecção térmica. As setas azuis indicam a água menos quente descendo. As setas amarelas indicam a água mais quente subindo.

As brisas que ocorrem nas regiões litorâneas podem ser explicadas pela existência de correntes de convecção, associadas à diferença de aquecimento da terra e do mar no decorrer do dia. Durante o dia, a terra está mais quente que o mar, pois a água é um material que precisa absorver grandes quantidades de calor para ser aquecida. Veremos adiante que isso está associado ao grande calor específico desse líquido. Então o ar mais quente, em contato com a terra, sobe por convecção e produz uma região de baixa pressão, aspirando o ar que está sobre o oceano. Sopra, então, a **brisa marítima** (Fig. 5.A).

À noite, o processo se inverte, e agora a água, sem o aquecimento do Sol, demora mais para esfriar, mantendo-se mais quente que a terra. Então, o ar sobre o mar sobe por convecção, produzindo uma região de baixa pressão, aspirando o ar que está sobre a terra. Sopra, assim, a **brisa terrestre** (Fig. 5.B).

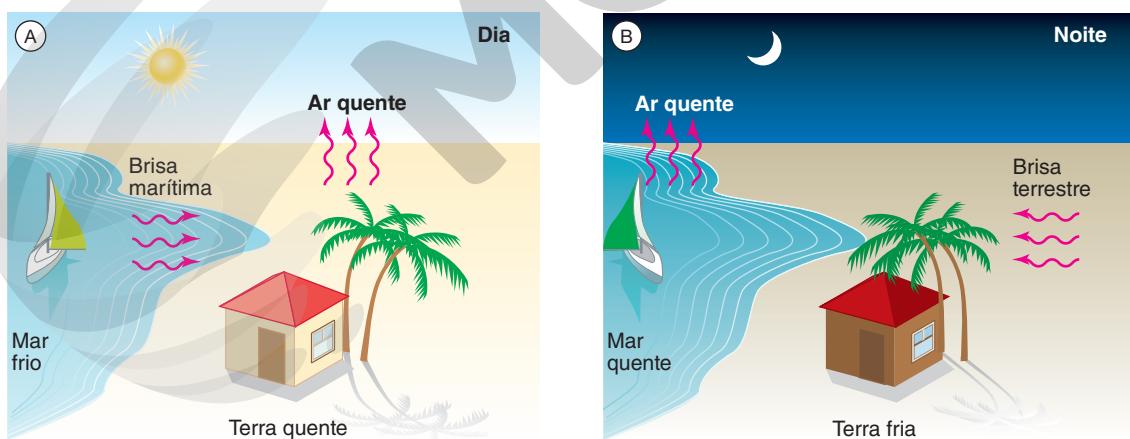


Figura 5 Representação esquemática: (A) brisa marítima; (B) brisa terrestre.

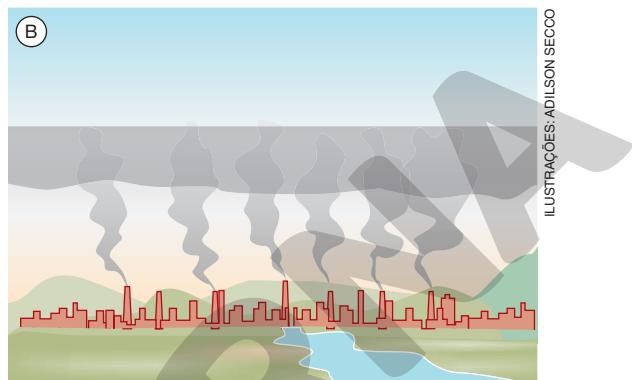
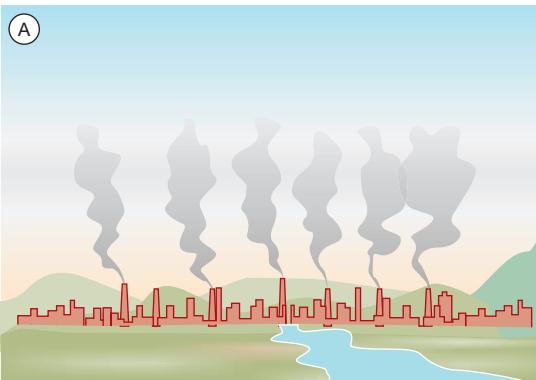
Os jangadeiros do Nordeste do Brasil sabem aproveitar muito bem essas brisas, saindo para pescar em alto-mar à noite, levados pela brisa terrestre, e voltando pela manhã, trazidos pela brisa marítima.

As correntes de convecção também explicam a sustentação de planadores, asas-delta e outros veículos aéreos sem propulsão. Os pássaros, por instinto, utilizam as correntes de convecção durante o voo.

Inversão térmica

Se subirmos a 15 km ou 20 km de altitude na atmosfera terrestre, observaremos que o ar vai se resfriando à medida que nos distanciamos da superfície da Terra.

Assim, o ar mais próximo à superfície, que é mais quente, portanto; menos denso, pode ascender levando resíduos poluentes, principalmente das emissões dos automóveis e das indústrias, favorecendo a sua dispersão nas camadas mais altas (Fig. 6.A). Esse processo, simples e desejável, é denominado **convecção atmosférica**. Entretanto, em condições atmosféricas peculiares e atípicas, esse processo é dificultado. Quando uma camada de ar quente estaciona, por longo tempo, sobre uma massa de ar frio, ocorre o fenômeno denominado **inversão térmica**, que impede a convecção (Fig. 6.B).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 6 (A) A distribuição regular de temperaturas na atmosfera facilita a dispersão de poluentes; (B) a inversão térmica dificulta a dispersão de poluentes. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A inversão térmica é uma condição meteorológica que pode ocorrer em qualquer altitude e em qualquer época do ano, porém, no inverno, ela acontece principalmente nas camadas mais baixas da atmosfera. Baixas temperaturas, céu limpo, ventos fracos e noites longas favorecem a ocorrência da inversão térmica.

Em um ambiente com grande número de indústrias e circulação intensa de veículos, como nas grandes cidades, a inversão térmica pode levar a altas concentrações de poluentes, mantendo os resíduos desses poluentes muito próximos da superfície (Fig. 7). A presença de poluentes pode provocar nas pessoas sintomas fisiológicos leves, como ardor nos olhos, doenças respiratórias crônicas, como bronquite e enfisema, e doenças cardíacas.

Figura 7 Alta concentração de poluentes no ar em dia de inverno na cidade de São Paulo, SP, 2014.

FÁBIO BRAGA/FOLHAPRESS



Em destaque

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Por que o céu escureceu em São Paulo?

Muitas pessoas se assustaram com a cor do céu desta segunda-feira, 19 de agosto [2019], em diversos locais do estado de São Paulo. As estranhezas começaram pela manhã, mas, no meio da tarde, parecia que o “mundo ia desabar” sobre a cidade de São Paulo, de tão escuro que o céu ficou.

Por que o céu ficou escuro ou com cor muito estranha no estado de São Paulo? A resposta está na combinação de fumaça e de muita umidade trazida por uma frente fria que chegou ao litoral paulista na segunda-feira, 19 de agosto.

Na região da cidade de São Paulo, o céu escureceu no meio da tarde por causa da densa camada de nuvens baixas e carregadas, em tons de cinza, e da forte névoa baixa que se formou e restringiu a visibilidade. Esta situação foi observada no leste do estado de São Paulo, onde estão a Grande São Paulo, o litoral e também no Vale do Ribeira e o Vale do Paraíba.

Pela manhã, antes destas nuvens escuras se formarem, foi possível ver o tom amarelado do céu por causa da fumaça misturada com a névoa. A fumaça deu alguma contribuição para dar aparência do céu mais escuro à tarde. Ela serviu de “aglutinador” da umidade e ajudou a formar mais gotículas de água e a escurecer a base da nuvem.

Na maioria das áreas do interior paulista, onde o aumento da umidade não foi tão intenso como no leste do estado, foi possível ver claramente o céu em tom amarelado, um cinza misturado com marrom indicando a presença da fumaça. O sol embaçado, literalmente enfumaçado, foi a maior prova da fumaça.

De onde vieram as nuvens carregadas?

A chegada da frente fria a São Paulo fez com que ventos marítimos voltassem a soprar sobre o estado. Isto fez com que a umidade aumentasse muito por todo o leste do estado, onde está a Grande São Paulo, formando as nuvens baixas e carregadas e uma densa névoa. Choveu fraco e garou em diversas

áreas da capital, mas algumas nuvens ficaram tão carregadas que até provocaram raios.

De onde veio a fumaça?

Em muitas áreas do interior paulista, foi possível ver a redução da visibilidade no horizonte e a aparência do céu cinza-marrom ou amarelado-alaranjado por causa da fumaça que se espalhou por todo o estado de São Paulo.

A fumaça era de grandes focos de queimadas que há vários dias são observados sobre a Bolívia, em Rondônia, no Acre, no Paraguai e no norte da Argentina. O vento das camadas mais elevadas da atmosfera (entre 1.000 metros e 5.000 metros de altitude) mudou de direção com a passagem da frente fria fazendo com que a fumaça fosse direcionada para o estado de São Paulo, mas também para a região sul de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná.

No fim de semana, a direção do vento fez com que a fumaça fosse para o extremo sul do Brasil, atingindo principalmente o Rio Grande do Sul. Mas no domingo, 18, a mudança na direção do vento fez com que a fumaça já chegassem em grande quantidade ao Paraná. O céu do norte do Paraná ainda estava tomado por fumaça nesta segunda-feira.

[...]

CLIMATEMPO. *Por que o céu escureceu em São Paulo?* 19 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/climatempo/por-que-o-ceu-escureceu-em-sao-paulo,4b41360309f3dee36e55063ef20fef1dy0xgiun3.html>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

- De acordo com o texto, quais hipóteses explicariam o escurecimento do céu da cidade de São Paulo na tarde de 19 de agosto de 2019? Como você explicaria essas hipóteses utilizando os conhecimentos adquiridos neste capítulo?
- Que medidas deveriam ser tomadas para controlar as queimadas? O que você poderia sugerir para as autoridades responsáveis? Redija um texto com suas sugestões e envie-o aos responsáveis pela preservação do meio ambiente.

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Nesta montagem, você poderá observar o que acontece com a fumaça quando se impede a formação de correntes de convecção. Veja os materiais necessários:

- uma garrafa PET transparente de refrigerante de 2 litros com tampa e sem o rótulo para favorecer a visualização do experimento;
- uma folha de papel;
- um lápis ou uma caneta;
- um isqueiro a gás ou uma caixa de fósforos;
- uma tesourinha de unha;
- um copinho descartável com água.

Atenção

Cuidado ao manusear o canudo de papel com fogo e certifique-se de que ele está apagado ao colocá-lo no lixo.

- Com muito cuidado, use a tesoura para recortar um pequeno orifício, de 1 cm de diâmetro, na lateral da garrafa e próximo ao gargalo. A seguir, enrole a folha de papel, no sentido do comprimento, em torno do lápis ou da caneta e forme um tubo que caiba no orifício feito na lateral da garrafa. Antes de começar a enrolar o papel, lembre-se de deixar uma parte do lápis, ou da caneta, para fora do tubo, assim você vai poder tirá-lo depois de enrolar o papel. Introduza cerca de 5 cm do tubo na garrafa, deixando-o na horizontal. Usando o isqueiro ou o fósforo, e com muito cuidado, ateie fogo à ponta do tubo de papel (Fig. A).

Com a água do copinho, apague o fogo antes que ele chegue à garrafa.

Observe o que ocorre com a fumaça no interior da garrafa. Elabore um texto curto, com um ou dois parágrafos, e, com base nos conceitos estudados até aqui, explique o que ocorreu com a fumaça.



Figura A

Aplicando conhecimentos



Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

- Para enfrentar uma noite muito fria, antes de se deitar, Juvêncio, pensando em aplicar seus conhecimentos de Ciências da Natureza, resolveu colocar o aquecedor no alto do guarda-roupa. Você acha que a decisão de Juvêncio foi correta ou ele obteria melhores resultados se colocasse o aquecedor no piso? Explique.
- Em muitos supermercados e mercearias, os produtos perecíveis são colocados em freezers horizontais, expostos ao ambiente. Apesar disso, os alimentos se mantêm em baixa temperatura e não deterioram. Explique por que não ocorre o aquecimento desses produtos.
- Em certos dias, verifica-se o fenômeno da inversão térmica, que causa um aumento da poluição do ar, pelo fato de a atmosfera apresentar maior estabilidade térmica, isto é, pouca convecção. Essa ocorrência se deve ao seguinte fato:
 - a temperatura das camadas inferiores do ar atmosférico permanece superior à das camadas superiores.
 - a convecção força as camadas carregadas de poluentes a circular.
 - a temperatura do ar se uniformiza.
 - a condutibilidade térmica do ar diminui.
 - as camadas superiores do ar atmosférico têm temperatura superior à das camadas inferiores.

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

5. Irradiação térmica

A transmissão de energia pelas ondas eletromagnéticas, como ondas de rádio, micro-ondas, raios infravermelhos, luz visível, raios ultravioleta, raios X e raios gama, é denominada genericamente irradiação ou radiação. A **irradiação térmica** ou **radiação térmica** é o processo de transmissão de calor em que a energia térmica se propaga sob a forma de raios infravermelhos. Ao contrário da condução e da convecção térmicas, ela não precisa de um meio material para ocorrer. Por exemplo, o calor do Sol chega até nós por meio das radiações eletromagnéticas emitidas por esse astro, que atravessam o vácuo existente entre ele e a Terra. Ao absorver a energia proveniente dessas radiações, o grau de agitação das partículas dos corpos aumenta e eles sofrem aumento de temperatura.

A absorção dessa energia está diretamente relacionada com a cor e com o grau de polimento do corpo que a recebe. Pode-se dizer genericamente que os corpos foscos, pouco polidos e de cor escura absorvem maior quantidade de calor num mesmo ambiente que os polidos e de cor clara.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade prática

Pegue duas moedas idênticas e, com tinta guache, pinte uma de preto e a outra de branco. Ao colá-las ao sol durante determinado intervalo de tempo, por exemplo, por 20 minutos, haverá diferença de temperatura entre elas passado esse período? Registre suas hipóteses e teste-as experimentalmente.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

A estufa de plantas e o efeito estufa

A **estufa** é um recinto onde plantas são mantidas num ambiente aquecido. Para isso, o teto e as paredes da estufa são feitos de materiais transparentes à energia radiante do Sol, como vidro ou plástico, mas que impedem a passagem da energia reemitida pelos objetos em seu interior. Dessa maneira, o ambiente da estufa se mantém quente, mesmo no período noturno, durante o qual não há incidência direta dos raios solares (Fig. 8).

O **efeito estufa**, que ocorre na atmosfera terrestre, tem explicação semelhante. A presença de vapor de água e gás carbônico faz a atmosfera reter grande parte das ondas, ou raios infravermelhos, emitidas pelos objetos da superfície terrestre, impedindo que sejam enviadas ao espaço. Esse efeito é fundamental para que a Terra mantenha uma temperatura média adequada, que, nos últimos 5.000 anos, ficou entre 19 °C e 27 °C. Se o efeito estufa não ocorresse, a energia radiante recebida do Sol durante o dia seria reemitida para o espaço durante a noite, reduzindo a temperatura terrestre a níveis insuportáveis.

Cientistas, ambientalistas, autoridades e demais estudiosos das mudanças climáticas no planeta vêm percebendo que as atividades humanas estão aumentando muito a quantidade de gás carbônico na atmosfera, de modo que o efeito estufa está se intensificando. A temperatura média do planeta está se aproximando perigosamente de 27 °C. Por isso, o efeito estufa poderá deixar de ser um fenômeno benéfico e essencial para se tornar desastroso, causando derretimento das calotas polares, alterações climáticas muito acentuadas, inundações, entre outras catástrofes.

Dialogando com o texto

[Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.](#)

Analise os equipamentos habituais e as situações vivenciadas em um acampamento e identifique os processos de troca de calor envolvidos. Em seguida, escolha um dos tópicos e elabore um desenho esquemático que forneça uma explicação mais detalhada sobre os fenômenos observados em sua escolha.

Tópicos:

- caixa de isopor para manter a temperatura das bebidas;
- garrafa térmica para manter líquidos quentes ou frios;
- escolha do material dos utensílios para cozinhar;
- uso do fogareiro a gás para cozinhar;
- água fervendo para cozinhar os alimentos;
- uso de um isolante sob o saco de dormir;
- fogueira para se aquecer à noite;
- escolha das roupas e do saco de dormir;
- ar frio que retira a camada de ar quente próxima ao corpo.

ANDRÉ DIB/PULSAR IMAGENS



Figura 8 Estufa de plantas.

[Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.](#)

Atividade em grupo

Você já deve ter ouvido ou lido notícias sobre o efeito estufa e as consequências desastrosas que a sua intensificação pode causar. Forme um grupo com os colegas e pesquise a respeito das medidas que as autoridades dos diversos países têm discutido para contornar esse grave problema. Assistam ao documentário *Uma verdade inconveniente* (EUA, 2006) e discutam as ideias apresentadas no filme.

Após assistir ao filme, conversem com os colegas, pesquise sobre o assunto e redijam um texto expondo a preocupação do grupo e as medidas que poderiam ser tomadas para minimizar a intensificação do efeito estufa no planeta.

Garrafa térmica

A **garrafa térmica** é um dispositivo de grande aplicação prática. Tem como função manter seu conteúdo em temperatura praticamente constante durante longo intervalo de tempo. Logo após sua invenção, em 1892, ela era conhecida como **vaso de Dewar**, em homenagem ao químico escocês Sir James Dewar (1842-1923), que, um ano antes, havia descoberto um método para produzir grandes quantidades de oxigênio líquido, no entanto, para utilizá-lo, era preciso mantê-lo a baixas temperaturas. Em função dessa necessidade, Dewar inventou a garrafa térmica.

Para minimizar as trocas de calor e manter a temperatura constante, a garrafa térmica é feita com parede dupla de vidro espelhado, no interior da qual se faz "vácuo" (ar rarefeito). O fato de o material ser o vidro, que é isolante, reduz a condução. O vácuo entre as lâminas da parede dupla só permite a irradiação, mas esta é dificultada pelo espelhamento interno e externo das paredes de vidro, pois, nesse caso, as ondas de calor são refletidas (Fig. 9).

ADILSON SECCO

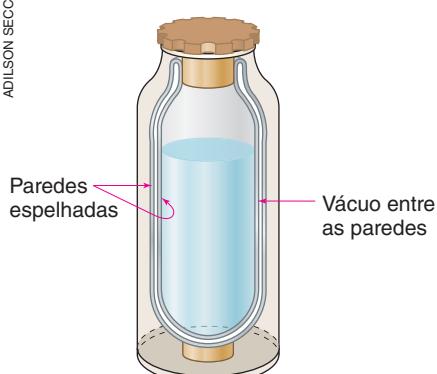


Figura 9 Representação esquemática de uma garrafa térmica.

A tampa da garrafa é feita de material isolante térmico e, por isso, também ajuda a manter a temperatura interna. Além disso, ela impede as trocas de calor por convecção do ar sobre o líquido no interior da garrafa.

Aquecimento da água por energia solar

Com o escasseamento dos combustíveis fósseis, há uma contínua procura por fontes alternativas de energia. A mais disponível que temos é a **energia solar** e, por esse motivo, estão sendo desenvolvidos muitos projetos visando seu aproveitamento. Os chamados **aquecedores solares** seguem essa tendência, sendo utilizados no aquecimento da água de residências, piscinas, hotéis, indústrias, edifícios, propriedades rurais ou em outros locais que necessitem de água aquecida.

Um sistema básico de aquecimento de água por energia solar é composto de placas coletoras solares metálicas e de cor escura, para otimizar a absorção da irradiação térmica, e recobertas por placas de vidro transparente, para criar um efeito estufa. Utilizam-se também reservatórios térmicos, denominados *boilers*. As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar (Fig. 10).

A energia térmica absorvida pelas placas é transmitida para a água que circula no interior das tubulações de cobre. Os *boilers* são cilindros de cobre ou aço inoxidável, isolados termicamente com poliuretano expandido sem CFC (clorofluorcarbonetos) para diminuir as perdas de calor por condução. Dessa forma, a água permanece aquecida e pronta para consumo a qualquer hora do dia ou da noite. A caixa de água fria alimenta o reservatório, mantendo-o sempre cheio.

O esquema ao lado (Fig. 11) mostra um dispositivo bem simples de aquecimento.

A circulação da água entre os coletores e o reservatório é garantida por um mecanismo natural chamado **termossifão**. Nesse sistema, a água dos coletores, por estar mais quente, é menos densa que a água do reservatório. Então, a água fria, mais densa, “empurra” a água quente para o reservatório, gerando a circulação. Em sistemas mais sofisticados, em que o volume de água é muito grande, como em piscinas, por exemplo, a circulação da água é feita por meio de motobombas.

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

JOÃO PRUDENTE/PULSAR IMAGENS



Figura 10 Coletor solar e reservatório térmico (*boiler*) no telhado de uma casa.

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

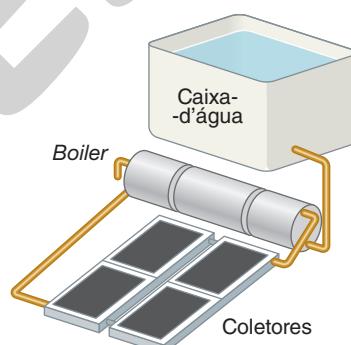


Figura 11 Representação esquemática de um aquecedor solar acoplado a uma caixa-d'água. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

8. Ao colocar a mão embaixo de uma lâmpada incandescente acesa, você poderá sentir o calor transmitido por ela. Prove, com argumentos fisicamente corretos, que o calor é transmitido à sua mão predominantemente pelo processo de irradiação.
9. De que maneira a cor das roupas que vestimos pode nos afetar no verão? E no inverno?
10. Por que as regiões polares da Terra têm temperaturas médias bem menores que as encontradas nas regiões próximas à linha do Equador?
11. Em sua opinião, a temperatura em uma noite estrelada é mais fria ou mais quente que a temperatura em uma noite sem estrelas visíveis no mesmo local?



- 1.** (Enem) O objetivo de recipientes isolantes térmicos é minimizar as trocas de calor com o ambiente externo. Essa troca de calor é proporcional à condutividade térmica k e à área interna das faces do recipiente, bem como à diferença de temperatura entre o ambiente externo e o interior do recipiente, além de ser inversamente proporcional à espessura das faces.

A fim de avaliar a qualidade de dois recipientes A ($40\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$) e B ($60\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$) de faces de mesma espessura, uma estudante compara suas condutividades térmicas k_A e k_B . Para isso suspende, dentro de cada recipiente, blocos idênticos de gelo a 0°C , de modo que suas superfícies estejam em contato apenas com o ar. Após um intervalo de tempo, ela abre os recipientes enquanto ambos ainda contêm um pouco de gelo e verifica que a massa de gelo que se fundiu no recipiente B foi o dobro da que se fundiu no recipiente A.

A razão $\frac{k_A}{k_B}$ é mais próxima de

- | | |
|----------|----------|
| a) 0,50. | c) 0,75. |
| b) 0,67. | d) 1,33. |
| e) 2,00. | |

- 2.** (Enem) Num experimento, um professor deixa duas bandejas de mesma massa, uma de plástico e outra de alumínio, sobre a mesa do laboratório. Após algumas horas, ele pede aos alunos que avaliem a temperatura das duas bandejas, usando para isso o tato. Seus alunos afirmam, categoricamente, que a bandeja de alumínio encontra-se numa temperatura mais baixa. Intrigado, ele propõe uma segunda atividade, em que coloca um cubo de gelo sobre cada uma das bandejas, que estão em equilíbrio térmico com o ambiente, e os questiona em qual delas a taxa de derretimento do gelo será maior.

O aluno que responder corretamente ao questionamento do professor dirá que o derretimento ocorrerá

- a) mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem uma maior condutividade térmica que a de plástico.
- b) mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem inicialmente uma temperatura mais alta que a de alumínio.
- c) mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem uma maior capacidade térmica que a de alumínio.
- d) mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem um calor específico menor que a de plástico.
- e) com a mesma rapidez nas duas bandejas, pois apresentarão a mesma variação de temperatura.

- 3.** Uma pessoa, trajando um macacão de lã, de espessura 5 mm e área 2 m^2 , encontra-se num local

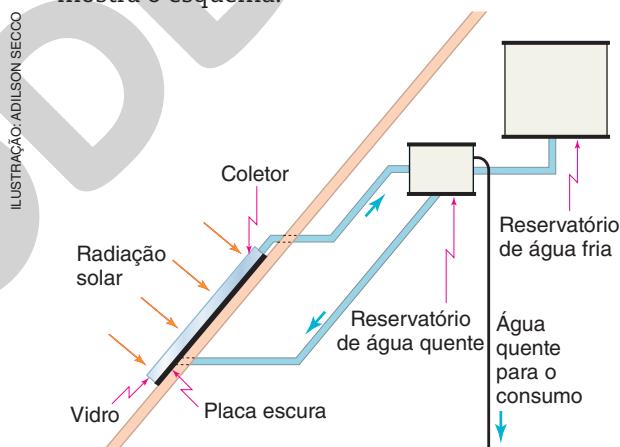
em que a temperatura ambiente é $24,0^\circ\text{C}$. Sabendo que o coeficiente de condutibilidade térmica da lã é $1 \cdot 10^{-4}\text{ cal/(s} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C)}$ e que a temperatura corporal da pessoa é 36°C :

- a) determine o fluxo de calor, em cal/s , que se estabelece através do macacão;
- b) calcule a quantidade de calor que a pessoa perde em meia hora.

- 4.** O calor é transmitido principalmente por irradiação
4. b em qual das situações apresentadas?

- a) Aquecimento da água que sai de uma torneira elétrica ligada.
- b) Queima de um pedaço de papel com uma lente que concentra os raios solares.
- c) Fumaça que sobe pela chaminé de uma lareira.
- d) Aquecimento da água contida em uma panela colocada sobre a chama de um fogão.
- e) Aquecimento de uma caneca com chocolate quente em seu interior.

- 5.** (Enem) O resultado da conversão direta de energia solar é uma das várias formas de energia alternativa de que se dispõe. O aquecimento solar é obtido por uma placa escura coberta por vidro, pela qual passa um tubo contendo água. A água circula conforme mostra o esquema.



São feitas as seguintes afirmações quanto aos materiais utilizados no aquecedor solar

- I. O reservatório de água quente deve ser metálico, para conduzir melhor o calor.
- II. A cobertura de vidro tem como função reter melhor o calor, de forma semelhante à que ocorre em uma estufa.
- III. A placa utilizada é escura para absorver melhor a energia radiante do Sol, aquecendo a água com maior eficiência.

Dentre as afirmações acima, pode-se dizer que apenas está(ão) correta(s):

- | | | |
|------------|-------------|--------------|
| a) I. | c) II. | e) II e III. |
| b) I e II. | d) I e III. | |

PROPORÇÃO NAS REAÇÕES QUÍMICAS: ESTEQUIOMETRIA

JENIFOTO/SHUTTERSTOCK



Na panificação tradicional, que emprega fermento biológico, após a mistura dos ingredientes ocorre uma reação de fermentação que produz dióxido de carbono dentro da massa. São as bolhas formadas por esse gás que conferem textura porosa ao pão. Quando a massa vai ao forno, o aquecimento provoca a expansão dessas bolhas, resultando naqueles buraquinhos no interior de um pão.

A levedura conhecida cientificamente como *Saccharomyces cerevisiae* é um fungo unicelular capaz de obter energia por meio da respiração na presença de gás oxigênio ou a partir da fermentação na ausência desse gás.

Quando ela se encontra em ambientes onde o gás oxigênio não está presente, realiza a fermentação ao degradar carboidratos como a glicose, a frutose e a sacarose, por meio de reações químicas que geram a energia necessária à sua sobrevivência. Essas reações químicas, além de produzirem energia, que é armazenada pelas leveduras na forma de ATP, levam à produção de etanol (álcool etílico) e gás carbônico. Por produzir etanol, esse processo também é conhecido como fermentação alcoólica.

Essas leveduras são comercializadas como fermento biológico, que pode ser usado na panificação ou no preparo de pizzas. Elas também são empregadas em processos industriais que envolvem a obtenção de etanol a partir de vegetais ricos em carboidratos, como cana-de-açúcar, milho, beterraba, batata, trigo e mandioca.

Quando uma reação química é realizada com quantidades conhecidas de reagentes, é possível prever a quantidade de produtos que será formada? E, de modo inverso, é possível fazer uma estimativa da quantidade de reagentes necessária para obter certa quantia de produtos?

Como veremos ao longo do capítulo, a resposta para essas duas perguntas é sim. A partir das massas atômicas, listadas na tabela periódica, podemos calcular as massas molares de cada reagente ou produto de uma reação química. Conhecendo essas massas molares e a equação química do processo, podemos estabelecer relações matemáticas entre as quantidades de reagentes e de produtos e, com base nelas, fazer previsões. Esse cálculo é denominado **estequiometria** ou **cálculo estequiométrico** (do grego *stoikheion*, “princípio”, e *métron*, “medida”) e é o tema deste capítulo.

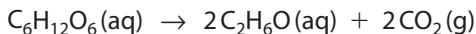
De olho na BNCC:

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT308**
- **EM13CHS403**

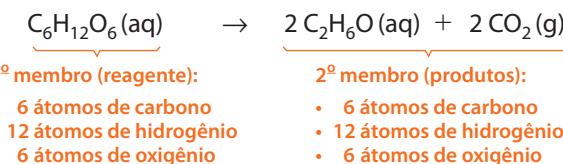
1. Relações estequiométricas fundamentais

No Item 5 do Capítulo 2, estudamos que a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, comercializada como fermento biológico, é empregada na panificação. Misturada à farinha, ela é responsável pelo processo de fermentação alcoólica, na qual pequena fração de carboidratos da massa do pão se transforma em etanol e gás dióxido de carbono (gás carbônico). Após preparar a massa do pão, é necessário aguardar alguns minutos antes de assá-la; durante esse intervalo, ocorre a reação de fermentação alcoólica e há formação de muitas minúsculas bolhas constituídas de gás carbônico no interior da massa, conferindo-lhe textura porosa. O etanol, também produzido na fermentação, evapora, principalmente enquanto o pão está sendo assado.

A equação química da transformação do carboidrato glicose ($C_6H_{12}O_6$) em etanol (C_2H_6O) e dióxido de carbono (CO_2) na fermentação alcoólica é:



As fórmulas estruturais do reagente e dos produtos estão na Figura 1. Em uma equação química, os números colocados antes da fórmula de cada substância, reagente ou produto, são os **coeficientes estequiométricos** ou, simplesmente, **coeficientes**. Diz-se que uma equação química está **balanceada** quando os coeficientes estão corretamente indicados para expressar que o número de átomos de cada elemento químico é o mesmo em ambos os membros. Isso decorre do fato de os átomos não serem criados nem destruídos em uma transformação (reação) química.



Nessa equação química, o coeficiente da glicose é 1 (que é subentendido quando outro número não é explicitado), o do etanol é 2 e o do dióxido de carbono também é 2. Esses coeficientes informam que existe uma **proporção**: uma molécula de glicose **transforma-se** em duas moléculas de etanol e duas moléculas de dióxido de carbono. Não importa quantas moléculas de glicose reajam, o número de moléculas de etanol produzidas será o dobro e o número de moléculas de dióxido de carbono produzidas também:

| | | | |
|---------------------|---------------|------------------------|------------------------|
| $1C_6H_{12}O_6(aq)$ | \rightarrow | $2C_2H_6O(aq)$ | $+ 2CO_2(g)$ |
| $\times 2$ | | 2 moléculas | 2 moléculas |
| $\times 3$ | | 4 moléculas | 4 moléculas |
| $\times 10$ | | 6 moléculas | 6 moléculas |
| | | 20 moléculas | 20 moléculas |

Em qualquer amostra macroscópica de substância química molecular, há uma quantidade imensa de moléculas. Assim, embora os coeficientes informem a proporção entre as moléculas de reagentes e produtos envolvidas na transformação, é útil considerar que eles também indicam a proporção entre as quantidades em mols, denominada **proporção estequiométrica**. Para exemplificar, consideremos que $6 \cdot 10^{23}$ moléculas de glicose (isto é, 1 mol de glicose) reajam:

| | | | |
|--------------------------|---------------|---|---|
| $C_6H_{12}O_6(aq)$ | \rightarrow | $2C_2H_6O(aq)$ | $+ 2CO_2(g)$ |
| $\times 6 \cdot 10^{23}$ | | 1 molécula | 2 moléculas |
| | | $1 \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$ | $2 \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$ |
| | | 1 mol de glicose | 2 mol de etanol |
| | | | $2 \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$ |
| | | | $2 \text{ mol de dióxido de carbono}$ |

Como a quantidade de $6 \cdot 10^{23}$ moléculas é 1 mol de moléculas (Capítulo 3), concluímos que a proporção estequiométrica dessa reação é: **1 mol de glicose se transforma em 2 mol de etanol e 2 mol de dióxido de carbono.**

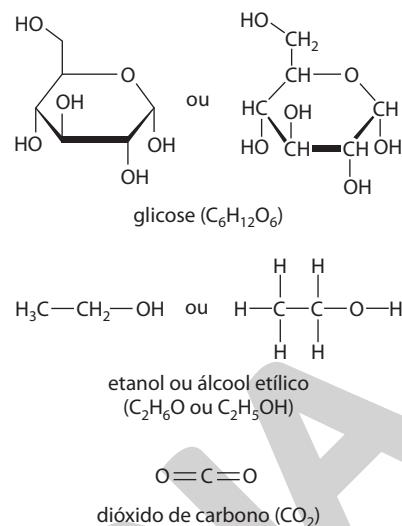


Figura 1 Representações, por meio de fórmulas estruturais, do reagente (glicose) e dos produtos (etanol e dióxido de carbono) da reação química de fermentação alcoólica. Nas fórmulas estruturais apresentadas, cada traço representa uma ligação química estabelecida entre os átomos que constituem as moléculas.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

1ª etapa

Neste capítulo, cada equipe desenvolverá uma pesquisa em três etapas, propostas em quadros de *Atividade em grupo*. Ao final, na quarta etapa, o material produzido será reunido em materiais de divulgação para a comunidade.

Assim como a estequiometria, vários temas estudados pelas Ciências da Natureza são de importância para muitas profissões. Pesquisem algumas delas.

Qual é a relevância econômica, social e ambiental dessas profissões? Que universidades públicas oferecem formação nessas áreas e como um estudante pode ter acesso a essa formação?

Que mudanças ocorrerão no mundo do trabalho devido aos avanços tecnológicos, como automação, informatização e uso de inteligência artificial?

Quais profissões têm grandes chances de desaparecer? Quais provavelmente estarão em alta? Que novas atividades surgirão?

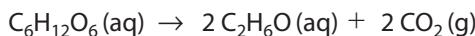
Relação estequiométrica entre quantidades de matéria

Considere que uma massa de pão foi preparada seguindo a receita adequada, que inclui farinha, água e fermento biológico. Após misturar bem todos os ingredientes, a massa foi deixada em repouso por certo tempo antes de ser assada. Se, nesse intervalo, 4,50 g de glicose reagiram completamente por meio da fermentação alcoólica, como calcular a massa de dióxido de carbono produzido?

Primeiramente, vamos usar a massa molar da glicose ($180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) para calcular a quantidade (em mol) de glicose que reagiu:

$$n_{\text{glicose}} = \frac{m_{\text{glicose}}}{M_{\text{glicose}}} = \frac{4,50 \text{ g}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{glicose}} = 0,025 \text{ mol}$$

A seguir, utilizamos a proporção dos coeficientes estequiométricos:



| Proporção: | 1 mol | 2 mol |
|------------|-----------------------|-----------------------|
| Grandezas: | Quantidade de matéria | Quantidade de matéria |
| 1 mol | _____ | 2 mol |
| 0,025 mol | _____ | n_{CO_2} |

Essa é a quantidade, em mol, de CO_2 produzido. Para saber a massa desse gás, utilizamos a seguinte equação (do Capítulo 3) e a massa molar do CO_2 ($44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$):

$$m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \cdot M_{\text{CO}_2} = 0,050 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow m_{\text{CO}_2} = 2,2 \text{ g}$$

Assim, chegamos à massa de dióxido de carbono produzido e liberado dentro da massa do pão, durante o período em que ela permaneceu em repouso.

Relação estequiométrica entre massas

Podemos, de modo conciso, chegar ao mesmo resultado calculado anteriormente se, a partir da proporção estequiométrica expressa pelos coeficientes, estabelecermos uma proporcionalidade em massa. Isso pode ser feito assim:



| Proporção: | 1 mol | 2 mol |
|------------|-------|------------------------|
| Grandezas: | Massa | Massa |
| 180 g | _____ | $2 \cdot 44 \text{ g}$ |
| 4,5 g | _____ | m_{CO_2} |

Relação estequiométrica envolvendo volume gasoso

Suponha que nosso interesse fosse saber o volume de gás carbônico liberado dentro da massa do pão, nas condições ambientes (25°C e 1 atm), no intervalo de tempo em que ela permaneceu em repouso antes de ir ao forno. Nesse caso, partindo da proporção dos coeficientes, estabeleceremos uma proporcionalidade entre massa de glicose que reagiu e volume de gás liberado.

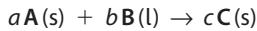
Consultando, em fontes confiáveis de informação, o volume molar de gás ideal referente às condições ambientes (25°C e 1 atm), verificamos que ele é $24,5 \text{ L/mol}$. Isso significa que 1 mol de um gás qualquer, suposto de comportamento ideal (consideração que despreza a atuação de forças atrativas entre as moléculas e as considera pontos sem dimensão), tem volume de $24,5 \text{ L}$, a 25°C e 1 atm. Assim, podemos calcular o volume de dióxido de carbono gasoso:



| Proporção: | 1 mol | 2 mol |
|------------|-------|--------------------------|
| Grandezas: | Massa | Volume |
| 180 g | _____ | $2 \cdot 24,5 \text{ L}$ |
| 4,5 g | _____ | V_{CO_2} |

Dialogando com o texto

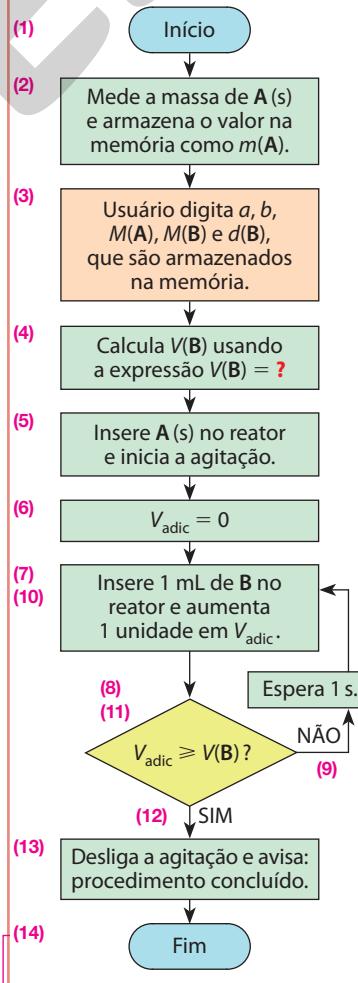
Estudantes de automação industrial criaram o algoritmo abaixo para um programa que comandará um equipamento destinado à realização de reações do tipo:



No início, cada reagente é colocado em um compartimento separado: A é sólido em pó e B é líquido, disponível em excesso. Eles reagirão, sob agitação, em outro compartimento, o **reator**. A cada 1 segundo, 1 mL do reagente B será adicionado, até perfazer o volume $V(B)$, que corresponde à quantidade estequiométrica.

O usuário deve inserir dados: os coeficientes estequiométricos (a e b), a massa molar, em g/mol, dos reagentes ($M(A)$ e $M(B)$) e a densidade, em g/mL, de B ($d(B)$).

- Deduza a expressão que falta no algoritmo, indicada por “?”.
- Pesquise o que é um *loop*, identifique o *loop* que existe no algoritmo e explique que condição é usada para sair dele.



Os números referem-se à análise realizada no Suplemento do Professor.

Aplicando conhecimentos

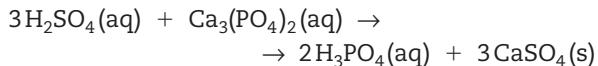


Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no
Suplemento do Professor.

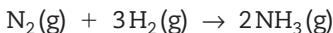
Consulte a tabela periódica sempre que considerar necessário.

1. O ácido fosfórico, H_3PO_4 , empregado em alguns procedimentos odontológicos, pode ser produzido por meio da reação entre ácido sulfúrico, H_2SO_4 , e fosfato de cálcio, $Ca_3(PO_4)_2$ (proveniente da rocha apatita), de acordo com a reação assim equacionada:



- a) Que quantidades (em mol) de ácido sulfúrico e de fosfato de cálcio são necessárias para produzir 10 mol de ácido fosfórico?
b) O sulfato de cálcio, $CaSO_4$, outro produto da reação, é usado para fazer gesso, massa corrida e giz escolar. Quantos mols de sulfato de cálcio são produzidos juntamente com 10 mol do ácido fosfórico?

2. A amônia, NH_3 , é um importante insumo para as indústrias químicas, sendo matéria-prima para a produção de plásticos, fibras têxteis, corantes, ração para gado, fármacos, produtos de limpeza e espuma para colchões e travesseiros. Determinada indústria de amônia produz 8,5 t diárias dessa substância, por meio da reação assim equacionada:

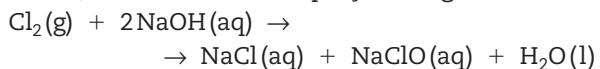


- a) Quantos mols de NH_3 são produzidos por dia?
b) Estabeleça a proporção estequiométrica entre as quantidades (em mol) de reagentes e produto e utilize-a para determinar as quantidades de reagentes utilizadas diariamente.
c) Use os resultados do item b para determinar as massas de reagentes utilizadas em um dia.
d) Estabeleça a proporção entre massas de reagentes e produto e use-a para determinar as massas de reagentes utilizadas diariamente. O resultado está de acordo com o calculado em c? Por quê?

3. Um caminhão-tanque capotou na estrada, derramando nela 4,9 t de ácido sulfúrico, H_2SO_4 . Os técnicos do órgão de saneamento ambiental utilizaram cal viva, CaO , para neutralizar o ácido. Considerando a equação a seguir, que representa a reação envolvida, determine a massa mínima de cal que deve ser empregada no processo.

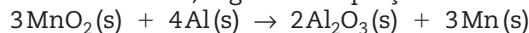


4. O hipoclorito de sódio, $NaClO$, é uma substância comercializada, em solução aquosa, com o nome de água sanitária, apresentando propriedades bactericidas e alvejantes. O sal é produzido por meio da reação química de gás cloro, Cl_2 , com soda cáustica, $NaOH$, de acordo com a equação a seguir:



Quais são as massas de gás cloro e soda cáustica necessárias para a obtenção de 1,490 kg de hipoclorito de sódio?

5. O manganês metálico pode, entre outras aplicações, ser usado para aumentar a resistência do aço, quando incluído nessa liga. Pode-se obter manganês metálico por meio da reação entre dióxido de manganês, MnO_2 (proveniente do minério pirolusita), e alumínio metálico, segundo a equação:



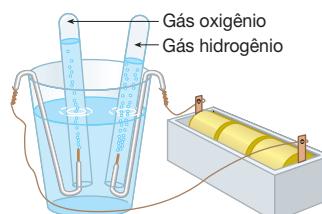
Faça uma previsão da massa de MnO_2 que precisa reagir para que sejam produzidas 5,0 t de manganês metálico.

6. O magnésio, $Mg(s)$, é um metal que queima na presença de gás oxigênio, $O_2(g)$, produzindo como único produto um sólido branco, o óxido de magnésio, $MgO(s)$. Em uma série de experimentos, a massa de magnésio usada, $m(Mg)$, e a massa de produto obtida, $m(MgO)$, foram medidas e tabeladas:

| Experimento | $m(Mg)$ (g) | $m(MgO)$ (g) |
|-------------|-------------|--------------|
| 1 | 4,86 | 8,06 |
| 2 | 7,29 | 12,09 |
| 3 | 9,72 | 16,12 |
| 4 | 12,15 | 20,15 |
| 5 | 14,58 | 24,18 |
| 6 | 17,01 | 28,21 |

- a) Pesquise o que é a lei de Lavoisier e utilize-a para determinar a massa de gás oxigênio que reagiu em cada experimento.
b) Elabore uma tabela que relate, para os experimentos, as quantidades (em mol) de cada reagente que participou da reação e a quantidade (em mol) formada de produto.
c) Equacione a reação química mencionada e explique se a tabela elaborada no item b está de acordo com a proporção estequiométrica.
d) É correto afirmar que, em uma reação química, as quantidades (em mol) se conservam? Argumente fundamentado em dados.

7. A passagem de corrente elétrica por meio de uma solução aquosa de sulfato de sódio, usando três pilhas em série e fios de um metal que não reaja durante o processo, provoca a decomposição da água nos gases hidrogênio, H_2 , e oxigênio, O_2 .



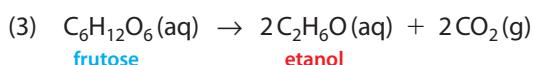
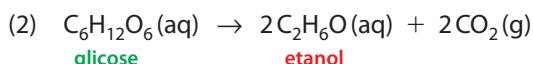
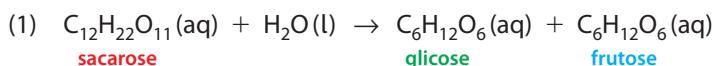
Esquematização da decomposição da água por eletrólise usando pilhas e eletrodos metálicos inertes. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

- a) Equacione a reação envolvida.
b) Explique por que os volumes dos dois produtos (nas mesmas condições de pressão e temperatura) não são iguais e estabeleça uma previsão da relação entre esses volumes.

2. Reações sucessivas, pureza e rendimento

Em uma indústria sucroalcooleira (que produz açúcar e etanol a partir da cana) de pequeno porte, químicos e engenheiros estão testando o protótipo em tamanho reduzido de um novo reator (recipiente em que se realizam reações químicas) para obter etanol. Atualmente, o rendimento da produção de etanol nessa indústria é 48,0%. O novo equipamento operará em condições distintas das atuais, visando melhorar esse rendimento.

A sequência de reações será a mesma empregada hoje: (1) hidrólise da sacarose existente no caldo de cana (garapa), que produz glicose e frutose; (2) fermentação alcoólica da glicose; (3) fermentação alcoólica da frutose. Essas reações ocorrem na presença de enzimas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e são assim equacionadas:



As fórmulas estruturais da sacarose, da glicose e da frutose estão representadas na Figura 2. As equações (2) e (3) são iguais porque a glicose e a frutose, apesar de serem substâncias diferentes, têm fórmulas moleculares iguais.

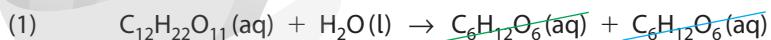
Diferentemente das condições ideais consideradas no Item 1, na prática, as reações químicas são influenciadas por fatores como impurezas dos reagentes, variações dos parâmetros reacionais (temperatura, agitação etc.) e reações indesejadas. Em razão dessas influências, o rendimento das reações geralmente não é total, ou seja, é inferior a 100%.

No teste, os químicos e engenheiros introduziram no reator 10,0 L de caldo de cana, no qual a concentração de sacarose é 171 g/L (isto é, em cada litro de solução estão dissolvidos 171 gramas de sacarose). Transcorrido o tempo necessário para a ocorrência das reações, o etanol produzido foi separado do restante do meio aquoso (que contém produtos indesejados e sacarose que não reagiu) usando um mesmo equipamento empregado atualmente pela empresa, que fornece uma mistura contendo 92,0% (em massa) de etanol, sendo o restante água e pequena porcentagem de outras substâncias. Foram obtidos 550 g da mistura.

Como determinar se o rendimento do processo nesse novo reator é maior que o atual? Vamos discutir como isso é feito, aproveitando para trabalhar três conceitos relacionados à estequiométria: reações sucessivas, pureza e rendimento.

Reações sucessivas

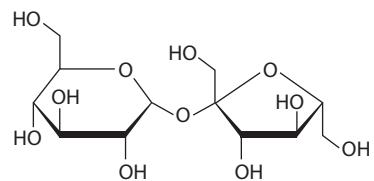
Podemos operar matematicamente com as equações balanceadas (1), (2) e (3) apresentadas, com a intenção de obter a equação global:



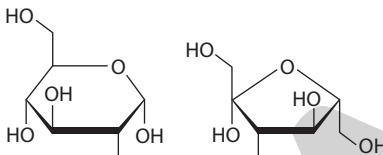
$$\text{Global: } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 4\text{C}_2\text{H}_6\text{O(aq)} + 4\text{CO}_2(\text{g})$$

Com isso, temos uma equação global balanceada que fornece a proporção estequiométrica entre sacarose e etanol, que é de 1 mol : 4 mol.

Perceba que a glicose produzida em (1) é reagente em (2) e que a frutose produzida em (1) é reagente em (3), o que possibilitou a simplificação feita e forneceu uma equação global na qual glicose e frutose não comparecem. Ao somar equações de reações sucessivas, visamos ao **cancelamento dos intermediários**, substâncias produzidas em uma etapa e que reagem em outra, subsequente.



sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)



glicose ($C_6H_{12}O_6$) frutose ($C_6H_{12}O_6$)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

2^a etapa

A exemplo dos químicos e engenheiros mencionados no início desta página (que foram contratados para atuar em Pesquisa e Desenvolvimento, P&D, porque apresentam qualidades profissionais adequadas), quando o mercado de trabalho procura um profissional, deseja que ele tenha determinado conjunto de características que constituem o **perfil do profissional** procurado. Esse perfil pode variar consideravelmente de uma situação de contratação para outra, e não envolve somente formação acadêmica.

Por que apenas conhecimentos teóricos e técnicos não são suficientes para que o profissional tenha sucesso em sua atividade? Que outras qualidades e habilidades vocês julgam importantes para ser um bom profissional e ter sucesso na profissão?

Além de refletirem e pesquisarem em fontes confiáveis de informação, entrevistem profissionais que considerem bem-sucedidos e preocupados não só com a própria carreira, mas também com o bem-estar da sociedade.

Pureza

Segundo os dados apresentados na página anterior, 92,0% da massa da mistura final obtida corresponde ao etanol. Portanto, a substância de interesse não está pura, mas misturada com outras substâncias que, nesse contexto, podem ser consideradas *impurezas*.

Quando afirmamos que uma amostra contém *impurezas*, isso não significa necessariamente que ela apresenta sujeiras ou substâncias tóxicas (embora isso possa acontecer). Significa que a amostra contém, além da substância de interesse, outras que não são úteis ou não são o foco de atenção imediata. Denominamos **pureza** de uma amostra o porcentual de sua massa que corresponde à substância de interesse. No exemplo dado, a *pureza* do etanol obtido é 92,0%.

Podemos determinar a massa obtida de etanol (m_{obtida}) utilizando a massa total da mistura obtida (550 g) e sua pureza (92,0%):

| Massa | Porcentagem | |
|---------------------|-------------|---|
| 550 g | 100% | } $\Rightarrow m_{\text{obtida}} = 506 \text{ g}$ |
| m_{obtida} | 92,0% | |

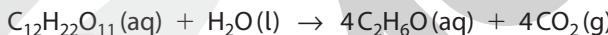
Rendimento

Vamos agora determinar a massa de etanol que seria teoricamente obtida se a reação tivesse rendimento total (100%), ou seja, caso se completasse sem que reações concorrentes tenham também consumido a sacarose e sem que quaisquer fatores tenham impedido o processo de prosseguir até que toda a sacarose se transformasse em etanol e dióxido de carbono.

Como foram empregados 10,0 L de garapa contendo 171 g/L de sacarose, a massa total utilizada de sacarose (m_{sacarose}) foi:

| Massa de sacarose | Volume de garapa | |
|-----------------------|------------------|---|
| 171 g | 1 L | } $\Rightarrow m_{\text{sacarose}} = 1.710 \text{ g}$ |
| m_{sacarose} | 10,0 L | |

Então, podemos calcular a massa teórica ($m_{\text{teórica}}$) associada ao rendimento máximo. O cálculo emprega a proporção estequiométrica entre sacarose e etanol (1 mol : 4 mol), que é evidenciada pela equação global, assim como a massa total de sacarose utilizada:



| Proporção: | 1 mol | 4 mol | |
|------------|-------|----------------------|--|
| Grandezas: | Massa | Massa | |
| 342 g | ————— | 4 · 46 g | } $\Rightarrow m_{\text{teórica}} = 920 \text{ g}$ |
| 1.710 g | ————— | $m_{\text{teórica}}$ | |

Essa massa teórica indica o máximo que poderia ser obtido se as condições experimentais permitissem rendimento total.

A massa que foi obtida (506 g) corresponde a determinado porcentual da massa teórica (920 g), que é denominado **rendimento** do processo e pode ser assim calculado:

| Massa de etanol | Rendimento | |
|-----------------|------------|----------------------------|
| 920 g | 100% | } $\Rightarrow r = 55,0\%$ |
| 506 g | r | |

Esse resultado revela que o protótipo em pequena escala do novo reator tem rendimento (55,0%) maior que o atual (48,0%). Se, ao implementar esse protótipo em tamanho real, os químicos e engenheiros químicos conseguirem fazer com que o processo no novo reator reproduza esse rendimento mais elevado, a mudança terá um impacto positivo na produção de etanol dessa indústria.

Atividade em grupo

3ª etapa

A escolha de uma profissão e a realização profissional podem trazer gratificações. No entanto, muitos outros fatores são essenciais para nosso bem-estar e qualidade de vida. Conversem sobre as profissões que chamam a atenção dos integrantes do grupo. Em seguida, registrem quais aspectos, além do profissional, são significativos para os integrantes do grupo.

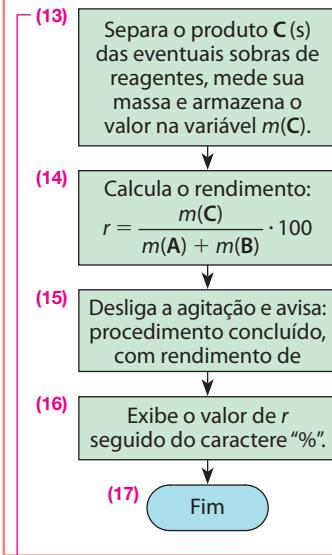
A seu critério, proponha a realização em grupo desta atividade sobre pensamento computacional. Veja demais comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Os estudantes de automação industrial mencionados no *Dialogando com o texto* do Item 1 modificaram o algoritmo substituindo o último retângulo e a indicação de fim pelo conjunto a seguir.

O equipamento foi aprimorado para separar o produto, C(s), das eventuais sobras de reagentes não consumidos, medir sua massa, calcular e informar o rendimento.

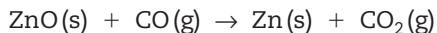
Analice o algoritmo **completo** e explique por que a fórmula indicada no segundo retângulo abaixo serve, **nesse caso**, para calcular o rendimento.



Os números referem-se à análise realizada no Suplemento do Professor.



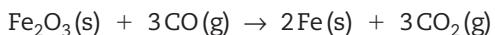
8. O zinco é o metal empregado na galvanização do ferro, processo que consiste em revestir objetos de ferro com uma camada de zinco, que o torna um pouco mais resistente à corrosão. O ferro galvanizado é usado, por exemplo, na fabricação de arames e calhas. O zinco metálico é produzido industrialmente, por meio de duas reações químicas, a partir do ZnS obtido do minério blenda. As etapas são assim equacionadas:



Considerando que ambas as etapas tenham rendimento total e que os demais reagentes estejam em quantidade suficiente, quantos mols de zinco metálico podem ser obtidos a partir de 8,5 mol de ZnS?

9. Fundamentado nas informações da atividade anterior, faça uma estimativa da massa de zinco metálico que pode ser obtida a partir de 2,925 t de ZnS.

10. Uma indústria siderúrgica produziu um lote de ferro a partir de 1.000 t de minério hematita que continha 80% de Fe₂O₃ (a reação química deste processo está equacionada abaixo). Admitindo rendimento de 100%, qual é a massa obtida do metal?



11. (Enem) Fator de emissão (*carbon footprint*) é um termo utilizada para expressar a quantidade de gases que contribuem para o aquecimento global, emitidos por uma fonte ou processo industrial específico. Pode-se pensar na quantidade de gases emitidos por uma indústria, uma cidade ou mesmo por uma pessoa. Para o gás CO₂, a relação pode ser escrita:

$$\text{Fator de emissão de CO}_2 = \frac{\text{Massa de CO}_2 \text{ emitida}}{\text{Quantidade de material}}$$

O termo “quantidade de material” pode ser, por exemplo, a massa de material produzido em uma indústria ou a quantidade de gasolina consumida por um carro em um determinado período. No caso da produção do cimento, o primeiro passo é a obtenção do óxido de cálcio, a partir do aquecimento do calcário a altas temperaturas, de acordo com a reação:



Uma vez processada essa reação, outros compostos inorgânicos são adicionados ao óxido de cálcio, tendo o cimento formado 62% de CaO em sua composição.

Dados: Massas molares em g/mol:

$$\text{CO}_2 = 44; \text{CaCO}_3 = 100; \text{CaO} = 56.$$

TREPTOW, R. S. *Journal of Chemical Education*. v. 87, n. 2, fev. 2010 (adaptado).

Considerando as informações apresentadas no texto, qual é, aproximadamente, o fator de emissão de CO₂ quando 1 tonelada de cimento for produzida, levando-se em consideração apenas a etapa de obtenção do óxido de cálcio?

- a) $4,9 \times 10^{-4}$ c) $3,8 \times 10^{-1}$ e) $7,9 \times 10^{-1}$
 b) $7,9 \times 10^{-4}$ d) $4,9 \times 10^{-1}$

12. Uma amostra de 4,0 g de latão, liga dos metais cobre e zinco, foi tratada com ácido clorídrico, HCl (aq), suficiente para que todo o zinco reagisse, com rendimento total, de acordo com a equação:



Foram produzidos 560 mL de gás hidrogênio (H₂), medidos a 0 °C e 1 atm.

Sabe-se que o cobre não reage com ácido clorídrico e que o volume molar de um gás ideal, a 0 °C e 1 atm, é 22,4 L/mol.

Mostre que é possível determinar a massa de zinco na amostra de latão analisada. Realize o cálculo e determine também que porcentagem da massa da amostra ela representa.

13. O calcário é uma rocha que, por apresentar carbonato de cálcio (CaCO₃) em sua composição, é empregada na obtenção de cal viva (CaO), um importante produto industrial. Uma amostra de 25 g de calcário foi submetida à decomposição por aquecimento e verificou-se a produção de 5,0 L de gás carbônico (CO₂), volume que foi medido a 30 °C e 1 atm. (Considere que as impurezas da amostra não produzem CO₂ e que o volume molar de gás ideal, a 30 °C e 1 atm, é 25 L/mol.)



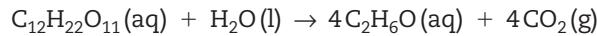
- a) Qual é a massa de CaCO₃ presente na amostra?
 b) Determine o grau de pureza da amostra, ou seja, a porcentagem de CaCO₃ nela existente.

14. O crômio (que alguns chamam de cromo) é um metal empregado, entre outras finalidades, na produção do aço inox e no revestimento (cromação) de algumas peças metálicas. Esse metal é produzido por meio de uma reação que pode ser assim equacionada:



Em uma indústria metalúrgica que produz crômio metálico, esse processo ocorre com rendimento de 75%. Quantos mols de crômio metálico podem ser obtidos a partir de 50 mol de trióxido de dicromo (Cr₂O₃) e 100 mol do metal alumínio?

15. Como comentamos neste capítulo, o etanol (C₂H₆O) é obtido a partir da sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁) por meio da reação assim equacionada:



Realizando esse processo em um laboratório que simula processos industriais, um grupo de estudantes obteve 900 L de gás carbônico, medidos a 30 °C e 1 atm, a partir de 6.840 g de sacarose.

- a) Considerando que o volume molar de gás ideal, a 30 °C e 1 atm, seja 25 L/mol, e admitindo que nenhuma outra reação que produza CO₂ tenha ocorrido no meio reacional, mostre qual é o rendimento que os estudantes obtiveram no processo.
 b) Faça uma estimativa da massa de etanol obtida pelo grupo de estudantes nesse procedimento.

3. Cálculos estequiométricos com solutos

Quando é necessário realizar cálculos estequiométricos referentes a reações em que um ou mais reagentes estão em solução (são solutos), é útil conhecer sua concentração, expressa em mol/L. Conforme estudamos no Item 5 do Capítulo 3, podemos determinar quantos mols do soluto há em solução por meio da expressão $n_{\text{sólido}} = \mathcal{M} \cdot V_{\text{sólido}}$.

Titulação ácido-base

Um exemplo de cálculo estequiométrico com reagentes em solução é feito quando se realiza uma **titulação ácido-base**, técnica usada em laboratórios de análises químicas para determinar experimentalmente a concentração de uma solução de ácido ou de base. Para exemplificá-la, suponha que uma empresa recebeu um grande lote de solução aquosa da base hidróxido de sódio (NaOH) e precisa verificar se sua concentração corresponde à encomendada.

Uma alíquota (amostra) de volume conhecido (por exemplo, 20 mL) é retirada com o auxílio de uma pipeta volumétrica. Nesse procedimento, a sucção do líquido para a pipeta **NUNCA deve ser feita com a boca**. Para realizá-la, utiliza-se um dispositivo denominado pera de borracha, ou pera de sucção, conectado à parte superior da pipeta (Fig. 3.A). A alíquota é colocada em um erlenmeyer (Fig. 3.B) e são acrescentadas algumas gotas de solução alcoólica (isto é, em solvente álcool) de fenolftaleína, indicador ácido-base que adquire cor róseo-avermelhada em meio básico (Fig. 3.C). Sabemos o volume da alíquota, mas não a concentração da base.

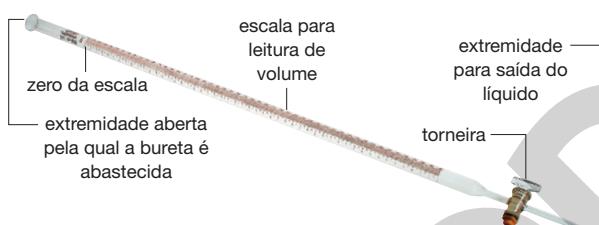


Figura 4 A bureta é uma vidraria empregada na titulação.

Na titulação, emprega-se uma **bureta** (Fig. 4), que consiste de um cilindro estreito de vidro com uma extremidade mais estreita em que há uma torneira (de vidro ou plástico) que serve para controlar a quantidade de solução líquida que passa por ela. No corpo da bureta há uma escala graduada, em mililitros (mL), cujo zero está próximo da extremidade oposta à torneira. Há buretas de diversos volumes, por exemplo, de 25 mL, 50 mL e 100 mL. Na titulação, a bureta é usada na posição **vertical** para transferir certo volume de solução ao erlenmeyer, possibilitando medir o volume transferido.

A bureta é fixada em um suporte metálico apropriado. Ela é preenchida com solução aquosa de HCl (ácido clorídrico) até a marca de volume zero. Como a superfície do líquido não é plana (devido às fortes interações intermoleculares entre água e vidro), a técnica correta é ler o volume na linha horizontal tangenciada por essa superfície (menisco), estando o olho do observador nessa mesma linha (Fig. 5).

A solução aquosa de HCl colocada na bureta, chamada **solução titulante**, foi preparada em laboratório e sua concentração ($\mathcal{M}_{\text{ácido}}$) é conhecida; digamos que seja 0,10 mol/L. Ela é lentamente adicionada à solução de base, denominada **solução titulada** (Fig. 6), usando uma das mãos para controlar a adição por meio da torneira da bureta, enquanto com a outra se agita o erlenmeyer após cada adição. Isso é feito até que a reação se complete, quando se pode ler na escala da bureta o volume adicionado. De posse dessa leitura, será possível calcular, por estequiometria, a concentração da solução de base ($\mathcal{M}_{\text{base}}$).

Na reação, chamada **neutralização ácido-base**, $\text{HCl}(\text{aq})$ e $\text{NaOH}(\text{aq})$ transformam-se em água e $\text{NaCl}(\text{aq})$. Mas como saber quando parar de adicionar a solução de ácido?

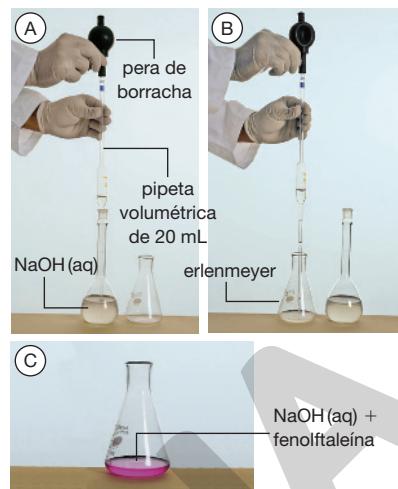


Figura 3 Uma alíquota da solução é retirada (A) com uma pipeta volumétrica de 20 mL e transferida para um erlenmeyer (B), ao qual se adicionam algumas gotas de solução alcoólica do indicador fenolftaleína (C).

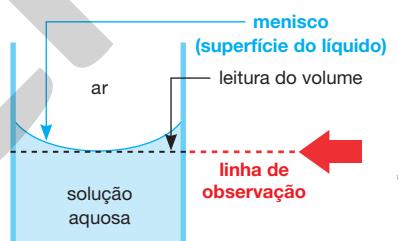


Figura 5 Técnica correta para leitura de volume em uma bureta, que deve estar na vertical. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte consultada: SKOOG, D. A. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 9. ed. Belmont: Cengage, 2014.



Figura 6 Início da titulação. A solução titulante (que está na bureta) é vagarosamente adicionada à solução titulada (que está no erlenmeyer).

Quando toda a base inicialmente presente no erlenmeyer é neutralizada pelo ácido adicionado e todo o ácido adicionado é neutralizado pela base presente no erlenmeyer, tem-se o **ponto de equivalência** da titulação. Nessa situação, não há base nem ácido no erlenmeyer, apenas sal e água.

Na titulação em questão, de NaOH com HCl, quando o ponto de equivalência é atingido, o meio aquoso dentro do erlenmeyer fica neutro: ele consiste de uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl). Nessa situação, a fenolftaleína fica incolor (Fig. 7). Assim, quando se adiciona aquela gota de solução titulante que provoca a **viragem do indicador fenolftaleína** (mudança de róseo-avermelhado para incolor), a titulação chega ao final e deve ser interrompida a adição de solução titulante.

Consideremos que o volume de ácido consumido tenha sido de 30 mL (Fig. 8).

As quantidades (em mol) de ácido e de base consumidas são dadas por:

$$\text{Quantidade de ácido que reagiu: } n_{\text{ácido}} = m_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}}$$

$$\text{Quantidade de base que reagiu: } n_{\text{base}} = m_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$$

Considerando a proporção estequiométrica da neutralização ácido-base, temos:



$$\begin{array}{ll} \text{Proporção:} & 1 \text{ mol} \\ \text{Grandezas:} & \begin{array}{l} \text{Quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array} \\ & \left. \begin{array}{c} 1 \text{ mol} \\ m_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}} \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{c} 1 \text{ mol} \\ m_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}} \end{array} \right. \end{array} \Rightarrow m_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}} = m_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$$

Substituindo os valores numéricos nessa expressão, chegamos a:

$$0,10 \text{ mol/L} \cdot 0,030 \text{ L} = m_{\text{base}} \cdot 0,020 \text{ L} \Rightarrow m_{\text{base}} = 0,15 \text{ mol/L}$$

A relação demonstrada acima não é uma expressão de validade geral. Note que ela está condicionada à proporção dos coeficientes estequiométricos da equação (1 mol : 1 mol). Se a proporção for 1 mol : 2 mol, por exemplo, chegamos a uma expressão diferente, como mostra o exemplo a seguir:



$$\begin{array}{ll} \text{Proporção:} & 1 \text{ mol} \quad 2 \text{ mol} \\ \text{Grandezas:} & \begin{array}{l} \text{Quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Quantidade} \\ \text{de matéria} \end{array} \\ & \left. \begin{array}{c} 1 \text{ mol} \\ m_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}} \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{c} 2 \text{ mol} \\ m_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}} \end{array} \right. \end{array} \Rightarrow 2 \cdot m_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}} = m_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$$

Essas **não** são expressões que se recomenda memorizar, pois variam de caso a caso. É conveniente saber deduzi-las a partir da proporção estequiométrica.

Outros casos de titulação

É possível também titular uma solução aquosa de ácido (para determinar sua concentração) com uma solução aquosa de base (de concentração conhecida).

Há, ainda, variantes da técnica que utilizam outras reações, além da neutralização ácido-base. Algumas titulações empregam reações de precipitação (que formam produto insolúvel), reações de oxidorredução (em que há transferência de elétrons entre as espécies químicas reagentes) e reações de complexação (nas quais um íon metálico em solução reage com alguma espécie química que se liga a ele para constituir um produto, chamado complexo metálico, que permanece em solução). Em todos esses casos, os químicos desenvolveram métodos que indicam com boa precisão quando se chega ao ponto de equivalência.

As titulações são importantes em análises químicas, pois possibilitam determinar a concentração de espécies em solução.

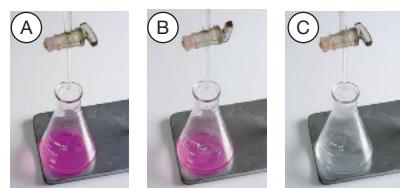


Figura 7 No início da titulação, a solução no erlenmeyer é básica e o indicador fenolftaleína está róseo-avermelhado (A). À medida que a titulação se aproxima do ponto final, a coloração desaparece onde o ácido é adicionado, mas reaparece após a agitação do erlenmeyer (B). A titulação chega ao final quando uma gota adicionada faz com que a solução permaneça incolor (viragem do indicador) mesmo após a agitação (C).



CARLOS LUVIZARI

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

Figura 8 O volume da solução ácida que foi entregue pela bureta pode ser lido, ao final da titulação, na escala da bureta. No exemplo da foto, o volume foi 30 mL. Essa leitura é feita respeitando o que está indicado na Figura 5.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

4ª etapa

Hora de transformar o material em vídeos, postagens em blog e/ou podcasts para a comunidade (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro).

Apresentem os resultados das etapas anteriores, dando especial atenção à inter-relação dos aspectos pesquisados. Façam **propostas criativas e positivas** sobre a Ciência no mundo do trabalho, as qualidades necessárias à atuação profissional e as profissões que chamam a atenção dos integrantes do grupo.

Aplicando conhecimentos



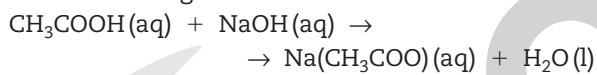
Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e demais comentários no Suplemento do Professor.

16. Você é encarregado de um laboratório de análises químicas e precisa confirmar se um lote de solução aquosa de HCl apresenta concentração de 1,0 mol/L, como alega o fabricante. Para isso, titulou uma alíquota de 20,0 mL dessa solução com KOH(aq) 0,20 mol/L, e o volume de solução básica necessário para atingir a viragem do indicador foi 30,0 mL. Que conclusão você dará no seu laudo e em que argumentos ela se fundamenta?

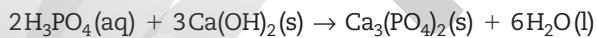
17. No mesmo laboratório, você precisa atestar a veracidade da informação no rótulo de uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4) que afirma ter concentração 3,92 g/L. Para isso, titulou uma amostra de 25,0 mL dessa solução empregando solução aquosa 0,100 mol/L de NaOH. Você determinou que o volume de solução titulante necessário para provocar a viragem do indicador foi 20,0 mL. Determine a concentração em quantidade de matéria (mol/L) da solução ácida e, a seguir, converta-a para g/L, concludoindo se a informação é verdadeira ou não.

18. Outra atribuição sua, no laboratório de análises, é confirmar se determinada amostra de vinagre (solução aquosa que contém ácido acético, CH_3COOH) apresenta ao menos 4%, em massa, de ácido acético. Ao titular uma alíquota de 20,0 mL dessa amostra, cuja densidade é 1,0 g/mL (a 25 °C, temperatura da análise), com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,40 mol/L, foram necessários 25,0 mL da solução titulante para atingir a viragem do indicador. A equação da reação entre ácido acético e hidróxido de sódio é a seguinte:



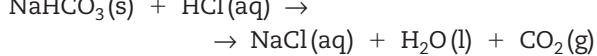
Que laudo você emitiria após a análise? Explique.

19. Em um acidente rodoviário, um caminhão-tanque derramou na estrada um volume de $5\ m^3$ de solução aquosa de ácido fosfórico concentrado (16 mol/L). Os técnicos levaram ao local 10 t de cal hidratada sólida, $Ca(OH)_2$, para espalhar sobre o líquido e neutralizar o ácido, segundo a equação:



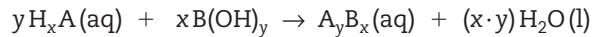
A quantidade de base será suficiente para neutralizar todo o ácido derramado na estrada? Explique.

20. Em laboratórios, neutralizam-se soluções ácidas derramadas sobre a bancada adicionando-se hidrogenocarbonato de sódio (ou bicarbonato de sódio), $NaHCO_3$, sólido em excesso sobre o líquido derramado. Ocorre uma reação de efervescência que, no caso do HCl(aq), por exemplo, é assim equacionada:

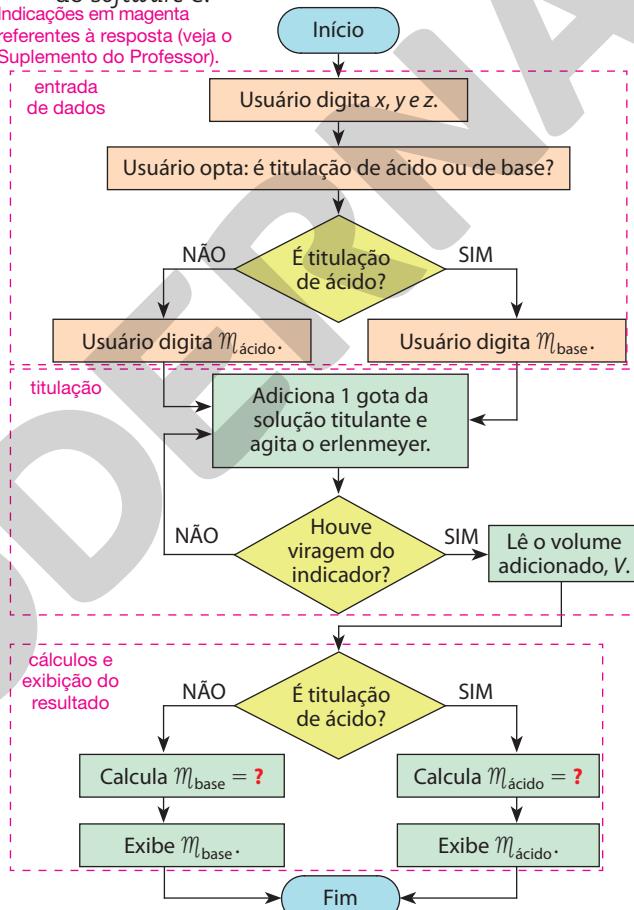


Foram derramados 500 mL de HCl(aq) 1,0 mol/L, mas só havia no laboratório um frasco com 500 g de bicarbonato de sódio. Essa massa será suficiente para neutralizar o ácido derramado? Explique.

21. Os engenheiros de uma indústria de equipamentos químicos estão desenvolvendo um software para controlar um hardware que titula automaticamente um ácido forte H_xA com uma base forte $B(OH)_y$, ou vice-versa, usando o indicador fenolftaleína. A reação química é assim equacionada:



O usuário deve inserir dados: os valores de x e y , o volume (z) da amostra titulada (em mL), se é titulação de ácido ou de base (isto é, qual solução está no erlenmeyer) e a concentração (em mol/L) da solução titulante (que está na bureta). O algoritmo do software é:



a) Uma estratégia do pensamento computacional é dividir o problema em partes menores, mais simples de resolver. Em seguida, reunindo as partes, resolve-se o problema todo. A estratégia foi usada no algoritmo, em que podemos reconhecer três partes: (1) entrada de dados, (2) titulação e (3) cálculo e exibição do resultado. Reproduza o fluxograma no caderno e indique essas partes.

b) Identifique o loop do algoritmo e explique em que circunstâncias esse loop termina.

c) Deduza as expressões matemáticas representadas por "?". Se ajudar, trabalhe primeiro com casos não literais como: $HCl + NaOH$ e $H_2SO_4 + NaOH$. A seguir, generalize com base nesses casos.



- 1. b** (Enem) No Japão, um movimento nacional para a promoção da luta contra o aquecimento global leva o slogan: **1 pessoa, 1 dia, 1 kg de CO₂ a menos!**

A ideia é cada pessoa reduzir em 1 kg a quantidade de CO₂ emitida todo dia, por meio de pequenos gestos ecológicos, como diminuir a queima de gás de cozinha.

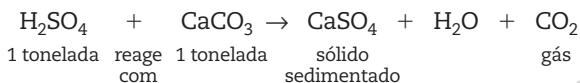
Um hambúrguer ecológico? É pra já!
Disponível em: <<http://lqes.iqm.unicamp.br>>. Acesso em: 24 fev. 2012 (adaptado).

Considerando um processo de combustão completa de um gás de cozinha composto exclusivamente por butano (C₄H₁₀), a mínima quantidade desse gás que um japonês deve deixar de queimar para atender à meta diária, apenas com esse gesto, é de

Dados: CO₂ (44 g/mol); C₄H₁₀ (58 g/mol)

- a) 0,25 kg. c) 1,0 kg. e) 3,0 kg.
b) 0,33 kg. d) 1,3 kg.

- 2. d** (Enem) Em setembro de 1998, cerca de 10.000 toneladas de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 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 (CaCO₃), na região atingida. A equação química que representa a neutralização do H₂SO₄ por CaCO₃, com a proporção aproximada entre as massas dessas substâncias, é:



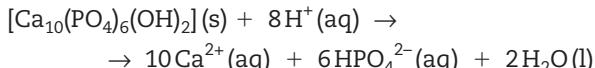
Pode-se avaliar o esforço de mobilização que deveria ser empreendido para enfrentar tal situação, estimando a quantidade de caminhões necessária para carregar o material neutralizante. Para transportar certo calcário que tem 80% de CaCO₃, esse número de caminhões, cada um com carga de 30 toneladas, seria próximo de

- a) 100 c) 300 e) 500
b) 200 d) 400

- 3. d** (Enem) O flúor é usado de forma ampla na prevenção de cáries. Por reagir com hidroxiapatita [Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂] presente nos esmaltes dos dentes, o flúor forma a fluorapatita [Ca₁₀(PO₄)₆F₂], um mineral mais resistente ao ataque ácido decorrente da ação de bactérias específicas presentes nos açúcares das placas que aderem aos dentes.

Disponível em: <<http://www.odontologia.com.br>>. Acesso: 27 jul. 2010 (adaptado).

A reação de dissolução da hidroxiapatita é:



Dados: Massas molares em g/mol

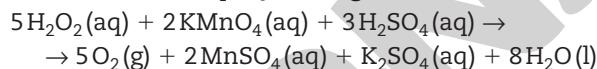
$$[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2] = 1.004; \text{HPO}_4^{2-} = 96; \text{Ca} = 40.$$

Supondo-se que o esmalte dentário seja constituído exclusivamente por hidroxiapatita, o ataque ácido que dissolve completamente 1 mg desse material ocasiona a formação de, aproximadamente,

- a) 0,14 mg de íons totais.
b) 0,40 mg de íons totais.
c) 0,58 mg de íons totais.
d) 0,97 mg de íons totais.
e) 1,01 mg de íons totais.

- 4. d** (Enem) O peróxido de hidrogênio é comumente utilizado como antisséptico e alvejante. Também pode ser empregado em trabalhos de restauração de quadros enegrecidos e no clareamento de dentes.

Na presença de soluções ácidas de oxidantes, como o permanganato de potássio, este óxido decompe-se, conforme a equação a seguir:



ROCHA-FILHO, R. C. R.; SILVA, R. R. *Introdução aos Cálculos da Química*. São Paulo: McGraw-Hill, 1992.

De acordo com a estequiometria da reação descrita, a quantidade de permanganato de potássio necessária para reagir completamente com 20,0 mL de uma solução 0,1 mol/L de peróxido de hidrogênio é igual a

- a) $2,0 \times 10^0$ mol. d) $8,0 \times 10^{-4}$ mol.
b) $2,0 \times 10^{-3}$ mol. e) $5,0 \times 10^{-3}$ mol.
c) $8,0 \times 10^{-1}$ mol.

- 5. e** (Enem) Todos os organismos necessitam de água e grande parte deles vive em rios, lagos e oceanos. Os processos biológicos, como respiração e fotosíntese, exercem profunda influência na química das águas naturais em todo o planeta. O oxigênio é ator dominante na química e na bioquímica da hidrosfera. Devido a sua baixa solubilidade em água (9,0 mg/L a 20 °C), a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos estabelece o limite entre a vida aeróbica e anaeróbica. Nesse contexto, um parâmetro chamado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi definido para medir a quantidade de matéria orgânica presente em um sistema hídrico.

A DBO corresponde à massa de O₂ em miligramas necessária para realizar a oxidação total do carbono orgânico em um litro de água.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. Ed. Bookman, 2005 (adaptado).

Dados: Massas molares (g/mol): C = 12; H = 1; O = 16.

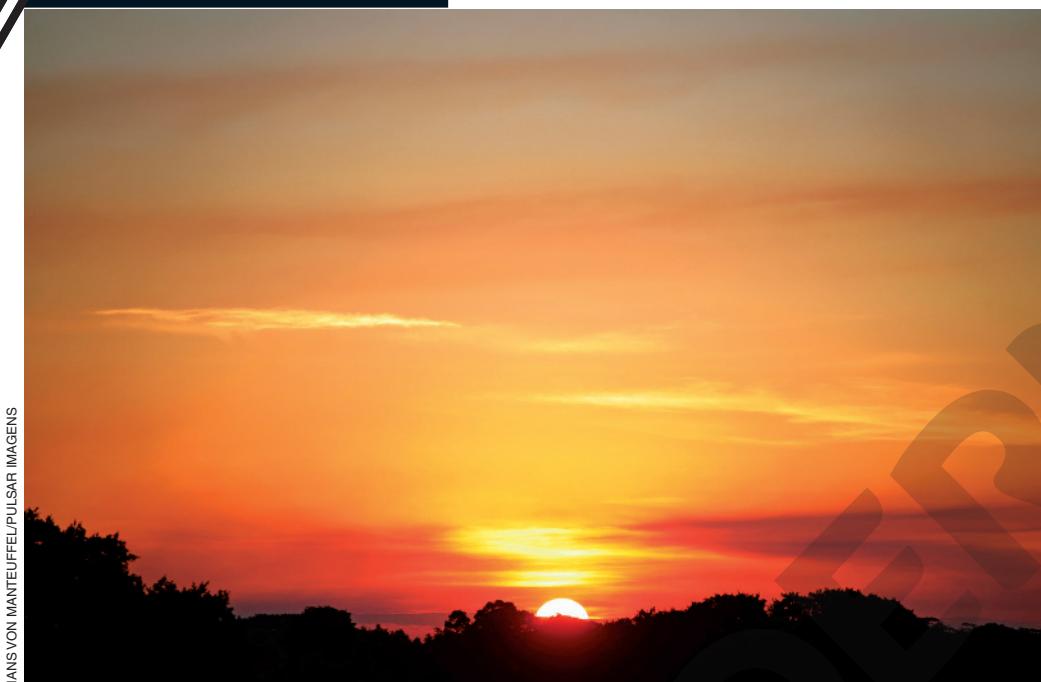
Suponha que 10 mg de açúcar (fórmula mínima CH₂O e massa molar igual a 30 g/mol) são dissolvidos em um litro de água; em quanto a DBO será aumentada?

- a) 0,4 mg de O₂/litro d) 9,4 mg de O₂/litro
b) 1,7 mg de O₂/litro e) 10,7 mg de O₂/litro
c) 2,7 mg de O₂/litro

CAPÍTULO

7

FLUXO DE ENERGIA E CICLOS DA MATÉRIA NA NATUREZA



HANS VON MANTEUFFEL/PULSAR IMAGENS

O Sol, além de proporcionar espetáculos como o da foto, é a fonte básica de energia que movimenta praticamente todos os seres vivos (Poconé, MT, 2019).

Ecologia é um ramo científico multidisciplinar que reúne conhecimentos em Biologia, Química, Física e áreas das Ciências Humanas. O objeto de estudo da Ecologia é a biosfera, ou seja, o conjunto de ecossistemas da Terra. A energia da luz solar – principal fonte de energia da biosfera –, além de fornecer calor, o que torna as temperaturas terrestres confortáveis para os seres vivos, é captada pelas plantas e movimenta praticamente todo o mundo vivo. Não é exagero dizer que é a energia do Sol que está “iluminando” nosso pensamento neste momento.

Vivemos de luz. Não é à toa que muitas civilizações antigas reverenciavam o Sol como um deus. Os assírios personificavam o astro-rei como o deus Shamash, e os egípcios o chamavam de Rá. Na visão mítica egípcia, Rá desfilava diariamente pelo céu em sua carroagem dourada e brilhante, espalhando a vida sobre a Terra e marcando o ciclo do dia e da noite.

O Sol é uma presença tão cotidiana em nossa vida que às vezes nem nos lembramos de sua importância: ele supre de energia quase a totalidade da biosfera terrestre. Sem a energia solar, a vida em nosso planeta, caso existisse, se restringiria a poucas espécies de bactérias quimiolitoautotróficas, capazes de, literalmente, tirar energia “das pedras”.

Se você só pensa no Sol na hora de se bronzejar, saiba que ele fornece energia, entre outras coisas, para levá-lo à praia. Se você for de ônibus ou de carro, pode estar utilizando a energia de derivados do petróleo, combustível fóssil que se formou a partir da matéria orgânica de seres vivos microscópicos que viveram há milhões de anos nos mares da Terra primitiva. De onde esses seres obtinham energia para viver? Pode-se dizer que eles obtinham energia por meio da fotossíntese, processo em que são produzidas moléculas orgânicas tendo como fonte de energia a luz solar.

E se o veículo que você usasse para ir à praia fosse movido a etanol, a resposta seria a mesma. O etanol é álcool, formado por moléculas orgânicas provenientes da fermentação de açúcares que as plantas produzem por meio da fotossíntese. De novo, a luz solar!

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT105
- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT206
- EM13CNT207
- EM13CNT302
- EM13CNT309
- EM13CHS104
- EM13CHS304
- EM13LGG303

Dialogando com o texto

Nossa sugestão nesta atividade é levá-lo a conhecer um pouco mais as culturas da Antiguidade que elevara o Sol à condição de divindade. converse com o professor de História sobre as culturas que poderiam ser pesquisadas e como se informar sobre elas; consulte também sites confiáveis na internet. Concentre-se na mitologia do Sol como fonte de vida. Redija um texto que apresente os resultados de suas pesquisas e troque experiências com os colegas de classe.

Se você fosse a pé, lembre-se de que obtemos a energia metabólica para andar e para tudo o que fazemos daquilo que comemos. Vegetais como a alface de sua salada obtêm energia diretamente do Sol pela fotossíntese; a carne tem moléculas ricas em energia provenientes de animais que se alimentaram de plantas: sua energia, portanto, veio indiretamente do Sol.

Vivemos de luz, sim, mas indiretamente. Não acredite se alguém disser que parou de se alimentar e passou a viver diretamente de luz solar; a Ciência contesta essa ideia. É melhor deixar isso com os especialistas: os seres fotosintetizantes.

Tomar consciência de que nossa vida depende da energia do Sol nos une ao Cosmo, contribuindo para que tenhamos uma visão mais integrada da natureza. O estudo das transferências de energia e de matéria nos ecossistemas tem revelado fatos importantes sobre a teia da vida na Terra. Quanto maior nosso conhecimento a respeito da rede de relações entre os seres vivos e o ambiente, mais condições teremos de preservar os ecossistemas do nosso planeta, um dos grandes desafios do século XXI.

Este capítulo mostra que a energia da luz solar é captada pelos seres fotosintetizantes e transferida para o sistema vivo quando os organismos se alimentam uns dos outros. Do ponto de vista da energética alimentar na natureza, há os que produzem e os que consomem. E é por meio dessas relações alimentares que a energia flui no sistema vivo.

A energia flui unidirecionalmente na parte viva da natureza, dissipando-se pouco a pouco na forma de calor, o que pode ser observado nas representações gráficas denominadas pirâmides ecológicas.

Outros aspectos importantes tratados no capítulo são os ciclos biogeoquímicos de alguns elementos fundamentais à vida. Diferentemente do fluxo unidirecional da energia, que se dissipa ao longo dos níveis tróficos, os elementos químicos são continuamente reciclados na natureza. Neste capítulo, acompanhe e compare o comportamento da energia e da matéria nos ecossistemas e reflita sobre a necessidade de preservar os ambientes naturais.

1. Energia para a vida

O **Sol** é uma estrela amarela localizada no centro do Sistema Solar. Cerca de 74% da massa solar deve-se ao gás hidrogênio (H_2) e 24%, ao gás hélio (He); os 2% restantes distribuem-se entre elementos como oxigênio, carbono, ferro, enxofre e níquel, entre outros.

A energia emitida pelo Sol, principalmente nas formas de luz e calor, é proveniente de reações de **fusão nuclear** em que núcleos de hidrogênio se fundem, transformando-se em hélio. É essa energia que possibilita a existência de vida na Terra: certos componentes da radiação solar aquecem o solo, as massas de água e o ar, propiciando um ambiente favorável à vida, e certos componentes da radiação solar são captados pelos seres fotosintetizantes para sintetizar moléculas orgânicas (Fig. 1).

Os glicídios produzidos na fotossíntese são utilizados pelo próprio organismo fotosintetizante de duas maneiras: a) para obter a energia necessária ao metabolismo; b) como matéria-prima para a síntese dos diversos tipos de moléculas que constituem seu corpo.

Os animais herbívoros, ao se alimentarem de seres fotosintetizantes, como as plantas, ingerem moléculas orgânicas ricas em energia que foi originalmente captada da luz solar por esses seres.

Portanto, a porta de entrada para a energia solar nos sistemas vivos é a fotossíntese. A absoluta maioria dos organismos da Terra obtém energia para sua vida, direta ou indiretamente, do Sol.

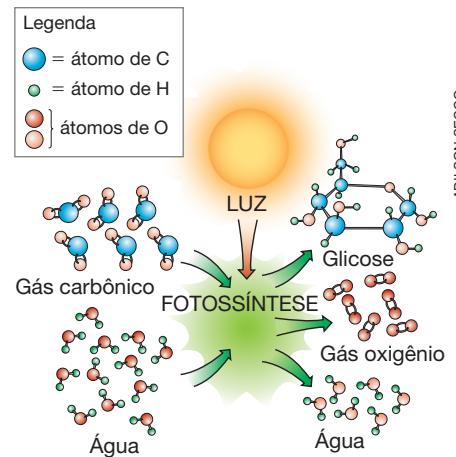


Figura 1 Representação esquemática, por meio de modelos de esferas, do processo da fotossíntese. Os átomos de oxigênio das moléculas de água à esquerda foram coloridos em um tom vermelho mais escuro para mostrar que são eles que formam todo o gás oxigênio gerado no processo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

2. Transferências de energia entre seres vivos

A massa da matéria orgânica que constitui um ser vivo é chamada de **biomassa**. Como as moléculas orgânicas contêm energia potencial química, a quantidade de biomassa reflete diretamente a quantidade de energia química potencial presente em determinada quantidade de matéria orgânica.

A energia ingressa na biosfera por meio dos **seres autotróficos**: algas, plantas e bactérias autotróficas. A maioria dos seres autotróficos é **fotossintetizante**, produzindo moléculas orgânicas a partir de compostos inorgânicos (H_2O e CO_2) e da energia luminosa do Sol. Algumas bactérias são **quimiossintetizantes**, obtendo energia de reações químicas entre substâncias inorgânicas. Os seres autotróficos são os únicos capazes de produzir moléculas orgânicas, que constituem sua biomassa, a partir de moléculas inorgânicas; por isso eles são os únicos produtores de biomassa na natureza.

Os **seres heterotróficos** (bactérias heterotróficas, fungos, protozoários, animais e umas poucas plantas parasitas) têm que obter moléculas orgânicas prontas, a partir das quais eles obtêm energia para sobreviverem e para produzirem suas próprias moléculas orgânicas. Seres heterotróficos têm necessariamente que consumir matéria orgânica de outros seres vivos e, por isso, desempenham o papel de consumidores de biomassa na natureza.

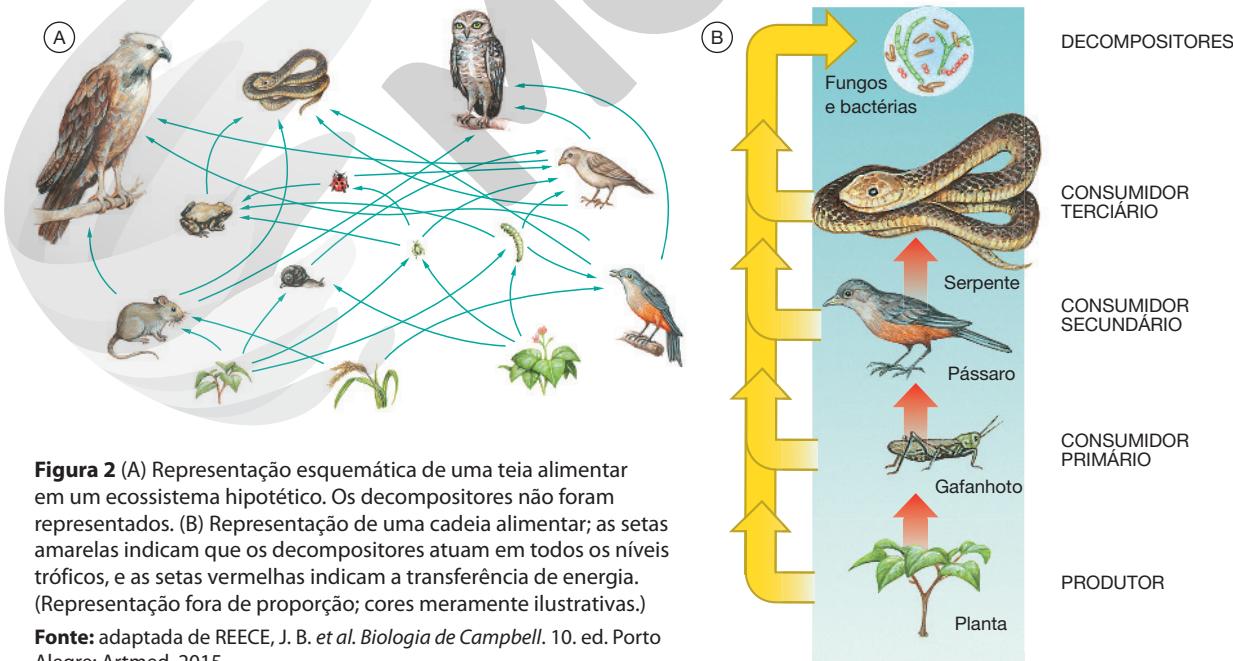
Teias e cadeias alimentares

Em uma comunidade biológica, os seres vivos mantêm variados tipos de relação no que se refere à alimentação. Por exemplo, certos tipos de plantas servem de alimento a várias espécies de animais. Determinada espécie de ave se alimenta de diversos animais, como insetos, vermes, aranhas etc. Outra espécie de ave só consome sementes de capim, e assim por diante. Essa multiplicidade de relações alimentares constitui a **teia alimentar**, ou teia trófica (do grego *trophé*, “alimentar”, “nutrir”).

Para facilitar o entendimento, nas teias alimentares são destacadas determinadas sequências lineares de organismos denominadas **cadeias alimentares**, ou cadeias tróficas. Vejamos um exemplo de cadeia alimentar: capim, gafanhotos que se alimentam do capim, pássaros que se alimentam dos gafanhotos e serpentes que se alimentam dos pássaros.

Os primeiros componentes da cadeia alimentar são os **produtores**, seres autotróficos fotossintetizantes ou quimiossintetizantes que produzem, a partir de substâncias inorgânicas, a biomassa que alimenta os demais componentes da cadeia.

Seres heterotróficos, que se alimentam de outros seres vivos, são os **consumidores**. Os que se alimentam diretamente dos produtores são denominados **consumidores primários**; os que se alimentam dos consumidores primários são denominados **consumidores secundários**; e assim por diante (Fig. 2).



Na cadeia alimentar apresentada na figura 2, distinguimos quatro níveis tróficos: o primeiro – dos produtores – é representado pelas plantas; o segundo – dos consumidores primários – é representado pelos gafanhotos; o terceiro – dos consumidores secundários – corresponde aos pássaros insetívoros; o quarto – dos consumidores terciários – é representado pelas serpentes.

Em uma comunidade biológica, o mesmo organismo pode ocupar mais de um nível trófico. Por exemplo, um animal com alimentação variada, constituída por plantas e animais (como a maioria de nós), desempenha simultaneamente o papel de consumidor primário e de consumidor secundário ou terciário. Organismos com alimentação desse tipo são chamados **onívoros** (do latim *omnis*, “tudo”, e *vorare*, “comer”, “devorar”). Diversas espécies de animais são onívoras.

Após a morte, a biomassa dos produtores e dos diversos níveis de consumidores serve de alimento para certos fungos e bactérias, que obtêm nutrientes e energia da decomposição da matéria de cadáveres e de resíduos orgânicos, como fezes e excreções; por isso eles são chamados de agentes **decompositores** (Fig. 3).

A decomposição é muito importante porque permite a **reciclagem** dos átomos dos diversos elementos químicos que compõem as moléculas orgânicas. Por meio desse processo os átomos tornam-se novamente disponíveis no ambiente, e podem voltar a fazer parte de outros seres vivos.

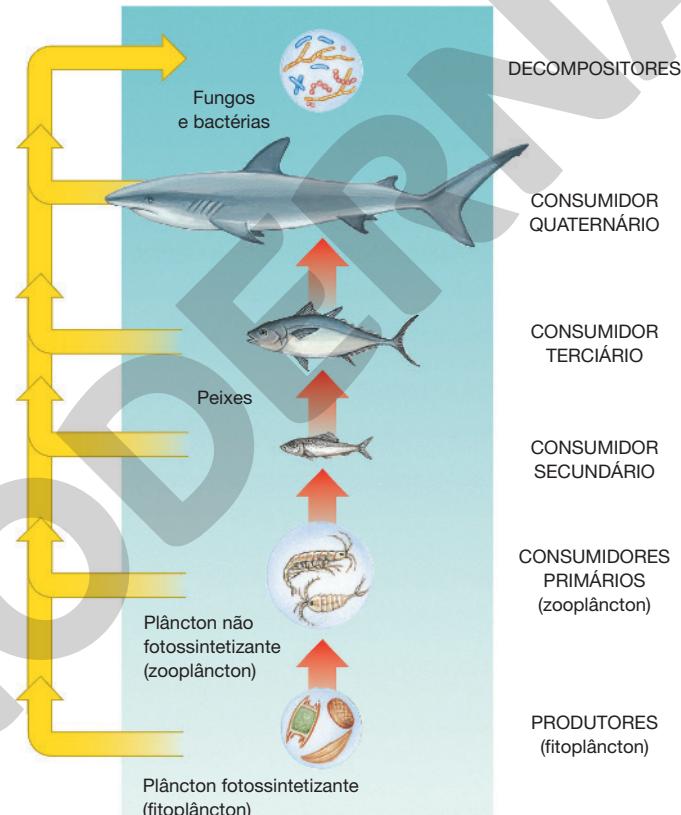
Em ambientes aquáticos os produtores são principalmente seres microscópicos, como bactérias autotróficas e algas que flutuam próximo à superfície, constituindo o **fitoplâncton** (do grego *phyton*, “planta”, e *plankton*, “errante”), ou plâncton fotossintetizante.

Os consumidores primários são principalmente protozoários, pequenos crustáceos, vermes, moluscos e larvas de diversas espécies, constituindo o **zooplâncton** (do grego *zoon*, “animal”), ou plâncton não fotossintetizante. Os consumidores secundários e terciários são principalmente peixes (Fig. 4).

Figura 4 Representação esquemática de cadeia alimentar marinha.

Nos ecossistemas marinhos, os produtores são representados principalmente pelo fitoplâncton. Há peixes em diferentes níveis tróficos, dependendo de seu tipo de alimentação. As setas amarelas representam a atuação dos decompositores em todos os níveis tróficos da cadeia, e as setas vermelhas indicam a transferência de energia. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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



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

ROK STRITOF/FEEM/GETTY IMAGES



Figura 3 Imagem de frutos em processo de decomposição. A ação dos decompositores, embora responsável pela deterioração dos alimentos, permite o retorno de componentes dos seres vivos ao ambiente não vivo, ou seja, sua reciclagem.

Aplicando conhecimentos



Registre as respostas em seu caderno.

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a barra entre parênteses das frases de 1 a 4.

- a) consumidores
- b) decompositores
- c) níveis tróficos
- d) produtores

1. () são organismos autotróficos, capazes de produzir seu próprio alimento a partir de moléculas inorgânicas e energia do meio.

2. b () são organismos especializados em degradar a matéria orgânica de cadáveres e resíduos orgânicos.
3. Organismos heterotróficos, que necessitam obter substâncias orgânicas de outros seres vivos, são genericamente denominados ().
4. c Os diferentes papéis desempenhados por seres autotróficos e heterotróficos em uma cadeia alimentar são ().

Dissipação de energia na teia alimentar

Um animal como um veado utiliza a biomassa dos vegetais de que se alimenta como fonte de energia e de matéria-prima para produzir sua própria biomassa e se desenvolver. Um cálculo simples mostra que a biomassa vegetal que alimentou o veado é muito maior que a biomassa que ele ganhou com o desenvolvimento. Como explicar essa aparente “perda” de biomassa?

O veado produz diariamente certa quantidade de urina e de fezes. Estas últimas contêm parte do alimento que o animal ingeriu mas que não foi aproveitada completamente. Para ganhar biomassa e se desenvolver, o veado precisa comer mais do que gasta com as atividades metabólicas e do que elimina nas fezes. Tem que haver sobra energética e de biomassa para que o animal possa produzir a matéria orgânica constituinte dos músculos, dos ossos e de todos os demais tecidos e órgãos corporais (Fig. 5).

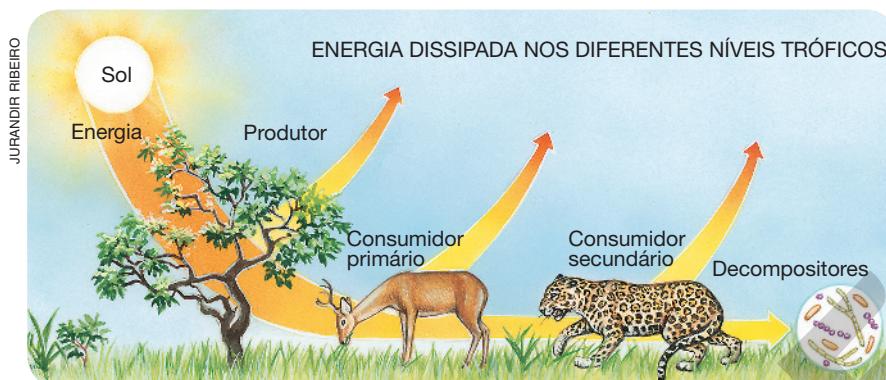


Figura 5 Representação esquemática da transferência de energia ao longo de uma cadeia alimentar. A energia é gradualmente dissipada ao passar pelos níveis tróficos, em um processo unidirecional. Os decompositores atuam em todos os níveis tróficos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Da energia que realmente consegue aproveitar do que come, grande parte é consumida pelo veado para manter sua atividade metabólica, que lhe permite saltar, correr, procurar alimento etc. Essas atividades dissipam energia na forma de calor. A fonte de energia para o metabolismo do animal provém do processamento de moléculas orgânicas de alimento dentro de suas células, processo denominado **respiração celular**.

Na respiração celular, moléculas orgânicas com alta energia potencial química (principalmente glicídios e lipídios) participam de um conjunto de reações que envolvem o gás oxigênio (O_2), produzindo gás carbônico (CO_2) e água (H_2O). A respiração celular permite a animais e vegetais liberar a energia potencial contida em moléculas orgânicas e utilizá-la nas diversas atividades metabólicas vitais. Portanto, apenas para manter suas atividades cotidianas, o veado dissipa boa parte da energia do alimento que ingere (Fig. 6).

Pirâmides de biomassa e de energia

Uma forma de representar a quantidade de biomassa e a dissipação de energia em uma cadeia alimentar é um gráfico em forma de pirâmide, no qual cada nível trófico é representado por um retângulo cuja largura expõe a quantidade de energia ou de biomassa que ele apresenta. No exemplo do veado, o retângulo correspondente à biomassa vegetal (produtores) seria maior do que a barra sobreposta a ela, que representa o nível do veado (consumidor primário), e assim por diante.

A porcentagem de energia efetivamente transferida de um nível trófico ao nível seguinte varia de acordo com os tipos de organismos envolvidos na cadeia trófica, situando-se entre 5% e 20%, o que significa que cerca de 80% a 95% da energia potencialmente presente em um nível trófico não é transferida ao nível seguinte. No caso do veado, os alimentos que ele costuma consumir são ricos em fibras vegetais, que, apesar de conterem energia em potencial, não são aproveitadas pelo organismo e acabam sendo eliminadas nas fezes.

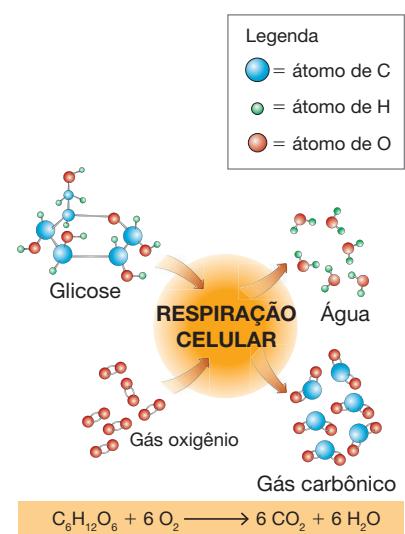


Figura 6 Representação esquemática da respiração celular, também chamada de respiração aeróbica porque há participação de gás oxigênio (O_2). Esse tipo de respiração ocorre nas células da maioria dos seres vivos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

As **pirâmides de biomassa** representam a massa de matéria orgânica por área ou volume disponível em cada nível trófico de uma comunidade biológica em determinado momento. A unidade geralmente utilizada nas pirâmides de biomassa é g/m² (grama por metro quadrado). Em comunidades de terra firme, nas quais os produtores são geralmente plantas de ciclo relativamente longo, a pirâmide de biomassa assume o aspecto convencional, com base larga e ápice mais estreito. É o que acontece na cadeia alimentar apresentada como exemplo de pirâmide de biomassa, em que a biomassa total das plantas (produtores) é maior do que a dos gafanhotos (consumidores primários), cuja biomassa é maior do que a dos pássaros (consumidores secundários), e assim por diante (Fig. 7).

Nas comunidades aquáticas, entretanto, quando se quantifica a biomassa de cada nível trófico em determinado momento, chega-se a uma aparente contradição: a biomassa dos produtores, representados por bactérias autotróficas e algas unicelulares, é menor do que a dos consumidores primários, representados pelo zooplâncton e por pequenos peixes. A base da pirâmide, assim, é mais estreita que os retângulos correspondentes aos níveis tróficos superiores.

Essa aparente contradição é explicada pelo fato de os produtores do fitoplâncton (algas e bactérias autotróficas) terem reprodução muito mais rápida e taxa de mortalidade mais alta que os consumidores primários (os constituintes do zooplâncton). Por isso, quando analisada em dado momento, a biomassa do zooplâncton é geralmente maior que a do fitoplâncton (Fig. 8).

As **pirâmides de energia** representam a energia presente em cada nível trófico, por área ou volume, em determinado intervalo de tempo. A unidade utilizada é geralmente o kcal/m²/ano (quilocaloria por metro quadrado por ano). O objetivo das pirâmides de energia é registrar com realismo a quantidade de energia nos níveis tróficos de uma comunidade ao longo do tempo. As pirâmides de energia sempre têm aspecto convencional, revelando o fluxo unidirecional de energia e sua progressiva dissipação ao longo das cadeias alimentares (Fig. 9).

Pirâmides de números

Além das pirâmides de biomassa e de energia, também se costuma representar o número de indivíduos de cada nível trófico necessários para sustentar o nível seguinte. São as **pirâmides de números**.

Por exemplo, são necessárias 10 mil algas microscópicas do fitoplâncton – produtores – para alimentar um mil microcrustáceos do zooplâncton – consumidores primários –, que servem de alimento para cinquenta pequenos peixes – consumidores secundários –, que, por fim, alimentam um grande peixe carnívoro, um consumidor terciário. Nesse caso, a pirâmide tem formato tradicional, com base larga e ápice estreito. Entretanto, uma pirâmide de números assume forma invertida quando o produtor é uma grande árvore, por exemplo, cujas folhas são devoradas por trezentas lagartas de borboleta, as quais fornecem alimento a vinte pássaros (Fig. 10).

O conceito de produtividade

A capacidade de os organismos de um nível trófico aproveitarem a energia recebida e produzir biomassa denomina-se **produtividade**, geralmente expressa em quilocaloria de biomassa produzida por m² por ano (kcal/m²/ano).

No nível dos produtores, a **produtividade primária bruta (PPB)** expressa a quantidade de matéria orgânica que um organismo autotrófico consegue produzir na fotossíntese por unidade de tempo.

Como já comentamos, parte da matéria orgânica sintetizada pelo organismo autotrófico é consumida por ele mesmo na respiração celular, para suprir suas necessidades energéticas básicas de sobrevivência. Apenas o que sobra pode ser efetivamente armazenado em forma de biomassa.

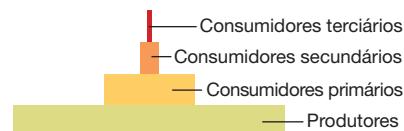


Figura 7 Exemplo de pirâmide de biomassa. Gráficos em forma de pirâmide são utilizados para representar a energia e a biomassa disponíveis em cada nível trófico de determinada cadeia alimentar.

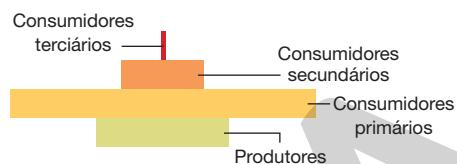


Figura 8 Pirâmides de biomassa como essa ocorrem geralmente em comunidades aquáticas: os produtores – fitoplâncton – retêm pouca biomassa, reciclando-a rapidamente.

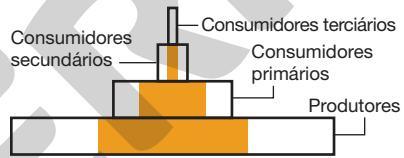


Figura 9 Pirâmide de energia hipotética que mostra a energia disponível (kcal/m²/ano) em cada nível trófico (largura das barras) e a energia transferida para o nível trófico seguinte (porção da barra indicada em laranja).

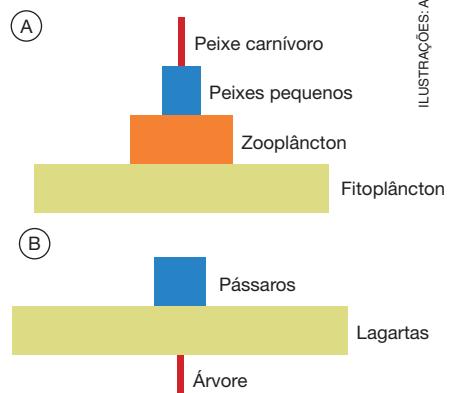


Figura 10 Exemplos de pirâmides de números em um ecossistema aquático (A) e em uma árvore (B).

Dialogando com o texto

No mundo todo discutem-se diferentes tipos de dieta alimentar, todas respaldadas por diversas justificativas. Correntes "vegetarianas" e "veganas" têm sido adotadas e defendidas por pessoas e instituições. O objetivo desta atividade é pesquisar vantagens e desvantagens desses tipos de dieta. Verifique qual delas se baseia na economia energética que ocorre quando se consomem apenas produtos, isto é, vegetais. Se você tiver alguma experiência sobre esses tipos de alimentação ou conhecer alguém que os adota, fale a respeito. Troque informações obtidas em suas pesquisas com colegas e converse com o professor sobre a possibilidade de discutir o assunto em classe.

Nos seres autotróficos, quando se descontam da produtividade primária bruta os gastos com a respiração (**R**), obtém-se a **produtividade primária líquida** (PPB – R = **PPL**). A energia correspondente à PPL é a que está realmente disponível para o nível trófico seguinte, o dos consumidores primários.

A **produtividade secundária bruta** (**PSB**) corresponde à quantidade total de biomassa que um consumidor primário (herbívoro) efetivamente consegue absorver dos alimentos que ingere. Lembremos que o animal elimina, nas fezes, muito material orgânico potencialmente energético, mas que ele não consegue aproveitar.

Quando se descontam da produtividade secundária bruta os gastos com a respiração (**R**), obtém-se a **produtividade secundária líquida** (**PSB – R = PSL**). A PSL corresponde ao que um herbívoro acumula efetivamente de biomassa em determinado intervalo de tempo; essa energia é a que está realmente disponível para o nível trófico seguinte.

Quanto menos níveis tróficos uma cadeia alimentar tem, menor é a dissipação energética que ocorre nela, uma vez que as maiores perdas de energia acontecem quando a matéria orgânica é transferida de um nível trófico para outro. Por essa razão, é com certeza menos dispendioso se alimentar diretamente de vegetais, evitando assim a perda energética que ocorre na transferência para o nível trófico dos herbívoros.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

5. Ao avaliar os custos de engorda de duas espécies de herbívoro, um fazendeiro descobriu que, com 5. d os mesmos tipos e quantidades de alimento, os representantes de uma das espécies ganhavam mais biomassa no mesmo tempo. Os parâmetros em questão referem-se a que conceito?
 - a) Produtividade primária bruta (PPB).
 - b) Produtividade primária líquida (PPL).
 - c) Produtividade secundária bruta (PSB).
 - d) Produtividade secundária líquida (PSL).
6. Imaginemos, a título de exercício, que uma classe especial de consumidor, os decompositores, deixasse de atuar na natureza. Qual seria uma consequência plausível desse evento imaginário?
 - a) A curto prazo, deixaria de ocorrer fotossíntese.
 - b) A longo prazo, os herbívoros deixariam de comer plantas e se tornariam carnívoros.
 - c) A longo prazo, elementos químicos essenciais à vida deixariam de estar disponíveis.
 - d) As consequências seriam mínimas, uma vez que os decompositores ocupam o fim da cadeia alimentar.

3. Ciclos biogeoquímicos

As moléculas e os átomos dos diversos elementos químicos que constituem os corpos dos seres vivos retornam ao ambiente após sua morte. Isso ocorre graças principalmente à atividade de seres comedores de detritos (detritívoros) e de bactérias e fungos decompositores.

Os seres detritívoros, também chamados de **saprófagos**, ou **necrófagos**, alimentam-se de cadáveres e resíduos orgânicos, fragmentando-os e facilitando a ação dos agentes decompositores. Exemplos de animais detritívoros são minhocas, urubus e larvas de certos insetos, entre outros.

Ao se nutrir de cadáveres, fezes e outros resíduos produzidos por seres vivos, os decompositores promovem degradação da matéria orgânica, transformando moléculas complexas em outras mais simples, geralmente inorgânicas. Estas retornam à parte não viva do ambiente e podem ser reutilizadas por outros organismos como matéria-prima para a construção das próprias moléculas orgânicas.

A circulação de elementos químicos entre moléculas orgânicas e a parte não viva do planeta (atmosfera, hidrosfera e litosfera) é denominada **ciclo biogeoquímico** (do grego *bios*, “vida”, e *geo*, “terra”). A ininterrupta reciclagem da matéria orgânica devolve ao ambiente, na forma de substâncias inorgânicas, os elementos químicos que a constituíam, possibilitando a utilização desses elementos por outros seres vivos. A existência de uma floresta exuberante nos solos da região amazônica só é possível graças à rápida decomposição de folhas, galhos, frutos e animais mortos, o que proporciona a devolução ao solo de quantidades significativas de elementos químicos essenciais à floresta, como nitrogênio, cálcio, enxofre, potássio, magnésio, sódio e fósforo, entre outros. O desmatamento indiscriminado da floresta remove a cobertura vegetal e interrompe a reciclagem, empobrecendo o solo (Fig. 11).

O ciclo da água (ciclo hidrológico)

Em condições naturais a **água** (H_2O) é a única substância que se apresenta, em nosso planeta, em três estados: líquido, cobrindo cerca de três quartos da superfície terrestre; gasoso, na forma de vapor de água atmosférico; sólido, na forma de gelo, nas regiões próximas aos polos e no topo das altas montanhas.

Por evaporação, a água de oceanos, lagos, rios, geleiras e mesmo a embebida no solo passa à forma gasosa, acumulando-se na atmosfera. Nas grandes altitudes, o vapor de água condensa-se e volta à forma líquida, originando as nuvens e precipitando como chuva sobre a superfície terrestre. Esse processo contínuo de evaporação e condensação, conhecido como **ciclo da água**, ou **ciclo hidrológico**, contribui decisivamente para tornar o ambiente da Terra favorável à existência de seres vivos, uma vez que dispersa o calor atmosférico.

Parte do caminho da água na natureza passa pelos seres vivos, uma vez que a água é essencial à vida. As moléculas de água fazem parte do citoplasma das células e dos diversos fluidos corporais dos seres vivos (sangue, seiva, urina etc.). Nas células vivas, as moléculas de água participam de diversos processos vitais. A maioria das plantas obtém água do ambiente pelas raízes. Os animais obtêm água ingerindo-a na forma líquida ou comendo alimentos ricos em água. A água existente em plantas e animais retorna continuamente ao ambiente por meio da respiração, que elimina água, e da **transpiração**, processo que consiste na perda de água na forma de vapor pela superfície corporal. Muitos animais também eliminam água na urina e nas fezes. Finalmente, quando os organismos morrem, a água que estava em seu corpo acaba sendo devolvida ao ambiente, processo que conta com a participação dos decompositores (Fig. 12).



RICARDO AZOURY/FOLHAPRESS/IMAGENS



FÁBIO COLOMBINI

Figura 11 (A) Cadáver de animal em processo de decomposição, que ocorre pela ação conjunta de seres detritívoros e agentes decompositores. (B) Interior de uma floresta densa (Sete Barras, SP, 2019). A existência de florestas desse tipo é garantida pela eficiente reciclagem de nutrientes, realizada por animais detritívoros, como minhocas e certos insetos, e agentes decompositores.

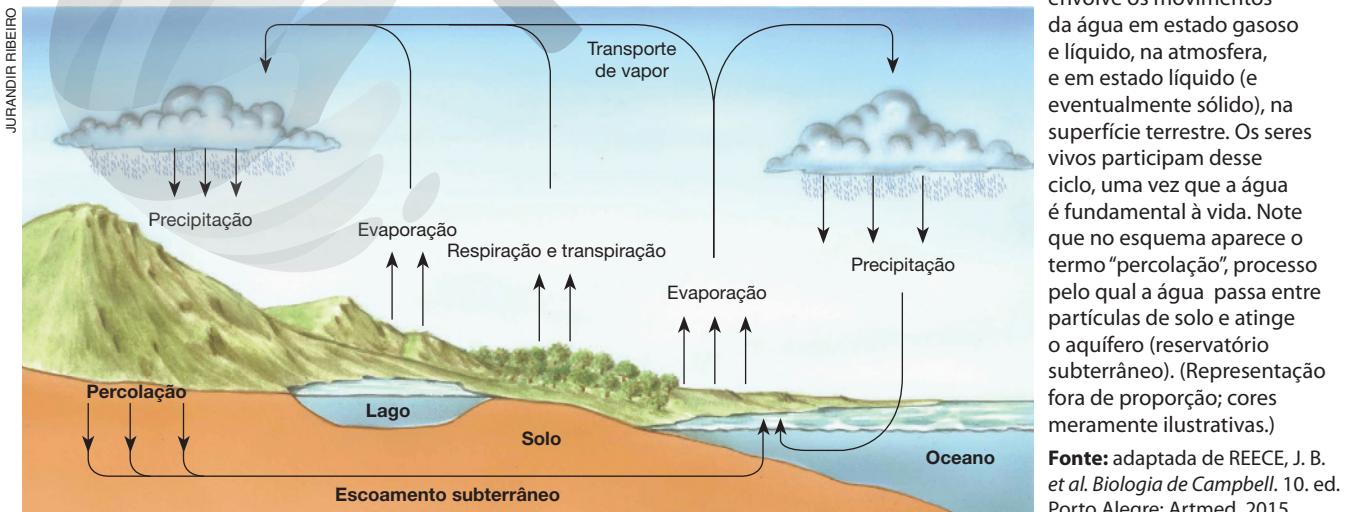


Figura 12 O ciclo hidrológico envolve os movimentos da água em estado gasoso e líquido, na atmosfera, e em estado líquido (e eventualmente sólido), na superfície terrestre. Os seres vivos participam desse ciclo, uma vez que a água é fundamental à vida. Note que no esquema aparece o termo “percolação”, processo pelo qual a água passa entre partículas de solo e atinge o aquífero (reservatório subterrâneo). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Água, um bem cada vez mais precioso

Todo cidadão responsável também tem de estar informado sobre o valor da água como recurso natural. Já há escassez de água potável em países da África e do Oriente Médio; um relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) traz a sombria previsão de que, até 2050, cerca de 4 bilhões de pessoas viverão em condições de extrema falta de água. A essas más notícias soma-se a previsão da redução das chuvas como consequência da mudança climática global, na qual muitos ainda relutam em acreditar.

Cerca de 97,5% da água presente em nosso planeta é salgada, constituindo mares e oceanos. O restante, cerca de 2,5%, é de água doce, porém ela se encontra quase toda congelada ou no subsolo; apenas aproximadamente 0,01% dessa água está acessível para o consumo humano. O Brasil detém quase 14% da água potável disponível no mundo. Entretanto, esse recurso distribui-se desigualmente pelo país. Na Bacia Amazônica, por exemplo, concentra-se mais de 73% do volume brasileiro de água doce, servindo a apenas cerca de 7% da população. O restante, cerca de 27%, distribui-se de maneira desigual pelo território nacional. A Região Nordeste, por exemplo, conta com cerca de 5% das reservas de água potável do país, embora nela viva quase 28% da população brasileira (Fig. 13).

Conhecer melhor o ciclo da água e racionalizar seu consumo são atitudes importantes para o futuro da humanidade e que todos podem e devem tomar. Os governos precisam investir em estudos sobre os recursos hídricos, e todos os cidadãos devem aprender a usar racionalmente a água potável. Ainda há muito desperdício desse recurso na agricultura, na indústria e no uso doméstico.

De acordo com a ONU, cada pessoa necessita de cerca de 110 L de água por dia para atender a suas necessidades de consumo e higiene. No entanto, no Brasil, o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 L/dia. Veja a seguir algumas maneiras de racionalizar o consumo de água no dia a dia.

Lavando roupa: no tanque, com a torneira aberta por quinze minutos, o gasto de água pode chegar a 279 L. Acumule uma quantidade razoável de roupas. Encha o tanque com água e ensaboe as roupas, mantendo a torneira fechada. Reutilize a água do enxágue para lavar o quintal ou a calçada.

Regando as plantas: com mangueira por dez minutos: 186 L. Durante o verão faça a rega pela manhã ou à noite, o que reduz a perda de água por evaporação. No inverno faça a rega em dias alternados, pela manhã.

Lavando a calçada: com mangueira durante quinze minutos: 279 L. Para economizar, use vassoura e balde com a água do enxágue das roupas.

Lavando o carro: com a torneira não muito aberta, durante trinta minutos: 216 L. Com balde: 40 L.

O ciclo do carbono

O carbono forma a estrutura básica de todas as moléculas orgânicas. Os átomos desse elemento químico circulam entre o ambiente e os seres vivos, o que constitui o **ciclo do carbono**.

Parte substancial das moléculas orgânicas produzidas na fotossíntese ou na quimiossíntese é degradada logo em seguida pelo próprio organismo autotrófico para obtenção da energia necessária ao metabolismo. Nesses processos de degradação – principalmente na respiração celular e na fermentação –, o carbono que constituía as moléculas orgânicas degradadas é devolvido ao ambiente na forma de CO₂. O restante da matéria orgânica permanece integrado ao corpo do organismo autotrófico, constituindo sua biomassa.



Figura 13 A água é um recurso necessário à vida e deve ser valorizada e preservada por todos.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Como cidadãos, podemos participar do esforço mundial para economizar água potável, ajudando a garantir às gerações futuras um ambiente igual ao em que vivemos hoje ou até melhor. Esse é o princípio básico da sustentabilidade, prática da qual pode depender nossa sobrevivência na Terra. Na internet há vários sites dedicados a maneiras de economizar água. Nesta atividade, seu desafio é pesquisar e enumerar, em um texto explicativo, algumas maneiras para economizar água no dia a dia. Para um tema tão importante como este, sugerimos que você forme um grupo com colegas da classe para elaborar materiais de divulgação sobre o uso racional da água em nosso dia a dia. Isso poderia ser feito, por exemplo, por meio da elaboração de um folder distribuído pela equipe a todos os alunos da escola. Cartazes afixados no mural ou materiais divulgados por meios digitais são outras alternativas de divulgação. É interessante que os diversos grupos da classe estejam coordenados, de modo a ampliar o alcance da divulgação e evitar a repetição de materiais e estratégias. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Atividade em grupo

O objetivo desta atividade é pesquisar sobre a origem do petróleo e do carvão mineral, os dois principais combustíveis fósseis utilizados pela humanidade. Forme um grupo com colegas para repartir as tarefas de pesquisa, que podem ser feitas em livros e na internet. Aspectos interessantes a serem levantados são, entre outros: a) como e quando esses combustíveis se formaram? b) que tipos de seres os originaram? c) como esses combustíveis são extraídos de suas jazidas? d) quando teve início a utilização massiva de petróleo e carvão mineral? e) quais as consequências para o ambiente da utilização massiva de combustíveis fósseis? f) por que esses combustíveis são chamados de não renováveis? g) quais as estimativas de tempo até que o petróleo poderá se esgotar? h) que alternativas energéticas poderão substituir os combustíveis fósseis, que fatalmente acabarão? Como se pode ver, há um grande número de questões e enfoques sobre o tema. Combine com o professor a melhor maneira de cada grupo expor aos colegas os resultados de suas pesquisas, que, de preferência, devem ser ilustradas por figuras e gráficos. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

O carbono da biomassa dos produtores pode seguir dois caminhos: a) ser restituído ao ambiente na forma de CO_2 , quando o organismo autotrófico respira ou quando morre e sua matéria orgânica é degradada pelos decompositores; b) ser transferido para os animais herbívoros, que se alimentam dos produtores.

Como vimos, grande parte da energia potencialmente presente nas substâncias orgânicas ingeridas pelo herbívooro não é aproveitada, sendo eliminada nas fezes. Estas sofrem a ação dos decompositores, que vivem da energia que restou na matéria orgânica eliminada, liberando CO_2 para o ambiente.

Parte das moléculas orgânicas incorporadas por um animal herbívooro é degradada na respiração celular, fornecendo energia para o metabolismo das células; o carbono dessas moléculas degradadas é liberado para o ambiente na forma de CO_2 . O restante das moléculas orgânicas incorporadas pelo herbívooro é empregado na síntese de novas substâncias orgânicas, passando a constituir sua biomassa.

Ao se alimentar de um herbívooro, um animal carnívoro também é incapaz de aproveitar parte significativa do potencial energético do alimento, que é eliminada nas fezes. Assim como nos herbívoros, parte das moléculas orgânicas incorporadas pelo carnívoro é degradada na respiração celular, fornecendo energia para as células. Na respiração, o carbono das moléculas degradadas é liberado na forma de CO_2 . O restante das moléculas orgânicas incorporadas pelo carnívoro é transformado, sendo empregado na síntese de novas substâncias orgânicas, e passa a integrar sua biomassa.

Após a Revolução Industrial a humanidade passou a interferir cada vez mais no ciclo do carbono. Ao queimar combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, as comunidades humanas restituem rapidamente à atmosfera toneladas e toneladas de carbono originalmente presentes nos seres vivos que originaram esses combustíveis fósseis.

Portanto, o carbono originalmente captado pelos produtores na fotossíntese passa de um nível trófico a outro, ao mesmo tempo que retorna aos poucos à atmosfera durante os processos metabólicos e pela ação dos decompositores, que atuam em todos os níveis tróficos (Fig. 14).

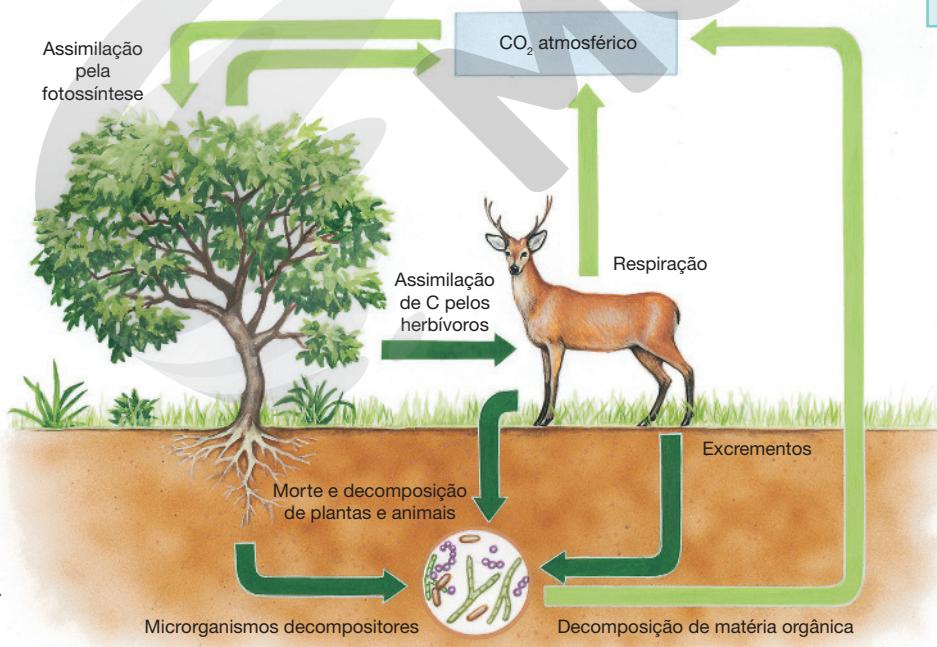


Figura 14 O carbono é constituinte de todas as moléculas orgânicas. Os átomos desse elemento químico ingressam nas comunidades biológicas por meio da fotossíntese ou da quimiossíntese, e são restituídos à atmosfera principalmente pela fermentação e pela respiração aeróbica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

O ciclo do nitrogênio

O **ciclo do nitrogênio** consiste na circulação de átomos de nitrogênio entre os seres vivos e a parte não viva do ambiente. O nitrogênio faz parte de diversas moléculas orgânicas importantes, entre elas as proteínas e os ácidos nucleicos.

O maior reservatório de nitrogênio do planeta é a atmosfera, onde esse elemento químico se encontra na forma de gás nitrogênio, ou nitrogênio molecular (N_2), perfazendo cerca de 79% do volume atmosférico. Apesar dessa quantidade disponível no ar, a maioria dos seres vivos não consegue utilizar N_2 diretamente. Apenas algumas poucas espécies de bactérias, genericamente chamadas **bactérias fixadoras de nitrogênio**, são capazes de incorporar os átomos de nitrogênio do N_2 em suas moléculas orgânicas, fenômeno denominado **fixação do nitrogênio**.

A maioria das bactérias fixadoras de nitrogênio vive no solo. Quando morrem e se decompõem, elas têm suas moléculas nitrogenadas transformadas em **amônia** (NH_3). Algumas espécies de plantas conseguem aproveitar diretamente a amônia e utilizá-la como fonte de nitrogênio para seu metabolismo.

A amônia disponível no solo é amplamente aproveitada por um grupo de bactérias quimiosintetizantes pertencentes ao gênero *Nitrosomonas* (**nitrosomonas**), que utilizam a amônia em seus processos de obtenção de energia. Em contrapartida, elas eliminam no solo compostos nitrogenados denominados **nitritos** (NO_2^-).

Os nitritos que se acumulam no solo por ação das nitrosomonas são utilizados por outro gênero de bactérias quimiosintetizantes, as *Nitrobacter* (**nitrobactérias**), que eliminam compostos nitrogenados denominados **nitratos** (NO_3^-). Esses compostos são amplamente utilizados pelas plantas, constituindo sua principal fonte de nitrogênio.

O processo que abrange a transformação da amônia em nitritos e estes em nitratos é denominado **nitrificação**. Por isso, nitrosomonas e nitrobactérias são genericamente chamadas de **bactérias nitrificantes**.

Com o nitrogênio que absorvem, as plantas produzem moléculas orgânicas constituintes de seu corpo, como as proteínas e os ácidos nucleicos. As moléculas nitrogenadas das plantas constituem a fonte de nitrogênio para os animais herbívoros que se alimentam delas. O mesmo processo ocorre nos níveis tróficos superiores ao longo da teia alimentar.

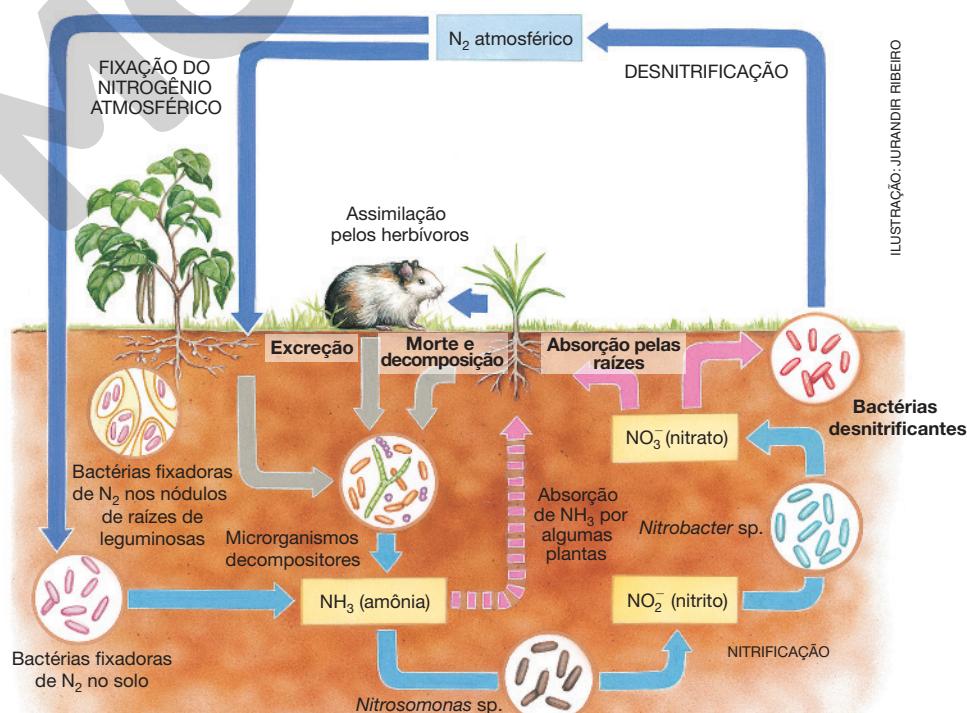
No metabolismo animal, proteínas e ácidos nucleicos sofrem constante degradação, com a produção de diversos tipos de compostos nitrogenados genericamente denominados **excreções**, ou excretas, que são eliminados para o ambiente. Os principais compostos nitrogenados excretados pelos animais são a amônia, a ureia e o ácido úrico.

Com a ação dos decompositores sobre plantas e animais mortos e sobre as excreções e as fezes animais, o nitrogênio constituinte de moléculas orgânicas retorna ao solo na forma de amônia, que pode novamente passar por processos de nitrificação e originar nitratos.

Enquanto uma parte dos compostos nitrogenados do solo sofre nitrificação, outra parte sofre **desnitrificação**, processo realizado por bactérias quimiosintetizantes do solo genericamente denominadas **bactérias desnitrificantes**, as quais degradam compostos nitrogenados para obter energia, liberando gás nitrogênio (N_2) para a atmosfera (Fig. 15).

Figura 15 No ciclo do nitrogênio, vários tipos de bactérias quimiosintetizantes desempenham papel fundamental na entrada do nitrogênio na parte viva do ambiente e em sua restituição à atmosfera. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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





- 1.** Analise o gráfico a seguir, que representa uma pirâmide de energia. P é o produtor, representado pelo capim; C1 é um consumidor primário, representado pelo veado.



O desafio, nas questões A, B e C, é identificar o significado das cores do gráfico e refazer a pirâmide no caderno, aplicando legendas para cada cor.

A. A base da pirâmide representa o nível dos produtores (P). Ela tem uma área em verde mais escuro, que corresponde à energia que pode efetivamente ser transmitida ao nível trófico seguinte. Tendo em mente essa afirmação, responda:

- a) O que representam as áreas da base da pirâmide em verde mais claro? Justifique sua resposta.
 b) Analisando a pirâmide do ponto de vista da produtividade, o que representariam, respectivamente, as áreas em verde mais escuro e mais claro? Por quê?

B. No retângulo superior da pirâmide, correspondente ao nível dos consumidores primários (C1), há duas áreas coloridas em azul mais claro e outra em azul mais escuro. Por analogia ao que se discutiu para o nível trófico dos produtores, responda:

- a) Se o veado se exercitasse muito, que parte(s) azul (azuis) do gráfico aumentaria(m), as mais claras ou a mais escura? Por quê?
 b) Analisando a pirâmide do ponto de vista da produtividade, o que representariam, respectivamente, as áreas em azul mais claro e aquela em azul mais escuro? Por quê?

C. Observe as partes do gráfico coloridas em amarelo. Tendo em vista o que foi discutido nas questões anteriores, o que elas representam? Explique.

- 2. b** (Fuvest-SP) Nas margens de um rio, verificava-se a seguinte cadeia trófica: o capim ali presente servia de alimento para gafanhotos, que, por sua vez, eram predados por passarinhos, cuja espécie só ocorria naquele ambiente e tinha exclusivamente os gafanhotos como alimento; tais passarinhos eram predados por gaviões da região.

A lama tóxica que vazou de uma empresa minadora matou quase totalmente o capim ali existente. É correto afirmar que, em seguida, o consumidor secundário

- a) teve sua população reduzida como consequência direta do aumento da biomassa no primeiro nível trófico da cadeia.

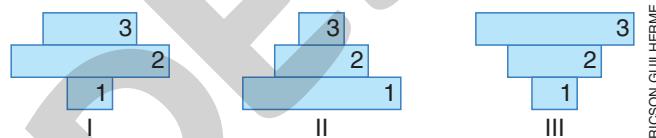
b) teve sua população reduzida como consequência indireta da diminuição da biomassa no primeiro nível trófico da cadeia.

- c) não teve sua população afetada, pois o efeito da lama tóxica se deu sobre o primeiro nível trófico da cadeia e não sobre o segundo.
 d) não teve sua população afetada, pois a lama tóxica não teve efeito direto sobre ele, mas sim sobre um nível trófico inferior.
 e) teve sua população aumentada como consequência direta do aumento da biomassa no segundo nível trófico da cadeia.

- 3. b** (Unesp) Considere a notícia sobre o controle biológico de pragas adotado pela prefeitura de Paris e as pirâmides ecológicas apresentadas logo a seguir.

Para combater parasitas que têm consumido a vegetação de Paris, a prefeitura distribuiu aos moradores 40.000 larvas de joaninhas, predador natural desses organismos e que pode substituir pesticidas. (Veja, 05 abr. 2017. Adaptado.)

A pirâmide de biomassa, a pirâmide de energia e a barra que representa as joaninhas são:



- a) I, II e 3.
 b) II, II e 3.
 c) I, II e 2.
 d) II, III e 1.
 e) III, III e 2.

- 4. e** (Enem)

Recentemente um estudo feito em campos de trigo mostrou que níveis elevados de dióxido de carbono na atmosfera prejudicam a absorção de nitrato pelas plantas. Consequentemente, a qualidade nutricional desses alimentos pode diminuir à medida que os níveis de dióxido de carbono na atmosfera atingirem as estimativas para as próximas décadas.

(Fonte: BLOOM, A. J. et al. Nitrate assimilation is inhibited by elevated CO₂ in field-grown wheat. *Nature climate change*, n. 4, abr. 2014. Adaptado.)

Nesse contexto, a qualidade nutricional do grão de trigo será modificada primariamente pela redução de

- a) amido.
 b) frutose.
 c) lipídios.
 d) celulose.
 e) proteínas.

FISIOLOGIA HUMANA: DIGESTÃO, RESPIRAÇÃO, CIRCULAÇÃO DO SANGUE E EXCREÇÃO

FOTO: GETTY IMAGES



A boa alimentação, que combina os alimentos de que necessitamos, é uma condição essencial à boa saúde.

"Conhecer a si mesmo" é uma sábia recomendação, em todos os sentidos. Entender nosso corpo permite que possamos cuidar melhor da saúde. É importante lembrar que cabe a cada um de nós adotar hábitos cotidianos saudáveis. Para isso, devemos ter em mente que o organismo humano depende do funcionamento integrado de todos os sistemas corporais.

Conhecer e compreender o funcionamento do corpo humano nos ajuda a tomar atitudes mais harmoniosas e saudáveis.

Uma pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) comparou os hábitos alimentares do brasileiro nos anos 2002-2003 com os dos anos 1974-1975. Esse estudo revelou algumas melhorias nutricionais, como a queda em 25% no consumo de açúcar refinado *in natura*. Outro produto que passou a ser menos consumido foi o toucinho *in natura*, com redução de 75%. Entretanto, houve aumento de mais de 60% no consumo de alimentos embutidos, como presuntos, salsichas e linguiças, que contêm muita gordura e conservantes. O consumo de verduras, legumes e frutas, por sua vez, não se alterou, mantendo-se em menos da metade do que é recomendado pelos nutricionistas.

O IBGE fez uma pesquisa semelhante no período de 2008-2009 e constatou que a porcentagem de brasileiros com excesso de peso, que em 1974 era de 18,5%, quase triplicou em 2009, passando para 50,1%. E que a porcentagem de pessoas com obesidade, no mesmo período, saltou de 2,8% para 12,4%, o que corresponde a um aumento de mais de 4 vezes.

A Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico de 2018 (Vigitel 2018), divulgada em 24 de julho de 2019 pelo Ministério da Saúde, mostrou que a taxa de obesidade no país passou de 11,8% para 19,8% entre 2006 e 2018, um aumento de 67,8%.

Neste capítulo, além de alguns aspectos da nutrição humana, vamos estudar quatro sistemas corporais humanos: digestório, respiratório, cardiovascular e urinário. Nossa foco é conhecer os aspectos básicos de nossa anatomia e de nossa fisiologia, o que certamente contribuirá para que cuidemos melhor da saúde. Embora os médicos sejam os profissionais mais capacitados a nos orientar sobre a nossa saúde, cabe a cada um de nós adotar hábitos diários que ajudem a nos manter saudáveis.

De olho na BNCC:

- EM13CNT202
- EM13CNT207
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CHS102

1. A nutrição humana

Nutrição pode ser definida como o conjunto de processos que vão desde a ingestão do alimento até sua assimilação pelas células.

Os tipos e as quantidades de alimento que ingerimos compõem nossa **dieta**. Chama-se **dieta balanceada** a combinação de alimentos que fornece a uma pessoa adulta a quantidade de energia de que ela necessita – entre 2.000 e 3.000 kcal/dia, dependendo do nível de atividade da pessoa – distribuída entre 50% e 60% de glicídios, 25% e 35% de gorduras e 15% e 25% de proteínas. A quantidade mínima de alimentos necessários a uma pessoa adulta, denominada **dieta protetora**, equivale a 1.300 kcal/dia, em média; se a pessoa ingerir menos calorias que esse limite, tenderá a apresentar sintomas de subnutrição (Fig. 1).

Nosso organismo é capaz de sintetizar boa parte das substâncias de que necessita, utilizando para isso a matéria-prima obtida dos alimentos. Entretanto, há substâncias orgânicas de que precisamos, mas que nosso metabolismo não é capaz de produzir, como os aminoácidos essenciais e as vitaminas.

Vitaminas são substâncias orgânicas necessárias ao metabolismo em quantidades relativamente pequenas, mas que nosso organismo não consegue produzir. Por isso, elas têm que ser obtidas da dieta. A maioria das vitaminas atua como fatores acessórios (cofatores) de reações químicas catalisadas por enzimas. Se faltarem certas vitaminas, a atividade das enzimas que as utilizam como cofatores é prejudicada, com consequências negativas para a atividade celular. Doenças decorrentes da carência de vitaminas são chamadas genericamente de **avitaminoses**.

O sistema digestório e suas funções

O **sistema digestório**, ou sistema digestivo, é comparável a uma linha de desmontagem de alimentos, o que permite extrair deles diversos nutrientes e fornecer a matéria-prima e a energia necessárias à vida de nossas células.

A digestão humana começa na boca, com o trabalho de mastigação do alimento e a ação de enzimas da saliva sobre ele. O processo de digestão continua no trajeto que o alimento faz pelo tubo digestório, encerrando-se no intestino, onde ocorre a maior parte da absorção dos produtos úteis gerados no processo digestivo (Fig. 2).

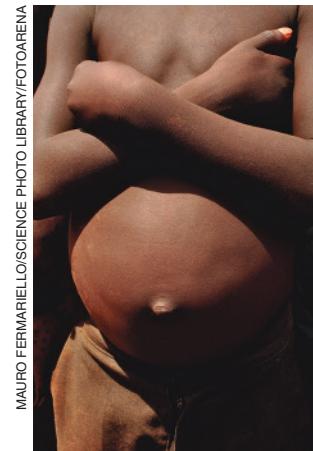


Figura 1 Criança com *kwashiorkor*, quadro de desnutrição que se caracteriza pelo grande inchaço no abdome e prejuízos ao desenvolvimento do sistema nervoso; deve-se ao desmame precoce e a dietas pobres em aminoácidos essenciais (Uganda, 2006).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

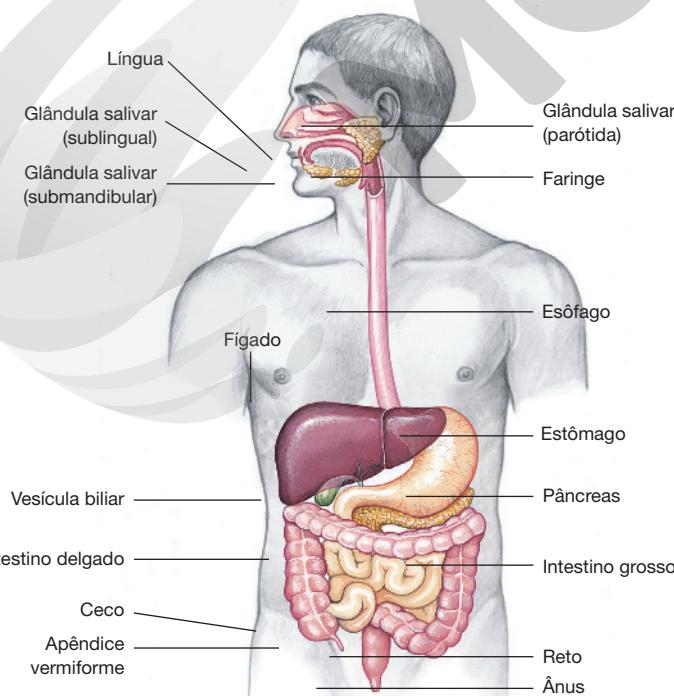
Dialogando com o texto

Nesta atividade você vai pesquisar duas avitaminoses que acometiam os marinheiros da época das navegações a vela, que passavam meses no mar: o escorbuto e o beribéri. converse também com seus professores de Geografia e História, que podem ajudá-lo em sua pesquisa. Pergunte a eles se têm notícias de avitaminoses entre os negros escravizados. Seu desafio é conhecer as causas e os sintomas dessas avitaminoses. Pesquise em livros e na internet, finalizando seu trabalho com um texto que responda às questões propostas e eventualmente acrescente informações de interesse.

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

Figura 2 Representação esquemática dos componentes do sistema digestório humano. Na digestão, o alimento percorre um tubo com cerca de 9 metros de comprimento ao qual há glândulas associadas, como as glândulas salivares, o pâncreas e o fígado. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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



Atividade em grupo

Na boca, o alimento é mastigado e triturado ao mesmo tempo que é misturado com a saliva, uma solução aquosa de consistência viscosa e grau de acidez (pH) próximo do neutro, em torno de 6,7. A mastigação, que reduz os alimentos a pedaços menores, pode ser considerada uma digestão mecânica, que inicia o processo digestivo. Essa é a condição ideal para a ação da **amilase salivar**, ou ptilalina, a principal enzima da saliva, produzida pelas **glândulas salivares** e que dá início ao processo químico da digestão, hidrolisando moléculas de amido e de glicogênio, que se transformam nas do dissacarídeo maltose.

O bolo alimentar é deglutiido e segue pelo esôfago em direção ao estômago, impulsionado por movimentos rítmicos de contração da musculatura da parede esofágica, as chamadas **ondas peristálticas**, ou peristaltismo. No estômago, o bolo alimentar se mistura com o **suco gástrico**, secretado por **glândulas estomacais** e constituído por ácido clorídrico, enzimas e muco. O pH no estômago é fortemente ácido, em torno de 2, o que favorece a ação das enzimas presentes no suco gástrico.

O alimento costuma ficar no estômago geralmente entre uma e quatro horas, onde se transforma em uma massa acidificada semilíquida denominada **quimo**, que aos poucos vai passando para o intestino delgado pelo piloro, região guarnecida por um esfíncter (anel) muscular que regula a passagem do quimo.

O intestino delgado apresenta três regiões diferenciadas: o **duodeno**, que se liga ao estômago e mede cerca de 25 cm de comprimento; o **jejuno**, com cerca de 4,5 m, e o **íleo**, com cerca de 1,5 m. O quimo é digerido predominantemente no duodeno e nas primeiras porções do jejuno pelo **suco entérico** (ou suco intestinal), que contém enzimas produzidas pela parede intestinal, e pelo **suco pancreático**, produzido pelo pâncreas. O suco pancreático contém bicarbonato de sódio (NaHCO_3), que neutraliza a acidez do quimo e eleva o pH do conteúdo intestinal a valores em torno de 8 a 8,5, condição necessária para a atuação das enzimas dos sucos intestinal e pancreático (Tab. 1).

É possível perceber o peristaltismo intestinal, que às vezes nos surpreende com os ruídos causados pelo deslocamento de gases e fezes em formação. Em certas situações de defesa contra infecções intestinais, por exemplo, o peristaltismo se acentua, e as ondas peristálticas podem ser dolorosas, causando as cólicas intestinais. Situações com forte conteúdo emocional também podem causar cólicas. Forme um grupo com colegas para pesquisar o tema. Inicie entrevistando pessoas que você conhece e que poderiam recomendar "chazinhos" bons para cólicas. Se possível, entreviste algum médico. Será que esses remédios populares funcionam? Anote, grave ou filme as entrevistas e pesquise junto a médicos e na internet as substâncias presentes nesses chás para cólicas. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.) Escreva um texto objetivo a respeito reunindo experiências pessoais ou outras informações de interesse.

TABELA 1 PRINCIPAIS ENZIMAS DIGESTIVAS HUMANAS

| SUCO DIGESTIVO | ENZIMAS | pH ÓTIMO | SUBSTRATOS | PRODUTOS |
|------------------|--|--|--|---|
| Saliva | Amilase salivar | Neutro | Polissacarídos | Maltose e glicose |
| Suco gástrico | Pepsina Renina | Ácido Ácido | Proteínas Caseína solúvel | Peptonas Caseína insolúvel |
| Suco pancreático | Quimotripsina Tripsina Amilopsina Ribonuclease Desoxirribonuclease Lipase Carboxipeptidase Aminopeptidase | Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino | Proteínas e peptonas Proteínas e peptonas Polissacarídos RNA DNA Lipídios Oligopeptídios Oligopeptídios | Oligopeptídios Oligopeptídios Maltose e glicose Nucleotídios Nucleotídios Ácidos graxos e glicerol Aminoácidos Aminoácidos |
| Suco entérico | Dipeptidase Maltase Sacarase Lactase a-Aminopeptidase Glicoamilase | Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino | Dipeptídios Maltose Sacarose Lactose Dipeptídios, tripeptídios e oligopeptídios Oligossacarídis | Aminoácidos Glicose Glicose e frutose Glicose e galactose Aminoácidos Monossacarídis |

Outra secreção que atua no duodeno é a **bile**, produzida no **figado** e armazenada na **vesícula biliar**. A bile tem consistência aquosa, cor esverdeada e não apresenta enzimas digestivas; ela contém **sais biliares**, que emulsionam os lipídios, transformando grandes gotas de óleos e gorduras em gotículas microscópicas, o que facilita a ação da enzima **lipase**, presente no suco pancreático.

A superfície interna do intestino delgado é intensamente pregueada, com milhões de pequenas dobras, denominadas **vilosidades intestinais**. As próprias células do epitélio intestinal têm suas membranas pregueadas, com dobras microscópicas, denominadas **microvilosidades**. Esse pregueamento aumenta significativamente a área de contato com os nutrientes e, consequentemente, proporcionam maior eficiência na absorção (Fig. 3).

CRIS ALENCAR

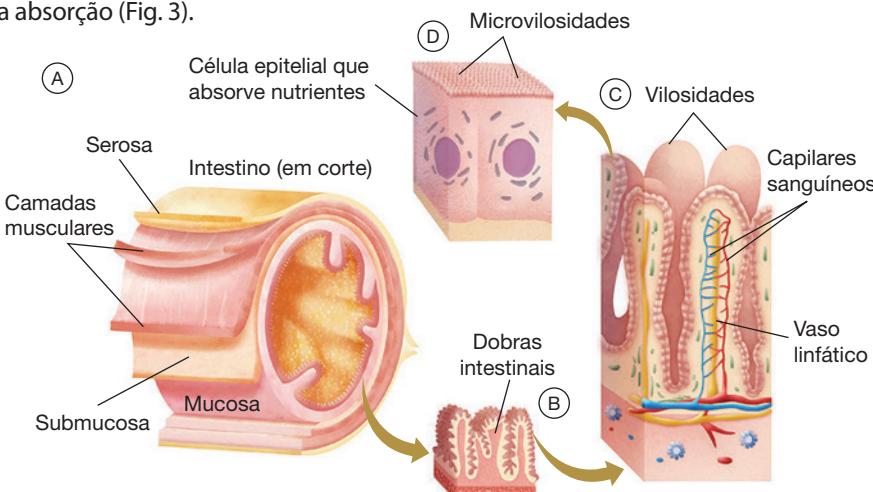


Figura 3 Representações esquemáticas de diversos níveis estruturais da parede do intestino delgado. (A) Camadas de tecidos que formam a parede intestinal. (B) Detalhe das dobras da mucosa intestinal. (C) Detalhes das vilosidades intestinais. (D) Detalhe de células do epitélio intestinal mostrando as microvilosidades. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Os nutrientes resultantes da digestão dos alimentos são absorvidos pelas células intestinais e transferidos para a circulação sanguínea e linfática adjacente, que se encarrega de distribuí-los a todas as células do corpo. Restos inaproveitáveis seguem para o intestino grosso, onde se transformam em fezes, as quais costumam apresentar cor escura devida a pigmentos provenientes da bile. As fezes contêm aproximadamente 75% de água e 25% de matéria sólida. Cerca de 70% da parte sólida, por sua vez, são sais, fibras de celulose e componentes não digeridos; os 30% restantes compõem-se de bactérias. Esses microrganismos são constituintes normais da flora intestinal e ajudam a evitar a proliferação de bactérias patogênicas, que poderiam causar doenças; além disso, a flora intestinal produz substâncias úteis ao organismo humano, como as vitaminas K, B12, tiamina e riboflavina, entre outras (Fig. 4).

2. Respiração

O **sistema respiratório** humano compõe-se das cavidades nasais, da boca, da faringe, da laringe, da traqueia, dos brônquios e dos pulmões, estes últimos constituídos pelos bronquíolos e pelos alvéolos pulmonares (Fig. 5).

Ao inspirarmos, o ar entra pelas narinas, passa pelas **cavidades nasais**, pela **faringe** e chega à **laringe**, estrutura tubular localizada no pescoço e dotada de reforços cartilaginosos. A entrada da laringe é guarnecida por uma lingueta cartilaginosa denominada **epiglote**, que atua como válvula de abertura e fechamento da laringe. Quando engolimos, a laringe eleva-se e leva ao fechamento da epiglote, que impede o alimento de penetrar nas vias respiratórias e causar engasgamento.

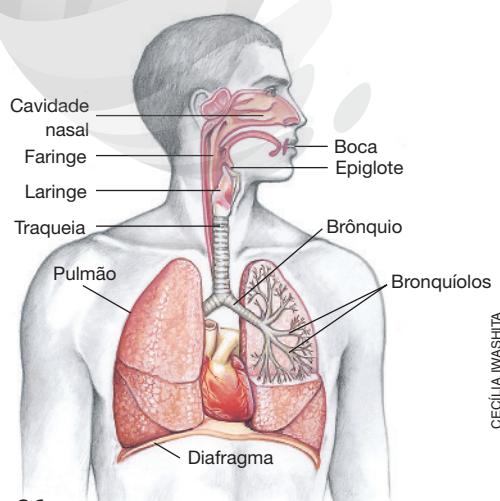
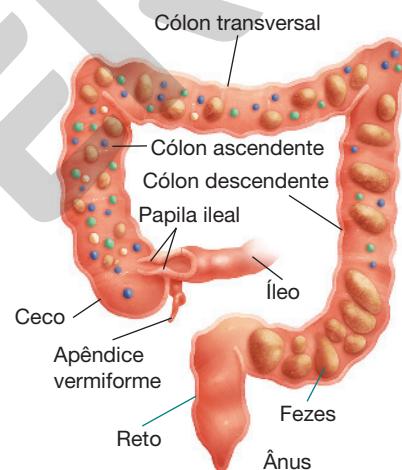


Figura 5 Representação esquemática dos componentes do sistema respiratório humano. O pulmão direito é ligeiramente maior do que o esquerdo e está dividido em três partes, ou três lóbulos, enquanto o pulmão esquerdo tem apenas dois. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

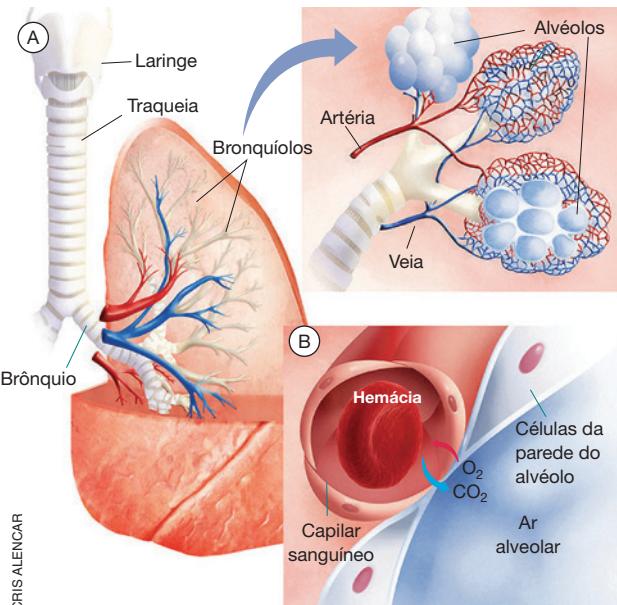


CRIS ALENCAR

Figura 4 Representação esquemática do intestino grosso em corte que mostra a papila ileal, ou valva ileocecal, que controla a passagem do conteúdo do intestino delgado para o intestino grosso. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

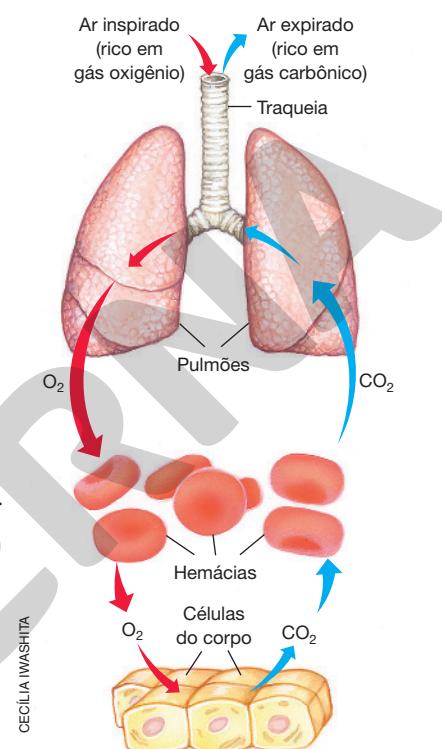
À laringe segue-se a **traqueia**, tubo de aproximadamente 1,5 cm de diâmetro por 10 cm de comprimento, com paredes reforçadas por anéis cartilaginosos que mantêm o conduto traqueal sempre aberto à passagem de ar. A traqueia divide-se em dois tubos curtos, também reforçados por anéis de cartilagem, os **brônquios**, cada um deles penetrando em um pulmão. A ramificação progressiva de cada brônquio dentro do pulmão leva à formação de tubos cada vez mais finos, os **bronquíolos**. Cada um deles apresenta, na extremidade, um grupo de pequenas bolsas de paredes finas, recobertas por grande número de capilares sanguíneos: os **alvéolos pulmonares** (Fig. 6).



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

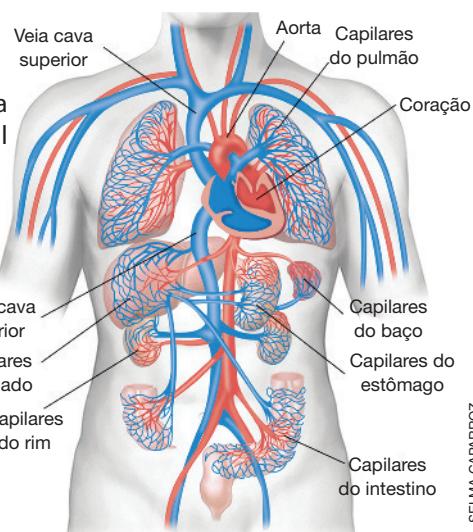
Nos alvéolos pulmonares, ocorre o fenômeno-chave da respiração: a **hematose**. Nesse processo, o gás oxigênio (O_2) presente no ar difunde-se para o interior dos capilares sanguíneos. No sangue, o O_2 penetra nas hemácias, onde se combina com a **hemoglobina**, formando a **oxiemoglobina**, que chega a todas as partes do corpo por meio da circulação sanguínea.

Nos tecidos, o O_2 dissocia-se da hemoglobina, sai das hemácias e difunde-se para as células, onde penetra nas **mitocôndrias** e é utilizado na **respiração celular**. Simultaneamente, moléculas de gás carbônico (CO_2) originadas na respiração celular difundem-se para o líquido que banha as células e daí para o sangue. Quando esse sangue passa pelos alvéolos pulmonares, o CO_2 difunde-se para o ar alveolar e é eliminado para fora do corpo (Fig. 7).



3. Sistema cardiovascular e circulação do sangue e da linfa

O **sistema cardiovascular** é responsável pela circulação do sangue e da linfa por todo o corpo. Seus principais componentes são o coração e a rede corporal de vasos sanguíneos e linfáticos (Fig. 8).



SELMA CAPARROZ

Figura 8 Representação esquemática do coração (em corte) e dos principais vasos do sistema cardiovascular humano, em vista frontal. Os vasos em que circula sangue oxigenado estão representados em vermelho; os que conduzem sangue pobre em gás oxigênio estão representados em azul. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Atividade prática

O número de vezes por minuto que o coração contraí os ventrículos é denominado frequência cardíaca. Forme um grupo com colegas de classe e, munidos de um cronômetro (hoje presente na maioria dos telefones celulares), obtenham a frequência cardíaca de cada membro do grupo. Anotem. Primeiro, obtêm-se medidas da frequência cardíaca em repouso. O “paciente” deve permanecer sentado ou deitado durante a medição, respirando tranquilamente. Localize a pulsação em uma das artérias do braço ou do pescoço. Após certificar-se de tê-la encontrado, conte o número de batimentos durante um minuto. Depois de registrar a frequência cardíaca em repouso, faça a medição após um exercício físico. Um voluntário do grupo deve se exercitar por 3 minutos (correndo, fazendo polichinelos ou descendo e subindo escadas). Devem ser tomados todos os cuidados para que os voluntários não excedam os limites de suas capacidades físicas. A medição após o exercício deve ser feita rapidamente, antes da recuperação cardíaca. Repita a medição a cada minuto, durante os 5 minutos seguintes. Elabore uma tabela e um gráfico com esses dados. Se necessário, peça orientações ao professor. Os resultados do grupo devem constar de um pequeno relatório.

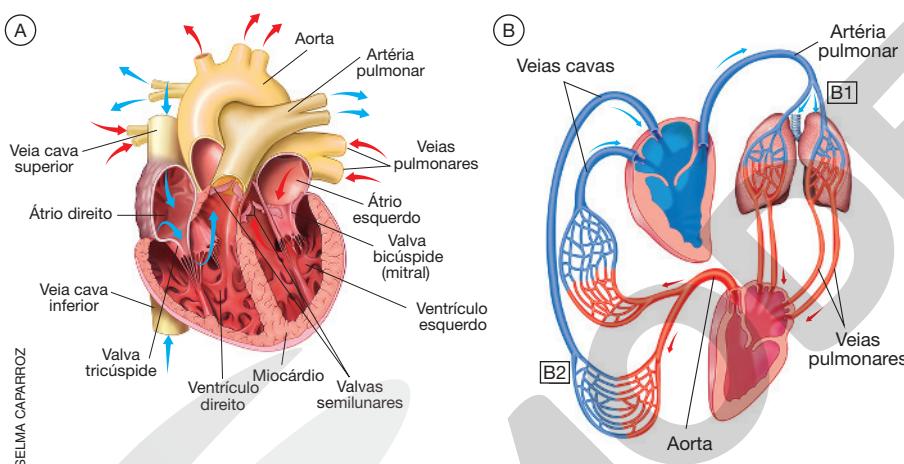


Figura 9 (A) Representação esquemática do coração (em corte) e dos principais vasos do sistema cardiovascular humano, em vista frontal. (B) Representação esquemática do coração com as metades separadas, para facilitar a compreensão de que os lados direito e esquerdo atuam como bombas distintas. (B1) Circulação pulmonar, ou pequena circulação. (B2) Circulação sistêmica, ou grande circulação. O caminho mostrado em azul indica o fluxo do sangue pobre em gás oxigênio e, em vermelho, o fluxo do sangue rico em gás oxigênio. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Vasos sanguíneos

Por definição, vasos de parede relativamente espessa e musculosa que levam sangue do coração a órgãos e tecidos corporais, inclusive para os tecidos do próprio coração, são chamados de **artérias**. As artérias de grosso calibre ligadas ao coração – a artéria aorta e a artéria pulmonar – ramificam-se progressivamente em artérias mais finas. O revestimento interno dos vasos sanguíneos, denominado **endotélio**, é da espessura de uma única camada de células endoteliais. Nos órgãos e nos tecidos, inclusive nos pulmões, os finíssimos ramos terminais das artérias, chamados de **arteríolas**, prolongam-se formando vasos mais finos, denominados **capilares sanguíneos**.

O sangue bombeado pelos ventrículos entra nas artérias exercendo grande pressão sobre as paredes arteriais, que se dilatam em razão de sua grande elasticidade. A pressão exercida pelo sangue sobre a parede das artérias é denominada **pressão arterial**. Em uma pessoa jovem e com boa saúde, a pressão nas artérias durante a sístole ventricular, denominada **pressão arterial sistólica**, ou pressão máxima, oscila em torno de 110 mmHg e 120 mmHg. Durante a diástole ventricular, a pressão diminui para cerca de 70 mmHg a 80 mmHg; esta é a chamada **pressão arterial diastólica**, ou pressão mínima.

O sangue nas artérias é impulsionado até as arteríolas e atinge os capilares sanguíneos. Estes apresentam paredes finíssimas, da espessura de uma única camada de células endoteliais, que têm pequeníssimos espaços entre si. Assim, o líquido sanguíneo é pressionado a extravasar dos capilares, banhando as células próximas e levando a elas nutrientes e O_2 . As células, por sua vez, eliminam nesse líquido CO_2 e excreções produzidos em seu metabolismo. A maior parte do líquido que sai dos capilares, denominado **líquido tissular**, é reabsorvida pelos próprios capilares sanguíneos, reincorporando-se ao sangue. O restante é absorvido por capilares linfáticos (Fig. 10).

Ao passar pelos capilares dos tecidos e banhar as células, o sangue fica mais pobre em nutrientes e em O_2 e mais rico em CO_2 e excreções celulares diversas. Os capilares sanguíneos unem-se formando vasos finos, as **vênulas**, que originam vasos progressivamente maiores, as veias. A progressiva reunião das veias origina finalmente dois vasos de grosso calibre, as veias cava superior e inferior, que desembocam no átrio direito do coração. As veias que trazem o sangue de volta dos pulmões são as veias pulmonares, que desembocam no átrio esquerdo do coração. Ao longo de todo o percurso venoso, o sangue é impedido de refluxo graças à presença de **válvulas**, estruturas que se abrem para o sangue passar rumo ao coração, mas que se fecham em seguida, evitando o retorno do sangue. Como as veias se situam em posição mais superficial no corpo, entre a pele e os músculos, as contrações musculares fazem o sangue fluir nas veias em um único sentido, graças às válvulas (Fig. 11).

O sangue

O **sangue** é constituído por uma parte líquida, o plasma sanguíneo, e por diversos tipos de células. O plasma é um líquido amarelado constituído por água, sais minerais e diversas proteínas. O plasma corresponde a cerca de 55% do volume sanguíneo, sendo o restante formado por hemácias, glóbulos brancos e plaquetas, estas últimas fragmentos de células denominadas megacariócitos. Uma pessoa de aproximadamente 70 kg tem cerca de 5,5 L de sangue, onde há aproximadamente 30 trilhões de hemácias, 45 bilhões de leucócitos e 1,5 trilhão de plaquetas.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

O desenho reproduzido a seguir, feito pelo anatomicista inglês William Harvey (1578-1657) no século XVI, ilustra sua demonstração da existência de válvulas nas veias do braço (Fig. 12).

Observe a faixa de tecido amarrada na região do bíceps, o “garrote”, que, ao bloquear o retorno do sangue ao coração, faz com que as veias fiquem intumescidas e bem visíveis sob a pele do antebraço. Esse procedimento é atualmente utilizado para tornar as veias mais evidentes e facilitar a aplicação de injeções. Forme um grupo para repartir os trabalhos. O objetivo desta atividade é realizar uma pesquisa, em livros ou na internet, sobre William Harvey e produzir um texto sobre os dados mais interessantes encontrados. Em seguida, os colegas que têm veias do braço salientes podem ajudar a reproduzir a demonstração de Harvey. Os resultados podem ser filmados ou fotografados. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

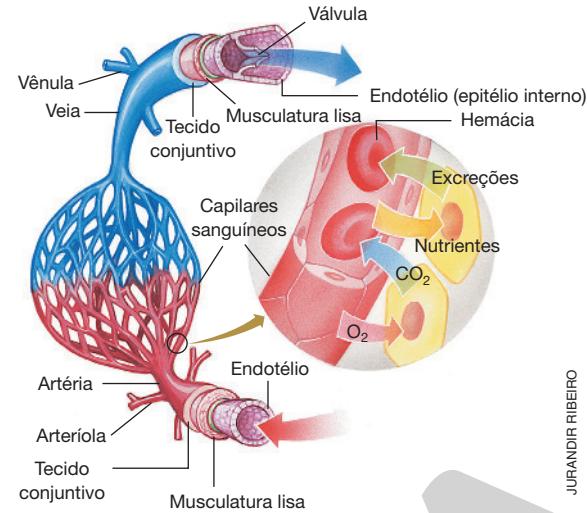


Figura 10 Representação esquemática de artérias, veias e capilares sanguíneos; no detalhe, troca de substâncias entre o sangue e as células ao redor, intermediada pelo líquido tissular. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

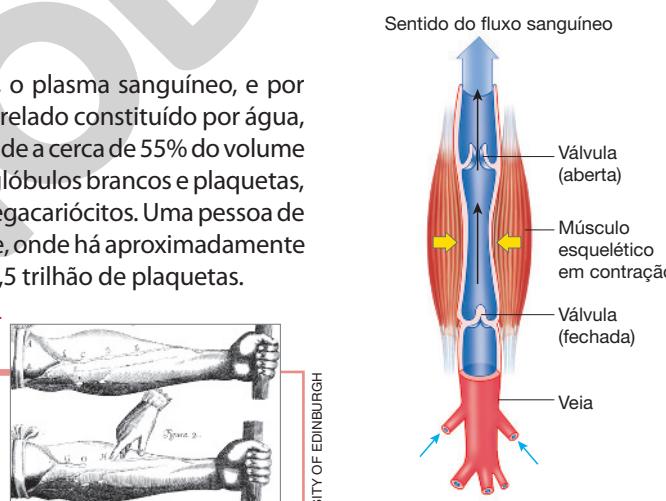


Figura 11 Representação esquemática de como a ação conjunta dos músculos e das válvulas permite a propulsão do sangue em sentido único no sistema venoso. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

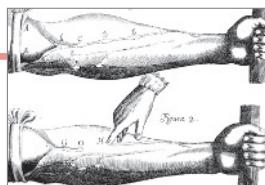


Figura 12 *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis*, de William Harvey, Frankfurt, 1628.

As **hemárias**, também chamadas de eritrócitos (do grego *eritros*, "vermelho"), ou glóbulos vermelhos, são células discoïdais repletas de moléculas de **hemoglobina**, proteína responsável pela cor vermelha do sangue e cuja função é transportar gás oxigênio. As hemárias dos mamíferos perdem o núcleo durante sua diferenciação; nos demais vertebrados, elas são ovoides e têm núcleo, mas ele não é funcional.

Os **leucócitos** (do grego *leucos*, "branco"), ou glóbulos brancos, são células esféricas e nucleadas, em geral bem maiores que as hemárias. A função mais importante dos leucócitos é defender o organismo contra microrganismos invasores ou inativar substâncias estranhas que penetrem nos tecidos. Em uma infecção, por exemplo, o número de leucócitos aumenta muito, podendo dobrar ou triplicar.

As **plaquetas** são fragmentos celulares que atuam na coagulação do sangue. Quando um vaso sanguíneo é lesado em decorrência de um ferimento, por exemplo, plaquetas da região ferida liberam enzimas que desencadeiam uma complexa sequência de reações químicas que leva à coagulação (Fig. 13).

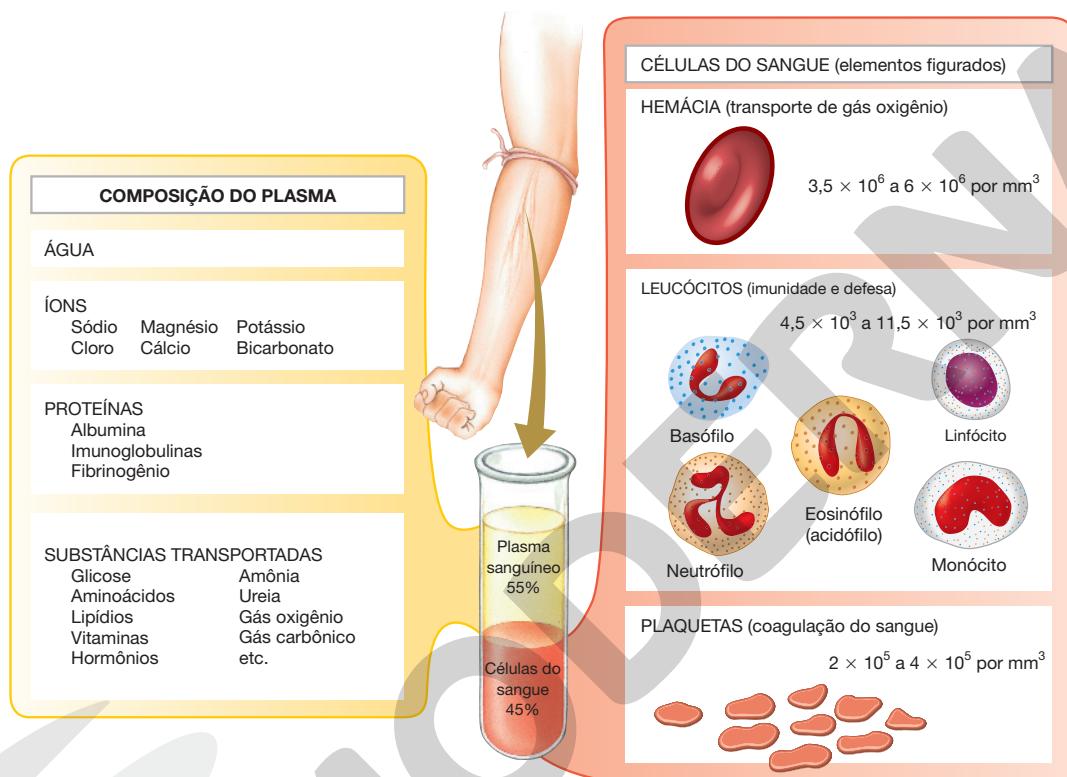


Figura 13 Componentes do sangue humano. Uma pessoa adulta com cerca de 70 kg tem aproximadamente 5,6 litros de sangue. Cerca de 45% do volume sanguíneo corresponde às células e o restante, ao plasma. Cada um dos cinco tipos diferentes de leucócitos desempenha uma função específica no organismo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Escreva, em seu caderno, o termo da relação a seguir que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 4.

- | | |
|-------------|-------------|
| a) dieta | c) onívoro |
| b) nutrição | d) vitamina |

- Um organismo que se alimenta de produtos variados, tanto de origem animal quanto de origem vegetal, é chamado (■).
- (■) é o conjunto de tipos de alimento que ingerimos e suas respectivas quantidades.
- (■) é como se denomina o conjunto de processos pelos quais nossas células assimilam substâncias nutritivas.

- (■) é uma substância orgânica necessária em pequenas quantidades, mas que o organismo é incapaz de sintetizar.

Escreva, em seu caderno, o termo da relação a seguir que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 5 a 8.

- diástole
- frequência cardíaca
- miocárdio
- sístole
- (■) é o número de vezes que o coração bate em dado intervalo de tempo.
- A contração de uma câmara cardíaca é chamada de (■).
- (■) é o nome da ação de relaxamento das câmaras cardíacas.
- A musculatura do coração é denominada (■).

Circulação linfática

Os vertebrados apresentam, além da rede de vasos sanguíneos, uma rede de **vasos linfáticos**, responsáveis pela captação do líquido tissular não reabsorvido pelos capilares sanguíneos e sua recondução à circulação. Por todo o corpo há capilares linfáticos finíssimos que terminam em fundo cego, com uma extremidade fechada. Os capilares linfáticos fundem-se em vasos de diâmetros progressivamente maiores, que convergem para a região torácica, onde formam dois ductos linfáticos de grande calibre que desembocam na circulação sanguínea próximo da junção das veias cava ao átrio direito.

Nos vasos linfáticos circula a **linfa**, fluido esbranquiçado de constituição semelhante à do sangue, porém sem hemácias; aproximadamente 99% das células da linfa são linfócitos.

Em diversos pontos da rede linfática, principalmente no pescoço, nas axilas, nas virilhas e no intestino, há estruturas dilatadas denominadas **linfonodos**, ou nódulos linfáticos (antigamente denominados gânglios linfáticos), cuja função é filtrar a linfa que circulou nas extremidades corporais e no abdome. Ao passar pelos linfonodos, a linfa circula por finos canais, onde leucócitos ali presentes identificam e destroem partículas e substâncias estranhas (Fig. 14).

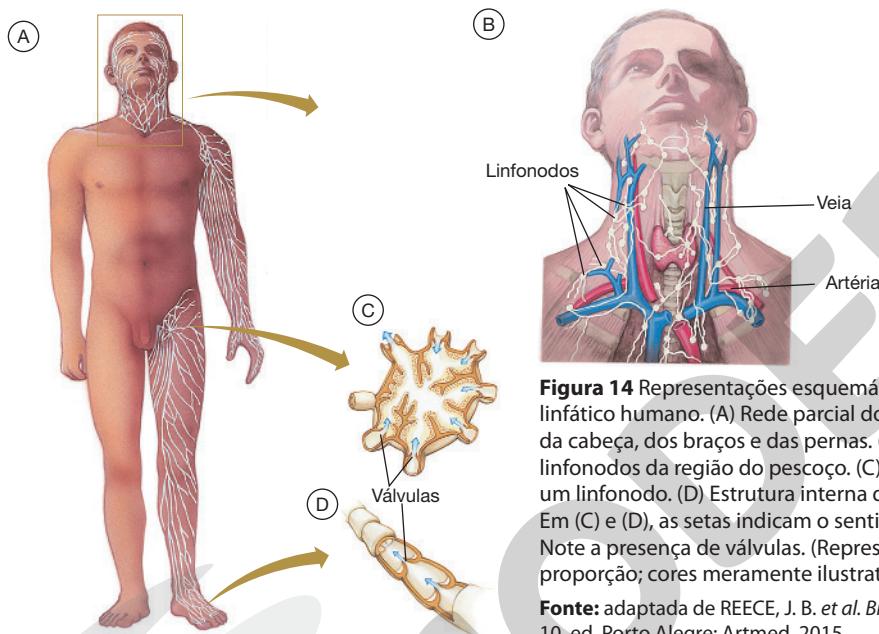


Figura 14 Representações esquemáticas do sistema linfático humano. (A) Rede parcial dos vasos linfáticos da cabeça, dos braços e das pernas. (B) Rede de vasos e linfonodos da região do pescoço. (C) Estrutura interna de um linfonodo. (D) Estrutura interna de um capilar linfático. Em (C) e (D), as setas indicam o sentido do fluxo de linfa. Note a presença de válvulas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

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

ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUITIN

Quando o corpo é invadido por microrganismos, os leucócitos de linfonodos próximos ao local da invasão identificam o invasor e passam a se multiplicar ativamente. Com isso, os nódulos linfáticos aumentam de tamanho e formam inchaços, conhecidos popularmente como ínguas. Muitas vezes, o exame tático dos linfonodos pelo médico permite detectar um processo infeccioso em andamento.

Os **linfócitos** são os principais componentes do **sistema imunitário**, que protege nosso corpo contra invasores. Quando seres patogênicos, como vírus e bactérias, ou substâncias estranhas invadem nosso corpo, o sistema imunitário entra em ação e passa a combatê-los. Esse combate envolve principalmente os anticorpos, produzidos por um tipo de linfócito, o linfócito B.

Anticorpos são proteínas capazes de reconhecer e de se ligar especificamente às substâncias estranhas que induziram sua formação, genericamente chamadas de **antígenos**. A reação entre o anticorpo e o antígeno é altamente específica: cada tipo de anticorpo reconhece um único tipo de antígeno. O anticorpo, ao se ligar ao antígeno, torna-o inativo e favorece sua destruição pelas células fagocitárias.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Em situações de infecção bacteriana, certos linfonodos, geralmente próximos à região afetada, aumentam de tamanho e, muitas vezes, ficam doloridos. Por exemplo, uma infecção de garganta frequentemente leva ao inchaço dos linfonodos do pescoço. É possível que você já tenha apresentado linfonodos aumentados, ou presenciado a prática médica de localizar pelo tato nódulos inchados. Considerando o papel dos linfonodos no organismo, tente formular uma explicação para seu inchaço em situações de infecção. Pesquise a respeito. Se já tiver tido experiências pessoais sobre isso, inclua-as em seu texto.

Durante uma infecção, a quantidade de linfócitos capazes de produzir anticorpos específicos aumenta progressivamente, mas diminui drasticamente com o fim da infecção. Entretanto, restam alguns linfócitos especiais, denominados **células de memória**, que guardam por anos ou mesmo pelo resto da vida a capacidade de reconhecer o agente infeccioso com o qual o organismo esteve em contato. Em caso de novo ataque por esse agente, as células de memória são imediatamente ativadas e estimuladas a se multiplicar e a produzir anticorpos, debelando a infecção em seu início. Essa propriedade das células de memória é a base da vacinação, por meio da qual o organismo se prepara antecipadamente para um eventual ataque de microrganismos ou de substâncias estranhas.

A **vacina** geralmente é uma solução de抗ígenos contra os quais se quer proteger o organismo, ou mesmo de microrganismos vivos previamente atenuados para não causarem doença. Os抗ígenos presentes na vacina desencadeiam, no organismo vacinado, uma resposta imunitária primária, na qual há produção de células de memória. Caso o organismo seja invadido por microrganismos contra os quais tenha sido imunizado, ocorrerá a resposta imunitária secundária, muito mais rápida e intensa que a primária, e os invasores serão destruídos antes mesmo de aparecerem sintomas da doença. Vacinas são formas ativas de imunização (Fig. 15).

Outra maneira de proteger o organismo contra a ação de substâncias potencialmente perigosas, como toxinas bacterianas ou peçonha de cobras e aranhas, é a **imunização passiva**, que consiste na aplicação de anticorpos extraídos de animais previamente imunizados contra esses抗ígenos. Em casos de picadas de cobra, por exemplo, o tratamento é feito pela injeção de soro imune, uma solução de anticorpos contra a peçonha extraídos do sangue de um animal previamente imunizado.

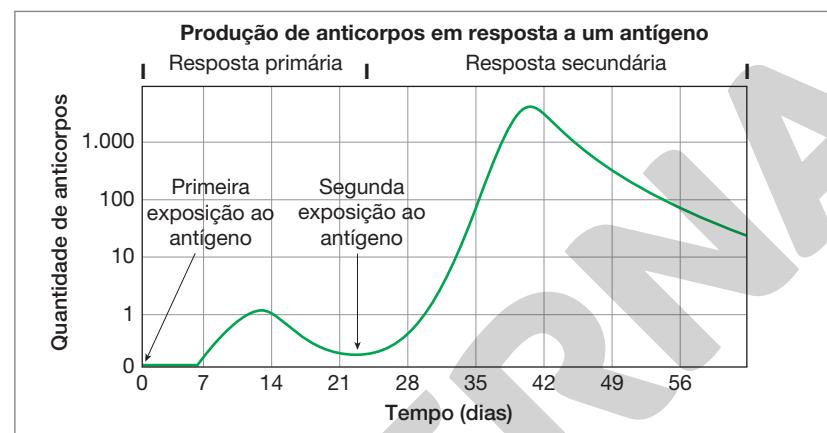


Figura 15 Gráfico que mostra como a produção de anticorpos G, o tipo mais ativo no combate às infecções, é mais rápida e mais intensa em um segundo contato com o抗ígeno, a resposta secundária, graças às células de memória.

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

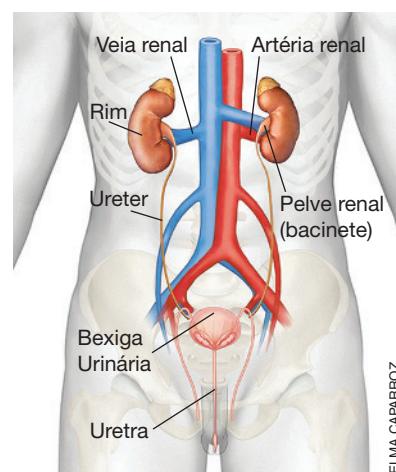


Figura 16 Representação esquemática dos componentes do sistema urinário masculino humano. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

4. Sistema urinário

O **sistema urinário** é o conjunto de órgãos e estruturas responsáveis pela filtração do sangue e pela eliminação de substâncias tóxicas, desnecessárias ou em excesso no organismo. Esse sistema é composto basicamente de um par de rins, de dois ureteres e da bexiga urinária (Fig. 16).

Estrutura do rim e função renal

Os **rins** humanos são órgãos de cor marrom-avermelhada, com forma de grão de feijão e cerca de 10 cm de comprimento. Localizam-se na parte posterior da cavidade abdominal, logo abaixo do diafragma, um de cada lado da coluna vertebral. O rim é revestido por uma cápsula fibrosa que envolve o **côrtex renal**, onde se localizam os **néfrons**, as unidades responsáveis pela filtração do sangue.

O néfron é um longo tubo com uma das extremidades alargada e em forma de taça, a **cápsula renal**, ou cápsula de Bowman. Dentro da cápsula há um pequeno nôvelo de capilares, o **glomérulo renal**, formado pela ramificação de uma arteríola que penetra na cápsula. Cada rim humano tem cerca de 1 milhão e 200 mil néfrons.

A cápsula renal liga-se ao túbulo que forma o néfron. O túbulo néfrico apresenta três regiões diferenciadas, com as seguintes denominações: 1) túbulo contorcido proximal; 2) alça néfrica (antes denominada alça de Henle); 3) túbulo contorcido distal, que desemboca no ducto coletor. Os ductos coletores conduzem a urina produzida nos néfrons até a papila renal, de onde ela flui para os cálices menores, destes para os cálices maiores e, por fim, para a pelve renal (Fig. 17).

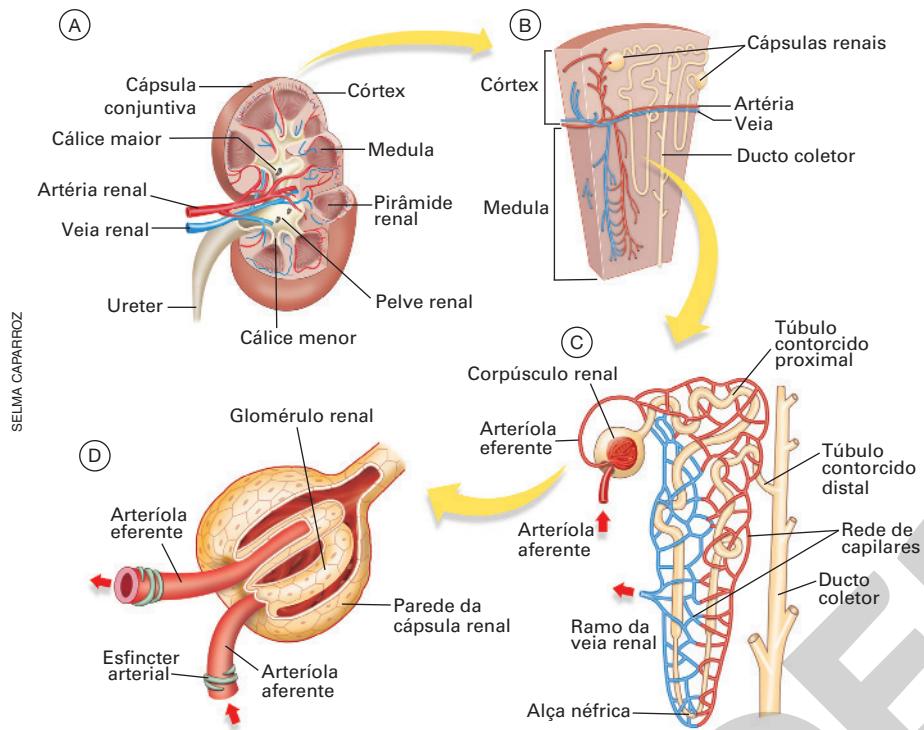


Figura 17 Representações esquemáticas da estrutura do rim. (A) Rim em corte parcial. (B) Localização dos néfrons. (C) Organização do néfron. (D) Cápsula renal em corte mostrando a organização do glomérulo. As setas vermelhas indicam o sentido do fluxo sanguíneo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

O sangue chega ao rim pela artéria renal, que se ramifica progressivamente originando grande número de pequenas arteríolas. Cada uma dessas arteríolas aferentes leva sangue a um glomérulo do néfron, onde ocorrerá sua filtração. O sangue sai do glomérulo por outra arteriola, denominada arteriola eferente.

A alta pressão sanguínea nos capilares do glomérulo força a saída de fluido do sangue para a cápsula. Esse fluido, denominado **filtrado glomerular**, ou urina inicial, contém diversos tipos de moléculas: ureia, glicose, aminoácidos, sais etc. Diariamente, passam pelos rins de uma pessoa quase 1,6 mil litros de sangue, levando à formação de cerca de 180 litros de filtrado glomerular.

Em condições normais, a glicose, os aminoácidos, as vitaminas e grande parte dos sais do filtrado glomerular são reabsorvidos pelas células da parede do túbulo contorcido proximal e devolvidos ao sangue. No caso de alguma dessas substâncias estar em concentração anormalmente elevada no sangue, ela não é totalmente reabsorvida, e parte é excretada na urina. É o que ocorre, por exemplo, com portadores de diabetes melito: a alta concentração de glicose no sangue faz com que parte desse glicídio não seja reabsorvida pelo túbulo renal, sendo eliminada na urina.

Substâncias indesejáveis, como ácido úrico e amônia, são removidas ativamente do sangue por células do túbulo contorcido distal e lançadas no túbulo néfrico. Ao fim do percurso pelo túbulo, o filtrado glomerular se transforma em **urina**, fluido aquoso de cor amarelada que contém predominantemente ureia, além de pequenas quantidades de amônia, ácido úrico e sais. A cor amarela da urina deve-se à presença de urobilina, substância originada principalmente pela degradação da hemoglobina de hemácias fora de função (Fig. 18).

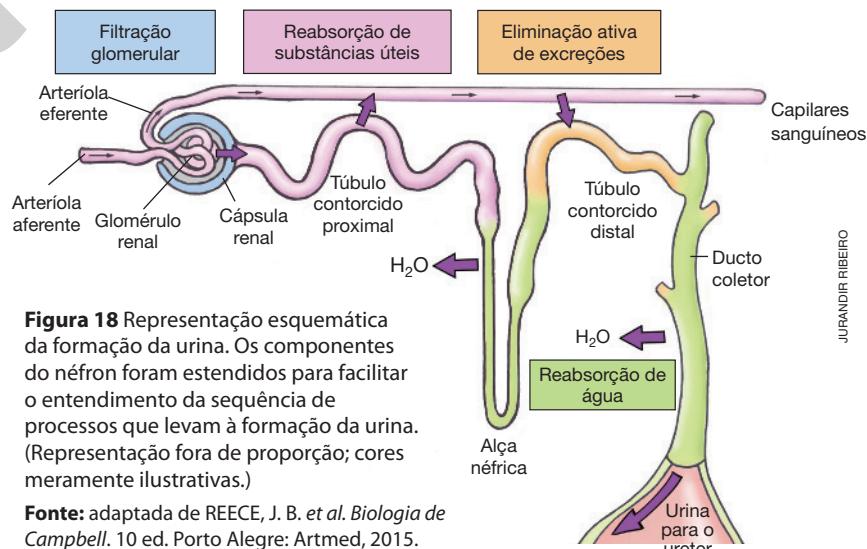


Figura 18 Representação esquemática da formação da urina. Os componentes do néfron foram estendidos para facilitar o entendimento da sequência de processos que levam à formação da urina. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

A urina é conduzida dos rins para a bexiga urinária por meio dos ureteres. Cada **ureter** é um tubo que parte do rim e desce pela parede posterior do abdome, desembocando na parte lateral posterior da **bexiga urinária**. Esta é uma bolsa localizada na cavidade pélvica, atrás dos ossos púbicos, cuja função é receber a urina que chega continuamente dos ureteres, armazenando-a até o momento de sua eliminação, a micção. A urina é eliminada da bexiga urinária pela uretra.

Nas mulheres, a uretra é um canal exclusivo do sistema urinário e se abre para o exterior entre os lábios menores do pudendo feminino, logo abaixo do clitóris. A uretra masculina compartilha a função excretora com a função reprodutiva, de eliminação dos espermatozoides. A abertura uretral para o exterior situa-se na extremidade do pênis.

Atividades finais



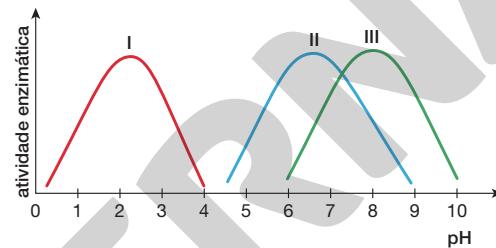
Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

- 1.** (UEA-AM) No gráfico, as curvas representam a atividade de três enzimas que atuam no tubo digestório humano.

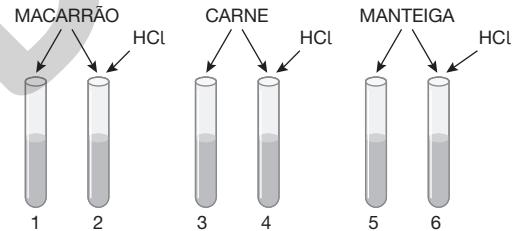
Suponha que um indivíduo adulto, sem qualquer alteração fisiológica, tenha almoçado bife grelhado com bacon e batatas cozidas. Analisando o gráfico, é correto afirmar que as enzimas I, II e III atuaram, respectivamente, na digestão

- da batata, do bife e do bacon.
- da batata, do bacon e do bife.
- do bife, da batata e do bacon.
- do bife, do bacon e da batata.
- do bacon, do bife e da batata.



- 2.** (Fuvest-SP) Uma enzima, extraída da secreção de um órgão abdominal de um cão, foi purificada, dissolvida em uma solução fisiológica com pH 8 e distribuída em seis tubos de ensaio. Nos tubos 2, 4 e 6, foi adicionado ácido clorídrico (HCl), de modo a se obter um pH final em torno de 2. Nos tubos 1 e 2 foi adicionado macarrão; nos tubos 3 e 4, foi adicionada carne; nos tubos 5 e 6, foi adicionada manteiga. Os tubos foram mantidos por duas horas à temperatura de 36 °C. Ocorreu digestão apenas no tubo 1.

- Qual foi o órgão do animal utilizado na experiência?
 - Que alteração é esperada na composição química da urina de um cão que teve esse órgão removido cirurgicamente? Por quê?
 - Qual foi a substância que a enzima purificada digeriu?
- 3. b** (UFRN) Uma das principais consequências da doença de Chagas é a insuficiência cardíaca, que ocasiona o crescimento do coração. Em situações normais, o ritmo do coração é assegurado por processos cíclicos de
- contração atrial esquerda, devido à saída de sangue para a artéria aorta.
 - sístole dos dois átrios e completo preenchimento de sangue nos ventrículos.
 - relaxamento simultâneo das cavidades direitas e saída de sangue para o pulmão.
 - diástole do ventrículo esquerdo, permitindo a entrada de sangue diretamente da veia cava.



- 4.** (UFG-GO) As respostas imunológicas constituem mecanismos de defesa vitais para os organismos. A esse respeito,
- explique a diferença entre a resposta ativa e a passiva;
 - apresente um exemplo de imunização ativa artificial e um de imunização passiva natural.
- 5.** (Vunesp) Considere as funções do rim humano.
- Quais os principais processos que ocorrem, respectivamente, no glomérulo localizado na cápsula de Bowman e no túbulo do néfron?
 - Cite uma substância orgânica filtrada que será reabsorvida pelo sangue e dê o nome da principal substância tóxica que será filtrada e posteriormente eliminada pela urina.

TERMOQUÍMICA, PETRÓLEO E COMBUSTÍVEIS



FÁBIO COLOMBINI

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

Criança da tribo Kalapalo comendo beiju (Aldeia Aiha, Parque Indígena do Xingu, MT, 2018). Esse alimento, de origem indígena, é uma massa preparada (em frigideira ou chapa aquecida) usando tapioca, que consiste em fécula de mandioca, um material farináceo rico em amido. A massa pode ser dobrada para a colocação de recheios doces ou salgados, como coco ou peixes. Do ponto de vista energético, os carboidratos (da massa) fornecem cerca de 4 kcal por grama. Já os lipídios (do coco ou do peixe) fornecem aproximadamente 9 kcal por grama. O estudo da termoquímica possibilita a realização, entre outros, de cálculos que envolvem a energia liberada na metabolização de nutrientes energéticos.

Os alimentos que consumimos são formados por moléculas que armazenam energia na forma de energia química. Durante sua metabolização no organismo, essas moléculas participam de reações químicas que levam à liberação de energia. Essa energia, por sua vez, é armazenada ou utilizada pelo corpo humano, e sua quantidade é expressa por unidades de medida como joule (J) e caloria (cal).

A caloria (cal) é a unidade de medida mais utilizada para indicar a energia química dos alimentos. Ela pode ser definida como a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de um 1,0 g de água líquida pura em um 1,0 °C (de 14,5 °C a 15,5 °C), ao nível do mar. Como a quantidade de energia envolvida no metabolismo dos alimentos, em geral, é muito alta, a quilocaloria (kcal), equivalente a 1.000 cal, é mais comumente empregada do que a caloria (cal).

Os carboidratos e os lipídios são considerados nutrientes energéticos, pois são os principais responsáveis por fornecer energia para o corpo humano. Quando a disponibilidade de nutrientes energéticos na alimentação é baixa, os lipídios armazenados no tecido adiposo são mobilizados de forma a participar de reações químicas com geração de energia.

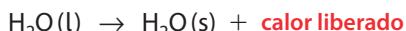
A termoquímica é uma área com inúmeras aplicações, que vão da quantificação da transferência de calor que acompanha a ocorrência de mudanças de fase ou de reações químicas até a análise comparativa de combustíveis, e do entendimento de fenômenos cotidianos ao desenvolvimento de viagens espaciais. Neste capítulo, você estudará os aspectos fundamentais da termoquímica e, com eles, compreenderá por que a ocorrência de determinados processos físico-químicos cotidianos libera calor para os arredores, aquecendo-os, ou absorve calor deles, resfriando-os.

De olho na BNCC:

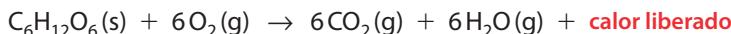
- EM13CNT207
- EM13CNT208
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT307
- EM13CNT308
- EM13CNT309

1. Processos: exotérmicos e endotérmicos

Em um congelador, a transição de água líquida para água sólida requer transferência de calor dessa substância para o ambiente que a circunda. A solidificação da água é uma mudança de fase em que há liberação de calor:



Há também reações químicas que liberam calor. Exemplos são as combustões, uma das quais, a da glicose, está equacionada a seguir:



Mudanças de fase e reações químicas que **liberam calor** são denominadas **processos exotérmicos** (do grego *éksō*, “para fora”, e *thermós*, “calor”).

Existem, por outro lado, fenômenos que absorvem calor. A fusão do gelo, à pressão constante, é um exemplo. Durante a ocorrência dessa mudança de fase, a substância água recebe calor do ambiente:



Um exemplo de reação química que ocorre com absorção de calor é a decomposição do carbonato de cálcio quando aquecido, à pressão constante, na qual se formam óxido de cálcio e dióxido de carbono:



Mudanças de fase e reações químicas que **absorvem calor** são denominadas **processos endotérmicos** (do grego *éndon*, “para dentro”).

É bastante frequente o estudo de processos à pressão constante. Para quantificar o calor liberado ou absorvido por um sistema químico, nessas condições, foi criada a grandeza **entalpia**, simbolizada por H , e expressa em unidade de energia. Essa grandeza está associada à quantidade de energia presente em um sistema que pode ser convertida em calor em um processo à pressão constante. Para o presente estudo, será relevante abordarmos a **variação de entalpia** de um sistema, ΔH , definida como a diferença entre suas entalpias final (H_f) e inicial (H_i): $\Delta H = H_f - H_i$.

Na ocorrência de um processo **exotérmico**, à pressão constante, a entalpia final do sistema é menor que a inicial (Fig. 1), devido à saída de energia (como calor). Nesse processo, a **variação de entalpia** do sistema é **negativa**:

$$H_f < H_i \Rightarrow \Delta H = H_f - H_i < 0 \quad \text{Processo exotérmico}$$

Ao contrário, se acontecer um processo **endotérmico**, à pressão constante, a entalpia final do sistema é maior que a inicial (Fig. 2), pois ele recebe energia do ambiente. Então, a **variação de entalpia** do sistema é **positiva**:

$$H_f > H_i \Rightarrow \Delta H = H_f - H_i > 0 \quad \text{Processo endotérmico}$$

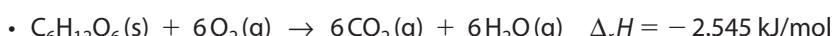
Assim, o módulo de ΔH corresponde à quantidade de calor trocado por um sistema em um processo à pressão constante, e o sinal de ΔH informa se o processo é **exotérmico** ($\Delta H < 0$) ou **endotérmico** ($\Delta H > 0$). O valor de ΔH é indicado à direita da equação do processo. Exemplos (na pressão de 100 kPa) são:



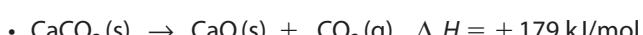
A solidificação de um mol de água, à pressão constante, libera 6,01 kJ de energia (em que $\text{kJ} = \text{quilojoule} = 10^3 \text{ J}$).



A fusão de um mol de água, à pressão constante, absorve 6,01 kJ.



A combustão de um mol de glicose, à pressão constante, libera 2,545 kJ.



A decomposição de um mol de CaCO_3 , à pressão constante, absorve 179 kJ.

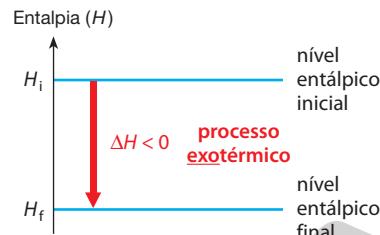


Figura 1 Diagrama de entalpia genérico para um processo **exotérmico**. Um diagrama de entalpia é uma representação com um eixo vertical no qual se representa, por meio de linhas horizontais, a entalpia (H) de um ou mais sistemas de interesse.

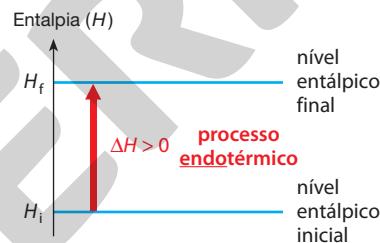


Figura 2 Diagrama de entalpia genérico para um processo **endotérmico**.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

A unidade kJ/mol (ou $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) deve ser interpretada como **quilojoule por mol do processo equacionado**, ou seja, considerando que os **coeficientes** da equação representam as **quantidades em mol** envolvidas no processo.

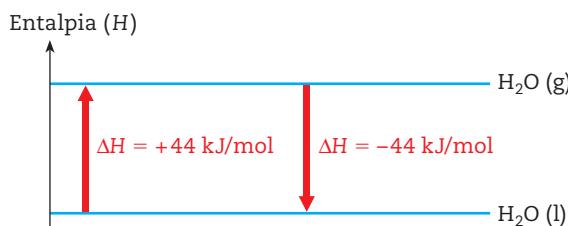
As simbologias usadas no texto ao lado seguem a recomendação atual da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada):

- $\Delta_{\text{solid}}H$: variação, no processo de solidificação, da entalpia.
- $\Delta_{\text{fus}}H$: variação, no processo de fusão, da entalpia.
- Δ_rH : variação, na reação química, da entalpia.

Pode ocorrer, ao consultar algumas fontes de informação, de você encontrar representações usadas anteriormente (ΔH_{solid} , ΔH_{fus} e ΔH_r).



- Se um algodão molhado com água for esfregado nas costas da mão e, em seguida, soprarmos a pele úmida, que sensação teremos no local? Faça o experimento para se certificar. Como esse acontecimento pode ser explicado, fundamentando-se nos conceitos de mudança de fase e de transferência de calor?
- Talhas e moringas de cerâmica, que contenham água e estejam em um recinto a 25 °C, apresentarão temperatura ligeiramente inferior à desse ambiente. Sabendo que a água é capaz de impregnar a cerâmica e chegar, em pequena quantidade, até o lado externo, proponha uma explicação para o fato relatado, relacionando-o à atividade anterior.
- Analise o seguinte diagrama de entalpia:



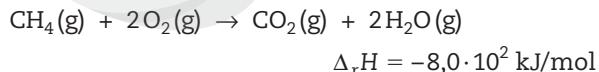
- Explique o significado das setas nele indicadas.
- Represente os dois processos físico-químicos por meio de equações acompanhadas de seus respectivos valores de variação de entalpia.
- Considerando as forças atrativas entre moléculas de água (interações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio), explique por que um desses processos é endotérmico e o outro é exotérmico.

- Considere os dois processos assim equacionados:



- Represente-os em um diagrama de entalpia.
- Considerando que a massa molar da água é 18 g/mol, qual é a quantidade de calor necessária para fundir 1,0 g de gelo?
- Que relação pode ser estabelecida entre a resposta do item b e o conceito de calor específico latente de fusão (L_f), estudado no Capítulo 4?

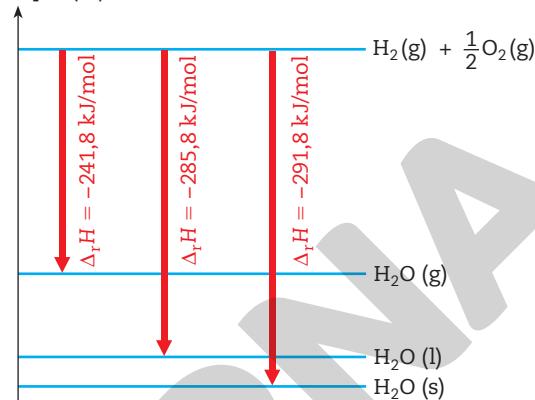
- Um grupo de engenheiros planeja adaptar caldeiras para funcionarem com gás metano produzido a partir da decomposição do lixo orgânico. A combustão do metano é assim equacionada:



Eles precisam fazer uma estimativa da massa de metano que deve ser queimada para fornecer 16 MJ (1 M = 1 mega = 10^6) de energia para aquecer determinada quantidade de água em um processo industrial. Explique como essa previsão pode ser realizada.

- O seguinte diagrama de entalpia refere-se a três reações químicas realizadas sob as mesmas condições de pressão e temperatura (100 kPa e 25 °C). Equacione cada uma das três reações e explique a razão da diferença de Δ_rH nos três casos.

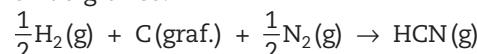
Enthalpia (H)



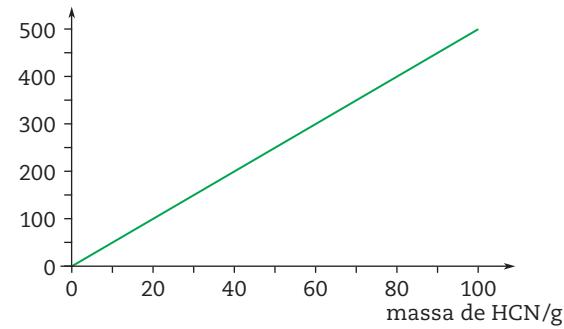
- Considere as equações das combustões de carbono grafite e carbono diamante e seus respectivos valores de Δ_rH , apresentados a seguir, referentes a 100 kPa e 25 °C. Represente esses dados em um diagrama de entalpia e conclua, fundamentado nele, qual das duas variedades alotrópicas do elemento químico carbono (grafite ou diamante) tem maior conteúdo entálpico.
- | | |
|--|-------------------------------------|
| $C(\text{graf.}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ | $\Delta_rH = -391,6 \text{ kJ/mol}$ |
| $C(\text{diam.}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ | $\Delta_rH = -393,5 \text{ kJ/mol}$ |
- Explique, com base na atividade anterior, como determinar a variação de entalpia (a 100 kPa e 25 °C) da reação de conversão de grafite em diamante, assim equacionada:



- Para a reação equacionada a seguir, foi elaborado um gráfico do calor absorvido (a 100 kPa e 25 °C) em função da massa de produto formada. Explique como o valor de Δ_rH para essa reação (em kJ/mol), referente a 100 kPa e 25 °C, pode ser determinado a partir do gráfico.



calor absorvido/kJ



2. Variação de entalpia-padrão e lei de Hess

Valores de ΔH de muitas reações já foram determinados experimentalmente em equipamentos denominados **calorímetros** (Fig. 3).

Para expressar de modo completo o valor de ΔH obtido em laboratório referente a uma reação, devem constar da representação: a equação química com os coeficientes estequiométricos adequados, a fase em que se encontra cada um dos participantes, a variedade alotrópica (quando for o caso), a temperatura e a pressão em que o processo foi realizado e o valor do ΔH .

Por exemplo, para a combustão de carbono grafite:



Veremos, ao longo deste capítulo, que ter à disposição para consulta uma lista de valores de ΔH para diferentes reações é importante para realizar previsões úteis. Cientistas usam tais previsões para comparar combustíveis quanto à energia que fornecem por unidade de massa ou volume, prever quanto se deve fornecer de energia para que determinados processos ocorram ou se há necessidade de manter certos sistemas refrigerados durante reações exotérmicas para que o calor liberado não provoque acidentes. Ao empregarmos informações tabeladas, precisamos saber a que condições experimentais elas se referem, para que possamos decidir a que condições as previsões feitas a partir delas se aplicam.

Para facilitar o referenciamento dos dados termoquímicos, foi criado o conceito de **estado-padrão**, ou **condições-padrão**, de uma substância, que corresponde a essa substância, pura, na pressão de 100 kPa (isto é, 1 bar) e em uma temperatura de interesse, geralmente (mas não obrigatoriamente) escolhida como sendo 25 °C. (Não confunda essa definição com a expressão *condições ambientes*, que designa 25 °C e 1 atm.) Quando um valor de ΔH se refere a reagentes e produtos no estado-padrão, é denominado **variação de entalpia-padrão** e simbolizado por ΔH^\ominus , em que o símbolo “ \ominus ” sobreescrito faz referência ao estado-padrão. Por exemplo:



Em algumas publicações, emprega-se o símbolo de grau (ΔH°) no lugar do caractere “ \ominus ”. Neste livro, utilizaremos a representação ΔH^\ominus .

Anteriormente, a definição de estado-padrão envolvia a pressão de 1 atm (101,3 kPa) em vez de 100 kPa. Por isso, algumas fontes de informação ainda apresentam tabelas de ΔH^\ominus a 1 atm. Isso não traz inconvenientes práticos para uso dos dados no Ensino Médio, pois essa variação de 1,3% na pressão não afeta significativamente os valores de entalpia. Contudo, em trabalhos técnicos ou científicos de precisão, deve-se levar em conta dados referentes a 100 kPa.

Há reações para as quais a determinação experimental do ΔH é difícil; algumas são explosivas, outras são muito lentas, têm rendimento muito baixo ou são acompanhadas de reações concorrentes (reações indesejáveis que ocorrem simultaneamente e consomem os reagentes). Contudo, às vezes é possível prever o ΔH de uma reação sem realizá-la. A **lei de Hess**, enunciada por Germain Henri Hess (1802-1850), possibilita fazer essa previsão. Ela enuncia que o ΔH de uma reação é igual à soma dos valores de ΔH das etapas em que ela pode ser desmembrada, ainda que tal desmembramento seja apenas teórico (Fig. 4).

Colocando de outra maneira, a lei de Hess permite que trabalhemos com equações termoquímicas como equações matemáticas. Ao somarmos equações, o ΔH resultante será igual à soma dos valores de ΔH das etapas somadas. Às vezes, precisamos inverter uma equação, trocando reagentes e produtos de lugar e alterando o sinal do ΔH (pois endotérmica vira exotérmica, e vice-versa). Além disso, frequentemente necessitamos multiplicar uma equação por certo número, o que pode ser feito desde que também multipliquemos o ΔH por esse número. No item a seguir, exemplificaremos o uso da lei de Hess.

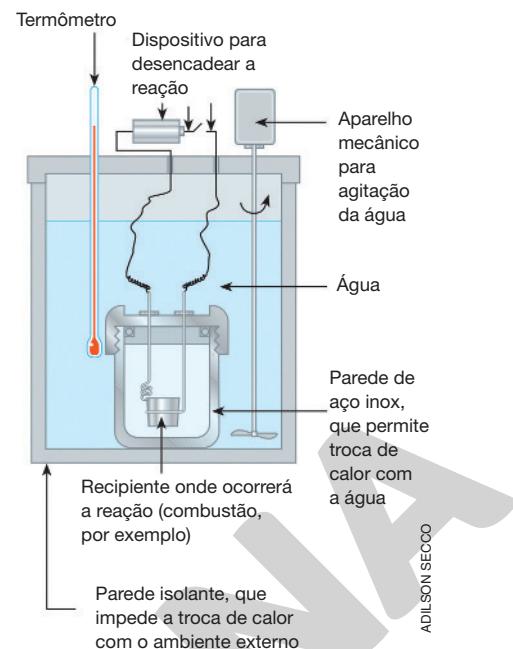
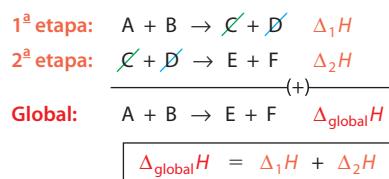


Figura 3 Esquematização (em corte) de um calorímetro, em que se pode realizar processos endo ou exotérmicos. Nesses processos, a energia é absorvida da água contida no calorímetro ou liberada para ela. A mudança de temperatura da água é registrada e usada para calcular a quantidade de energia envolvida no processo. Os calorímetros são projetados e construídos de modo a tornar nula, ou praticamente nula, a transferência de calor entre o interior do equipamento e o ambiente externo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: ATKINS, P. W. et al. *Chemical principles, the quest for insight*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2013.

(A)



(B)

Entalpia (H)

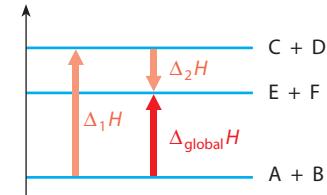


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

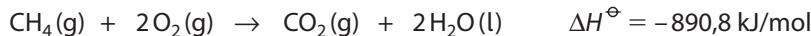
Figura 4 (A) Exemplo hipotético da soma de equações visando à determinação do ΔH da reação global. (B) Exemplo do respectivo diagrama de entalpia, também hipotético.

3. Entalpia-padrão de combustão

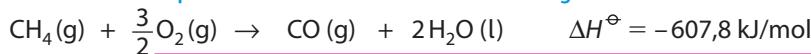
De modo bem genérico, **combustão** é a reação exotérmica de uma substância (**combustível**) com gás oxigênio (nesse contexto, denominado **comburente**) que ocorra em condições tais que o próprio calor liberado no processo seja suficiente para manter a ocorrência da reação.

A energia liberada nas combustões (que estava armazenada como energia química nos combustíveis) tem diversas aplicações: preparo de alimentos, iluminação, funcionamento de motores e aquecimento de materiais. Há três diferentes formas de combustão, cujo equacionamento exemplificamos a seguir usando o combustível metano (CH_4).

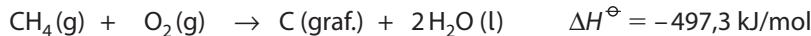
Combustão completa com formação de dióxido de carbono e água:



Combustão incompleta formando monóxido de carbono e água:



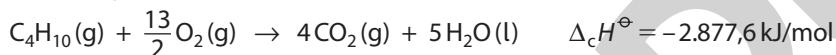
Combustão incompleta formando carbono grafite e água:



Além do produto contendo carbono (CO_2 , CO e C), note também a diferença na quantidade estequiométrica de oxigênio que reage. O maior consumo de O_2 se dá na combustão completa e o menor na incompleta, formando carbono.

Reações de **combustão completa** são, em geral, fáceis de realizar em calorímetros apropriados e, por isso, já foram medidos e tabelados muitos valores de ΔH^\ominus para esse tipo de reação (Tabela 1). Cada um desses valores é denominado (**variação de entalpia-padrão de combustão** e representado por $\Delta_c H^\ominus$.

Segue, como exemplo, o dado referente à combustão completa de 1 mol de butano (C_4H_{10}), um componente do gás de botijão:

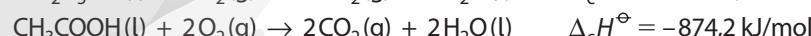


Quando essa reação é realizada em um fogão, a temperatura não se mantém em 25 °C, mas atinge valores suficientemente elevados para que a água produzida esteja em fase gasosa. Na equação acima, contudo, a água está indicada em fase líquida porque valores de $\Delta_c H^\ominus$ referem-se a **reagentes e produtos no estado-padrão e a 25 °C**.

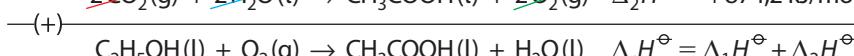
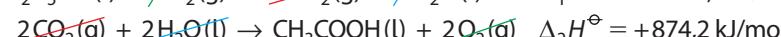
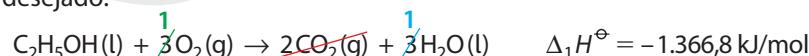
Usando a lei de Hess, valores de $\Delta_c H^\ominus$ podem ser empregados para determinar o ΔH^\ominus de outras reações químicas. Como exemplo, vamos calcular ΔH^\ominus para a reação de oxidação de etanol a ácido acético, que apresenta utilidade industrial (Fig. 5). Considerando o estado-padrão, a reação é assim equacionada:



Da tabela 1, obtemos os seguintes dados:



Usando a lei de Hess, podemos obter a equação desejada somando a primeira com o inverso da segunda (trocando o sinal do ΔH dessa etapa), chegando ao valor desejado:



$$\Delta_r H^\ominus = \Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus \quad \Rightarrow \quad \Delta_r H^\ominus = -492,6 \text{ kJ/mol}$$

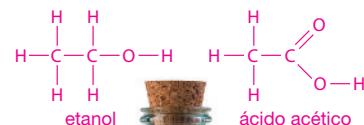
Retome que os coeficientes indicam a proporção entre mols consumidos e formados. No caso, a proporção é 1 : $\frac{3}{2}$: 1 : 2, que equivale a 2 : 3 : 2 : 4.

Tabela 1 Entalpia-padrão de combustão, $\Delta_c H^\ominus$, de algumas substâncias, a 25 °C e 100 kPa.

| Substância | $\Delta_c H^\ominus$ (kJ/mol) |
|--|-------------------------------|
| $\text{H}_2(\text{g})$ | -285,8 |
| $\text{C}(\text{graf.})$ | -393,5 |
| $\text{CO}(\text{g})$ | -283,0 |
| $\text{CH}_4(\text{g})$ (metano) | -890,8 |
| $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ (etino) | -1.301,1 |
| $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ (etenô) | -1.411,2 |
| $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ (etano) | -1.560,7 |
| $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$ (propano) | -2.219,2 |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$ (butano) | -2.877,6 |
| $\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{l})$ (pentano) | -3.509,0 |
| $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$ (benzeno) | -3.267,6 |
| $\text{C}_6\text{H}_{14}(\text{l})$ (hexano) | -4.163,2 |
| $\text{C}_7\text{H}_{16}(\text{l})$ (heptano) | -4.817,0 |
| $\text{CH}_2\text{O}_2(\text{l})$ (ácido fórmico) | -254,6 |
| $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{l})$ (ácido acético) | -874,2 |
| $\text{CH}_4\text{O}(\text{l})$ (metanol) | -726,1 |
| $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{l})$ (etanol) | -1.366,8 |
| $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}(\text{l})$ (acetona) | -1.789,9 |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}(\text{l})$ (éter dietílico) | -2.723,9 |

Fonte: HAYNES, W. M. (ed.). CRC handbook of Chemistry and Physics. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Se necessário, mostre as fórmulas estruturais planas (apresentadas a seguir) e, a partir delas, as representações resumidas e as fórmulas moleculares de etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) e ácido acético (CH_3COOH , $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$).



GRESEI SHUTTERSTOCK

Figura 5 O vinagre é produzido industrialmente a partir do etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) pela ação de enzimas de bactérias do gênero *Acetobacter*, que o transformam em ácido acético, ou ácido etanoico (CH_3COOH). O etanol usado pode ser proveniente da fermentação alcoólica de carboidratos obtidos de diferentes plantas. A palavra vinagre vem do latim *vinum*, "vinho", e *acris*, "azedo".

4. Petróleo

Segundo uma das teorias mais aceitas, a formação do **petróleo** (do latim *petra*, “pedra”, e *oleum*, “óleo”) começou há milhões de anos, quando restos de pequenos organismos se depositaram no fundo de mares. Esses restos foram lentamente cobertos por sedimentos que, com o passar do tempo (na longa escala geológica), se transformaram em rochas sedimentares, como calcário e arenito.

Ao longo de milhões de anos, submetidos a alta pressão, alta temperatura e ausência de oxigênio, os restos dos organismos passaram por complexas reações químicas e originaram um líquido viscoso, castanho ou preto, que é uma mistura de centenas de substâncias. Entre elas, predominam **hidrocarbonetos**, substâncias orgânicas constituídas apenas dos elementos químicos carbono e hidrogênio. Também há pequenas quantidades de substâncias orgânicas com enxofre, oxigênio ou nitrogênio e de algumas substâncias inorgânicas.

Devido às circunstâncias em que foi formado, o petróleo é encontrado nos poros (orifícios) da estrutura de certas rochas sedimentares em regiões continentais e oceânicas. Geralmente está acompanhado de uma mistura de gases altamente combustível, chamada **gás natural**, e de água salgada (do antigo mar aí existente).

O petróleo extraído das jazidas (Fig. 6), chamado de **petróleo (ou óleo) cru**, é enviado a instalações industriais apropriadas, as **refinarias de petróleo**, nas quais é possível separar esses vários componentes em grupos, denominados **frações do petróleo**. Essa separação, chamada **refino ou fracionamento** do petróleo, é feita em **colunas de fracionamento**, grandes tubos verticais de aço que servem para realizar **destilação fracionada** (Fig. 7). Nessa técnica, petróleo cru aquecido é injetado na parte inferior da coluna (a parte mais quente dela), e os vapores dos componentes sobem por tubos internos que interligam sucessivas bandejas horizontais. À medida que sobem, os vapores esfriam gradualmente até se condensarem em uma das bandejas, da qual escoam para fora da coluna por dutos laterais.

Algumas frações do petróleo, faixa de temperatura aproximada em que destilam (há sobreposição entre algumas delas) e suas aplicações são:

- gás (< 30 °C) – mistura de hidrocarbonetos C₃–C₄ (isto é, com 3 a 4 átomos de carbono) usada como combustível para fogões e aquecedores e comercializada como GLP, gás liquefeito de petróleo;
- nafta leve (30–85 °C) – solvente e matéria-prima industrial;
- gasolina (30–200 °C) – mistura de hidrocarbonetos C₆–C₁₀, empregada como combustível em veículos;
- nafta pesada (85–200 °C) – solvente e matéria-prima industrial;
- querosene (170–270 °C) – combustível e matéria-prima industrial;
- gasóleo leve (180–340 °C) – inclui o óleo *diesel* empregado em motores de caminhões, ônibus, tratores e geradores elétricos de emergência;
- gasóleo pesado (315–425 °C) – inclui óleo *diesel* e óleos lubrificantes leves;
- lubrificantes (> 400 °C) – ampla fração cuja separação posterior fornece óleos de diferentes viscosidades para lubrificação, graxas e vaselinhas;
- resíduo (> 540 °C) – fração escura e pegajosa, conhecida como piche ou betume, usada, em mistura com pedras, para pavimentação de ruas (asfalto).

Nas refinarias, são realizadas diversas destilações fracionadas em diferentes colunas, separando as frações iniciais em outras com menos componentes. Em alguns casos, chega-se a isolar uma única substância de interesse.

As **indústrias petroquímicas** utilizam substâncias provenientes do petróleo como reagentes em reações químicas que as transformam em outras, empregadas em grande diversidade de produtos, como plásticos, tecidos, fármacos, perfumes, colas, borrachas, couros sintéticos, espumas, inseticidas, corantes e tintas. Os avanços da petroquímica nos últimos 150 anos se devem ao trabalho de muitos pesquisadores atuando em todo o mundo (exemplos nas Figuras 8 e 9).

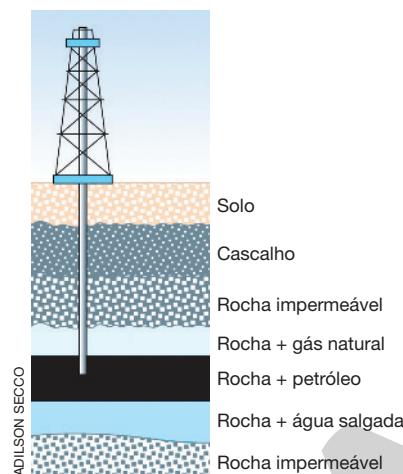


Figura 6 Esquema da exploração de jazida petrolífera no continente. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: PETROBRAS. *O petróleo e a Petrobras*. Rio de Janeiro: Petrobras, s.d.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Há diversos esquemas interessantes na internet sobre a estrutura interna de uma coluna de destilação fracionada de petróleo. Dê uma busca de imagens por *coluna de fracionamento de petróleo* e analise-os detalhadamente.

Os valores de corte usados para as diversas frações variam na literatura. Os dados aqui apresentados foram compilados de COKER, A. K. *Petroleum refining design and applications handbook*. Hoboken: Wiley, 2018. v. 1; HSU, C. S.; ROBINSON, P. R. *Petroleum science and technology*. Cham: Springer, 2019.



Figura 7 Refinaria de petróleo (Paulínia, SP, 2018), instalação que emprega colunas de destilação fracionada e diversos outros equipamentos, alguns deles também em formato de colunas. Nas colunas de fracionamento, cada fração destila em uma diferente faixa de temperaturas. Quanto mais para cima uma fração é destilada, menores são as temperaturas de ebulição de seus componentes.



Figura 8 A química Yulia (ou Julia) Lermontova (1846-1919), primeira mulher russa a obter o título de doutora (Ph. D.) em Química. Foi pesquisadora em laboratórios importantes da época, como os de Robert Bunsen, August von Hofmann e Vladimir Markovnikov. Entre outras contribuições, foi a primeira a sintetizar diversos hidrocarbonetos ramificados, posteriormente empregados por outros pesquisadores no estudo da eficiência de combustíveis em motores.

COURTESY OF "SOCIETY OF WOMEN ENGINEERS COLLECTION, WALTER P. REUTHER LIBRARY



Figura 9 A química italiana Giuliana Cavagliere Tesoro (1921-2002), em foto de 1978. Doutora em Química Orgânica, destacou-se no aprimoramento da qualidade de fibras têxteis (usadas para fazer tecidos), obtendo 125 patentes nessa área. Entre outros projetos, desenvolveu variedades de fibras têxteis com baixa inflamabilidade, visando minimizar riscos ao usuário em caso de eventual contato do tecido com chamas ou faíscas elétricas.

Dialogando com o texto

A seu critério, proponha a realização em grupo. Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

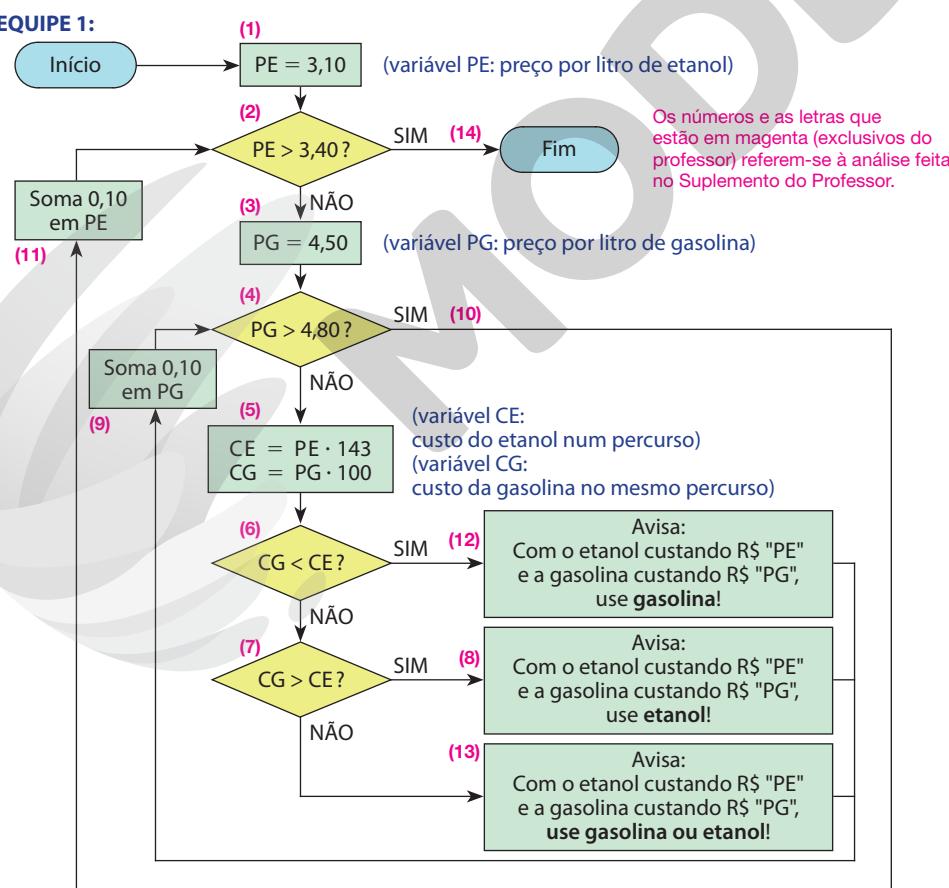
Uma professora pediu que seus alunos elaborassem um algoritmo para software para ajudar proprietários de veículo bicompostível etanol/gasolina a decidir qual opção é mais econômica.

Ela disse: (1) considere que, na nossa região, o preço por litro de combustível varia, a intervalos de 10 centavos, de R\$ 3,10 a R\$ 3,40 para etanol e de R\$ 4,50 a 4,80 para gasolina; (2) a equivalência entre os combustíveis depende do veículo e pode ser deduzida dos dados do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular, do INMETRO; (3) para efeito de raciocínio, considere os dados de certo veículo com selo CONPET de eficiência energética (do Programa Brasileiro de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural), para o qual 143 L de etanol equivalem a 100 L de gasolina, ou seja, esses volumes possibilitam percorrer um mesmo percurso (mesma distância).

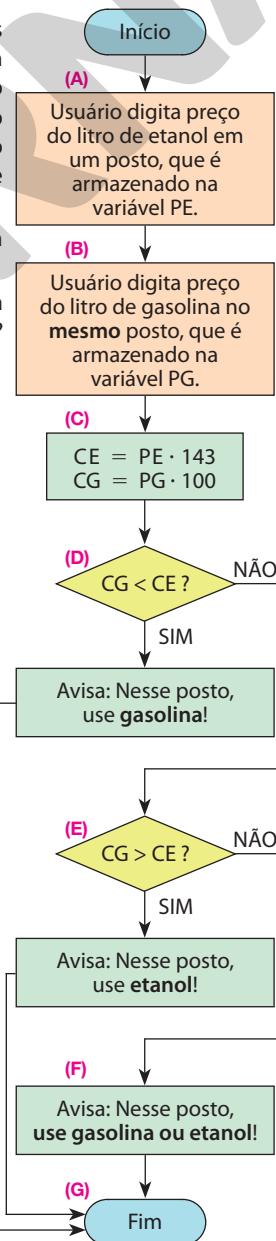
Analise os fluxogramas das algoritmos de duas equipes, aqui mostrados, e determine qual será a saída (resultado fornecido) de cada um. Qual apresenta a melhor solução? Por quê?

Que alterações devem ser feitas em cada um, no caso de flutuação dos preços para fora da faixa dada pela professora? E no caso de considerar um veículo com outra equivalência etanol/gasolina?

EQUIPE 1:



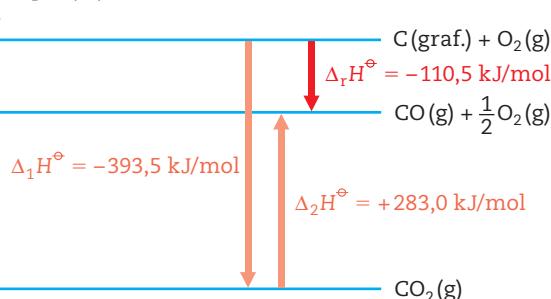
EQUIPE 2:





- 10.** A lei de Hess é de grande relevância na termoquímica, e diagramas de entalpia auxiliam em sua compreensão. Considere o diagrama a seguir, referente às condições-padrão, a 25 °C:

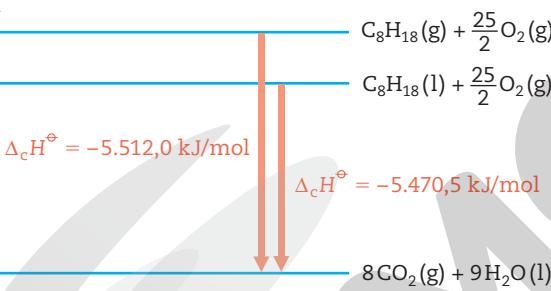
Entalpia (H)



- a) Equacione as reações químicas associadas a Δ_1H^\ominus , Δ_2H^\ominus e Δ_rH^\ominus .
b) Demonstre que a soma das equações às quais se referem Δ_1H^\ominus e Δ_2H^\ominus resulta na equação global, e também que $\Delta_1H^\ominus + \Delta_2H^\ominus = \Delta_rH^\ominus$.

- 11.** O octano (C_8H_{18}) é um dos muitos componentes da gasolina. O diagrama a seguir ilustra os valores de entalpia de combustão para o octano gasoso e para o octano líquido. Explique como é possível, a partir dele, determinar o valor da entalpia-padrão de vaporização do octano ($\Delta_{\text{vap}}H^\ominus$).

Entalpia (H)



- 12.** Dizer que choveu x mm significa dizer que, se a água da chuva não escorresse, não se infiltrasse e não evaporasse, ela formaria uma camada de x mm de espessura sobre o chão plano. Considere a ocorrência de uma precipitação pluviométrica de 1,0 mm, homogeneamente distribuída sobre toda a área urbana de Curitiba (PR), que é 320 km².

- a) Faça uma estimativa da energia liberada na condensação de vapor de água para a ocorrência dessa chuva, considerando o dado:



- b) Consulte a Tabela 1 e determine quantas toneladas de etanol liberariam, na combustão completa, energia igual à liberada na condensação do vapor de água, calculada no item a.

(Surpreso com a resposta? Por aí, pode-se perceber a grande quantidade de energia envolvida em fenômenos atmosféricos.)

- 13.** A termoquímica possibilita a comparação da energia fornecida por diferentes combustíveis, por mol ou por unidade de massa ou de volume.

Entalpia-padrão de combustão, Δ_cH^\ominus , a 25 °C (kJ/mol)

| | |
|------------------------|--------|
| Hidrogênio, $H_2(g)$ | -286 |
| Metano, $CH_4(g)$ | -891 |
| Octano, $C_8H_{18}(l)$ | -5.471 |
| Metanol, $CH_3OH(l)$ | -726 |
| Etanol, $C_2H_5OH(l)$ | -1.367 |

Sinal de descontinuidade na barra, devido ao valor elevado do dado correspondente a ela.

Densidade, a 100 kPa e 25 °C (g/mL)

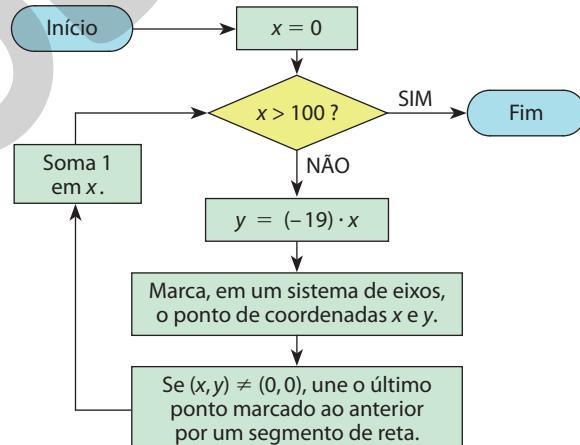
| | |
|------------------------|-------------------|
| Hidrogênio, $H_2(g)$ | $8 \cdot 10^{-5}$ |
| Metano, $CH_4(g)$ | $7 \cdot 10^{-4}$ |
| Octano, $C_8H_{18}(l)$ | 0,7 |
| Metanol, $CH_3OH(l)$ | 0,8 |
| Etanol, $C_2H_5OH(l)$ | 0,8 |

Fonte: HAYNES, W. M. (ed.). CRC handbook of Chemistry and Physics. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Empregando os dados acima, demonstre qual desses combustíveis libera maior quantidade de energia quando a comparação é feita:

- a) por mol; b) por grama; c) por mililitro.

- 14.** Uma equipe de estudantes elaborou o seguinte algoritmo, que indica os passos que poderiam ser programados em um computador para que ele exibisse, em tela, um gráfico da variação de entalpia (em kJ), nas condições-padrão e a 25 °C, da combustão completa do formaldeído (CH_2O) líquido, expresso no eixo y , em função da massa de formaldeído (em g), expressa no eixo x .



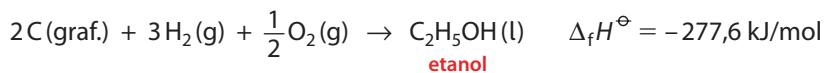
- a) Analise o algoritmo e esboce o gráfico que, conforme as instruções, será mostrado em tela.
b) Explique como, a partir do algoritmo (ou do gráfico), é possível determinar a entalpia-padrão de combustão (Δ_cH^\ominus) do formaldeído líquido e realize essa determinação.
c) Que adaptações devem ser feitas no algoritmo para que resulte dele um gráfico similar, mas para o acetaldeído (C_2H_4O) líquido, cuja entalpia-padrão de combustão (Δ_cH^\ominus) é -1.166 kJ/mol?

5. Entalpia-padrão de formação

Outra grandeza bastante relevante para realizar previsões termoquímicas é a (**variação de entalpia-padrão de formação**) de uma substância (Tabela 2), representada por $\Delta_f H^\ominus$ e conceituada como o ΔH^\ominus para a reação de formação de 1 mol dessa substância exclusivamente a partir de reagentes que sejam substâncias simples, todas no estado-padrão, na fase (sólida, líquida ou gasosa) mais estável nessas condições e na variedade alotrópica adotada como referência.

As variedades alotrópicas de referência para os elementos químicos carbono, oxigênio, enxofre e fósforo são, respectivamente, grafite, gás oxigênio, enxofre rômbico e fósforo branco. Foi escolhida como referência a variedade alotrópica mais estável no estado-padrão, exceto no caso do elemento químico fósforo, porque o fósforo branco, $P_4(s)$, apesar de menos estável que o fósforo vermelho, $P(\text{verm.})$, é a variedade alotrópica mais reproduzível em laboratório.

Dentro dessas considerações, seguem alguns exemplos de reações de formação de algumas substâncias (os valores de $\Delta_f H^\ominus$ foram obtidos na Tabela 2):

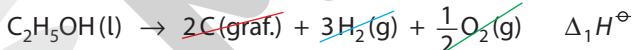


Uma consequência da definição de entalpia-padrão de formação é que $\Delta_f H^\ominus$ é nulo para substâncias simples que estejam no estado-padrão, na fase mais estável nessas condições e na variedade alotrópica de referência. A razão dessa nulidade é que, em processos como $H_2(g) \rightarrow H_2(g)$, $C(\text{graf.}) \rightarrow C(\text{graf.})$ ou $O_2(g) \rightarrow O_2(g)$, não há reação química e, portanto, $\Delta_f H^\ominus$ é zero. Ao contrário, nas reações de formação de diamante ou de ozônio, por exemplo, o valor de $\Delta_f H^\ominus$ não é nulo porque, nesses casos, ocorre uma transformação química.

Dispondo de valores tabelados de $\Delta_f H^\ominus$ dos reagentes e produtos de uma reação, podemos determinar o ΔH^\ominus dessa reação. Para exemplificar, consideremos novamente a oxidação de etanol a ácido acético:



Invertendo a equação da formação do etanol (e trocando o sinal de seu ΔH^\ominus) e somando-a com as equações de formação do ácido acético e da água:



$$\Delta_r H^\ominus = \Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus + \Delta_3 H^\ominus = (+277,6 - 484,3 - 285,8) \text{ kJ/mol}$$

$\Delta_r H^\ominus = -492,5 \text{ kJ/mol}$ (Compare com o resultado obtido no Item 3!)

A determinação de valores de $\Delta_f H^\ominus$ (Fig. 10) e seu tabelamento possibilitam calcular o $\Delta_r H^\ominus$ de reações, que também pode ser realizado por meio da seguinte expressão, que é uma generalização do raciocínio exposto acima:

$$\Delta_r H^\ominus = \left[\sum \nu \cdot \Delta_f H^\ominus \right]_{\text{produtos}} - \left[\sum \nu \cdot \Delta_f H^\ominus \right]_{\text{reagentes}}$$

em que Σ (letra grega *sigma* maiúscula) indica somatória e ν (letra grega *ni* minúscula) indica o coeficiente estequiométrico de cada participante.

Tabela 2 Entalpia-padrão de formação, $\Delta_f H^\ominus$, de algumas substâncias, a 25 °C e 100 kPa.

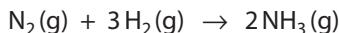
| Substância | $\Delta_f H^\ominus$ (kJ/mol) |
|--|-------------------------------|
| H ₂ (g) | 0,0 |
| H ₂ O(l) | - 285,8 |
| H ₂ O ₂ (l) | - 187,8 |
| C(grafite) | 0,0 |
| C(diamante) | + 1,9 |
| CO(g) | - 110,5 |
| CO ₂ (g) | - 393,5 |
| CH ₄ (g) (metano) | - 74,6 |
| C ₂ H ₂ (g) (etino) | + 227,4 |
| C ₂ H ₄ (g) (etenó) | + 52,4 |
| C ₂ H ₆ (g) (etano) | - 84,0 |
| C ₃ H ₈ (g) (propano) | - 103,8 |
| C ₄ H ₁₀ (g) (butano) | - 125,7 |
| CH ₂ O ₂ (l) (ácido fórmico) | - 425,0 |
| C ₂ H ₄ O ₂ (l) (ácido acético) | - 484,3 |
| CH ₄ O(l) (metanol) | - 239,2 |
| C ₂ H ₆ O(l) (etanol) | - 277,6 |
| N ₂ (g) | 0,0 |
| NH ₃ (g) | - 45,9 |
| NO(g) | + 91,3 |
| NO ₂ (g) | + 33,2 |
| N ₂ O(g) | + 81,6 |
| N ₂ O ₄ (g) | + 11,1 |
| O ₂ (g) | 0,0 |
| O ₃ (g) | + 142,7 |
| Al(s) | 0,0 |
| Al ₂ O ₃ (s) | - 1.675,7 |
| S(rômbico) | 0,0 |
| S(monoclínico) | + 0,3 |
| SO ₂ (g) | - 296,8 |
| SO ₃ (g) | - 395,7 |
| P ₄ (s) (branco) | 0,0 |
| P(s) (vermelho) | - 17,6 |
| Fe(s) | 0,0 |
| FeO(s) | - 272,0 |
| Fe ₂ O ₃ (s) | - 824,2 |

Fonte: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 92. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.

6. Entalpia média de ligação

No Capítulo 7, comentamos que, apesar de o gás nitrogênio, N₂(g), perfazer cerca de 79% do volume atmosférico, a maioria dos seres vivos não utiliza diretamente o N₂ para a síntese de compostos nitrogenados necessários ao metabolismo. Apenas algumas poucas espécies de organismos unicelulares têm enzimas que possibilitam incorporar átomos de nitrogênio do N₂ em suas moléculas orgânicas, fenômeno conhecido como fixação do nitrogênio.

As indústrias de fertilizantes químicos empregam processos não naturais para incorporar o nitrogênio do ar em compostos. A principal rota usada é a transformação de N₂(g) (do ar) e do H₂(g) (obtido como subproduto da indústria petroquímica ou por eletrólise da água) em amônia, NH₃(g), empregada, por sua vez, como matéria-prima para ácido nítrico, HNO₃. Tanto NH₃ como HNO₃ são reagentes industriais para produzir compostos usados em fertilizantes, como NH₄NO₃, KNO₃ e CH₄N₂O (ureia). A primeira etapa dessa sequência industrial é a produção de amônia por meio da reação assim equacionada:



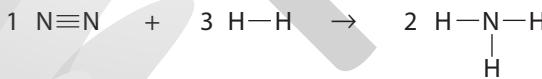
Vamos utilizar essa reação como exemplo da utilidade de outro método para estimar o Δ_rH de uma reação.

Denomina-se **entalpia de ligação**, ou **energia de ligação**, a variação de entalpia da reação em que um mol de ligações é quebrado, estando o reagente e os produtos dessa quebra no estado gasoso. Se determinada ligação existe em moléculas de várias substâncias (não apenas de uma), calcula-se e tabela-se o valor médio de medidas realizadas com moléculas de diversas dessas substâncias, sendo esse resultado a **entalpia média de ligação** (Tabela 3), ou **energia média de ligação**, que representaremos por Δ_LH.

Os valores de entalpia média de ligação são **positivos** porque a **ruptura** de uma ligação covalente é um processo **endotérmico**. Já a reação inversa, a formação dessa mesma ligação covalente a partir dos produtos gerados em seu rompimento, em fase gasosa, é **exotérmica**, liberando a energia que foi absorvida na ruptura. Para exemplificar, considere a ligação H—Cl:



Utilizando entalpias médias de ligação, podemos calcular o Δ_rH de uma reação em fase gasosa, dividindo-a teoricamente em uma **etapa de ruptura de ligações**, endotérmica (Δ_{ruptura}H > 0), e outra **etapa de formação de ligações**, exotérmica (Δ_{formação}H < 0). Por fim, somamos essas duas parcelas e obtemos Δ_rH. Vamos, então, exemplificar com a síntese da amônia:



Considerando que os coeficientes representam quantidades em mols, temos as seguintes ligações a serem **rompidas**:

$$\begin{aligned} \cdot 1 \text{ mol de ligações N}\equiv\text{N:} & \quad +944 \text{ kJ} \\ \cdot 3 \text{ mol de ligações H—H:} & \quad +3 \cdot (436) \text{ kJ} \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad \Delta_{\text{ruptura}}H = +2.252 \text{ kJ}$$

e as seguintes ligações a serem **formadas**:

$$\cdot 6 \text{ mol de ligações N—H:} \quad -6 \cdot (388) \text{ kJ} \quad \left. \right\} \quad \Delta_{\text{formação}}H = -2.328 \text{ kJ}$$

Somando essas duas parcelas, chegamos a Δ_rH = -76 kJ/mol como uma **estimativa** para a variação de entalpia da síntese da amônia.

Esse método fornece resultados úteis, porém **aproximados**, já que muitos dos valores da Tabela 3 expressam a média da entalpia de ligação em diferentes compostos. Além disso, as moléculas de reagentes e de produtos são supostas isoladas em fase gasosa, condição em que não se considera o efeito que interações intermoleculares possam ter sobre os valores de variação de entalpia.



Figura 10 A química estadunidense Reatha Clark King (nascida em 1938, em foto de 1987) tornou-se mestra em Química aos 22 anos e doutora (Ph.D.) aos 25 anos, na área de termoquímica. Foi a primeira química afrodescendente a trabalhar no National Bureau of Standards (atual National Institute of Standards and Technology), no qual realizou pesquisas relevantes para o projeto espacial da Nasa, entre elas a determinação de entalpias-padrão de compostos de flúor, como o OF₂, extremamente oxidante e corrosivo.

Tabela 3 Entalpia média de ligação, Δ_LH, em kJ/mol.

| Ligação | Δ _L H | Ligação | Δ _L H |
|---------|------------------|---------|------------------|
| H—H | 436* | C—H | 412 |
| O—O | 157 | C—C | 348 |
| O=O | 496* | C=C | 612 |
| N—N | 163 | C≡C | 837 |
| N=N | 409 | C—O | 360 |
| N≡N | 944* | C=O | 743 |
| F—F | 158* | C—N | 305 |
| Cl—Cl | 242* | C—F | 484 |
| Br—Br | 193* | C—Cl | 338 |
| I—I | 151* | C—Br | 276 |
| H—F | 565* | C—I | 238 |
| H—Cl | 431* | O—H | 463 |
| H—Br | 366* | N—H | 388 |
| H—I | 299* | N—O | 210 |

* Valor referente à molécula biatômica em que ocorre a ligação. Nos demais casos, o valor é uma média dos valores em moléculas nas quais existe a ligação mencionada.

Fonte: ATKINS, P. W. et al. *Chemical principles, the quest for insight*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2013.



15. A química Reatha Clark King (Figura 10 deste capítulo) determinou uma série de dados termoquímicos relevantes, entre eles a entalpia-padrão de formação do $\text{OF}_2(\text{g})$, a 25°C : $\Delta_f H^\ominus(\text{OF}_2(\text{g})) = +24,5 \text{ kJ/mol}$.

Proponha uma equação química que descreva corretamente o processo de formação referente a esse valor e represente-o em um diagrama de entalpia.

16. Uma das principais utilidades das entalpias-padrão de formação é a determinação do $\Delta_r H^\ominus$ de reações. Demonstre como usar os seguintes dados (a 25°C):

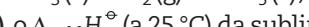
$$\Delta_f H^\ominus(\text{PCl}_3(\text{l})) = -319,7 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H^\ominus(\text{PCl}_5(\text{s})) = -443,5 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H^\ominus(\text{PCl}_5(\text{g})) = -374,9 \text{ kJ/mol};$$

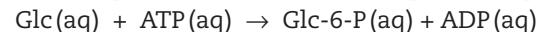
para determinar:

a) o $\Delta_r H^\ominus$ (a 25°C) da reação cuja equação é



b) o $\Delta_{\text{subl}} H^\ominus$ (a 25°C) da sublimação do pentacloreto de fósforo, $\text{PCl}_5(\text{s}) \rightarrow \text{PCl}_5(\text{g})$.

17. A primeira das dez etapas da glicólise (Capítulo 2) é a fosforilação da glicose, na qual esse açúcar (que representaremos por Glc) é transformado em glicose-6-fosfato (Glc-6-P) por reação com ATP, que se converte em ADP. A reação consiste na转移ência de um grupo fosfato do ATP para a glicose, e pode ser representada, de modo simplificado, por:



Um bioquímico consultou, em um manual, os seguintes dados de entalpia de formação, referentes a 25°C e ao estado-padrão adotado em Bioquímica:

$$\Delta_f H^\ominus(\text{Glc(aq)}) = -1.267 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H^\ominus(\text{Glc-6-P(aq)}) = -2.279 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H^\ominus(\text{ATP(aq)}) = -2.982 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H^\ominus(\text{ADP(aq)}) = -2.000 \text{ kJ/mol}.$$

Fonte: LUNDBLAD, R. L.; MACDONALD, F. M. (ed.). *Handbook of Biochemistry and Molecular Biology*. 5. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.

Explique como o bioquímico pode estimar, usando esses dados, a variação de entalpia da fosforilação da glicose ($\Delta_r H^\ominus$), realizada nas mesmas condições a que se referem os dados acima.

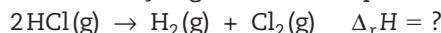
18. Uma estudante, que pretende cursar Engenharia Mecânica, leu que trilhos de trem trincados podem ser soldados usando a reação termite, cuja equação química (referente a 100 kPa e 25°C) é:



O calor liberado funde o ferro e este, quando esfria e solidifica, mantém soldadas as partes.

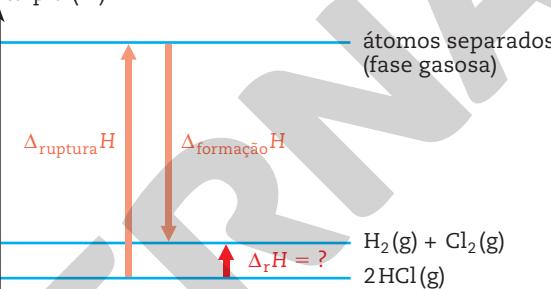
Para verificar se poderia ser verdade, ela calculou o $\Delta_r H^\ominus$ (por mol de reação), supôs que todo o calor fosse absorvido pelo ferro, e comparou com a energia necessária para aquecer o ferro de 25°C até a temperatura de fusão (1.538°C , a 100 kPa) e fundi-lo, que é 52 kJ/mol , segundo pesquisou. Reproduza os cálculos e conclua se é possível que a informação sobre a soldagem seja verdadeira.

19. Diagramas de entalpia auxiliam na compreensão do método usado para estimar o $\Delta_r H$ de uma reação por meio de entalpias de ligação. O diagrama a seguir ilustra o processo teórico de ruptura das ligações existentes nos reagentes, resultando átomos separados (em fase gasosa), e a subsequente formação das ligações existentes nos produtos, referindo-se à reação global assim equacionada:



Usando dados da Tabela 3, determine os valores de $\Delta_{\text{ruptura}} H$ e $\Delta_{\text{formação}} H$, indicados no gráfico, e utilize-os para justificar por que a reação de decomposição de HCl(g) em $\text{H}_2(\text{g})$ e $\text{Cl}_2(\text{g})$ é endotérmica.

Entalpia (H)



20. Elabore um diagrama de entalpia (similar ao da atividade anterior) para a reação utilizada como exemplo no Item 6 deste capítulo:



Explique por que, nesse caso, a reação é exotérmica (ao contrário do que ocorre na atividade anterior).

21. As entalpias médias de ligação permitem avaliar a força da ligação entre dois átomos.

a) Quanto mais forte a ligação entre dois átomos, espera-se que a entalpia média de ligação seja maior ou menor? Argumente.

b) Consulte a Tabela 3 e, com base em dados retirados dela, compare a força da ligação nas seguintes moléculas: HF, HCl, HBr e HI. Faça o mesmo com: F₂, Cl₂, Br₂ e I₂.

22. Você foi incumbido de fazer uma apresentação em sala, na qual usará o conceito de entalpia média de ligação para explicar por que **combustíveis** (como hidrocarbonetos derivados do petróleo) e **nutrientes energéticos** (como carboidratos e lipídios) liberam energia quando reagem, respectivamente, em **combustão** e **metabolização aeróbica**.

Esses compostos apresentam total ou predominantemente ligações C—H e C—C, e, nos processos mencionados, são transformados em CO₂ e H₂O, em que há ligações C=O e H—O, mais fortes.

Esboce (com textos, palavras e esquemas) como será sua apresentação. Utilize, como exemplo, a combustão completa do propano (C₃H₈), equacionando-a com fórmulas estruturais. Selecione os dados necessários e use argumentos adequados.

Conteúdo calórico, nutrição adequada e saúde

Faça de alimentos *in natura* ou minimamente processados a base de sua alimentação

Alimentos *in natura* ou minimamente processados, em grande variedade e predominantemente de origem vegetal, são a base de uma alimentação nutricionalmente balanceada, saborosa, culturalmente apropriada e promotora de um sistema alimentar socialmente e ambientalmente sustentável.

Utilize óleos, gorduras, sal e açúcar em pequenas quantidades ao temperar e cozinhar alimentos e criar preparações culinárias

Desde que utilizados com moderação em preparações culinárias com base em alimentos *in natura* ou minimamente processados, óleos, gorduras, sal e açúcar contribuem para diversificar e tornar mais saborosa a alimentação sem torná-la nutricionalmente desbalanceada.

Limite o uso de alimentos processados, consumindo-os, em pequenas quantidades, como ingredientes de preparações culinárias ou como parte de refeições baseadas em alimentos *in natura* ou minimamente processados

Os ingredientes e métodos usados na fabricação de alimentos processados – como conservas de legumes, compotas de frutas, queijos e pães – alteram de modo desfavorável a composição nutricional dos alimentos dos quais derivam.

Evite alimentos ultraprocessados

Devido a seus ingredientes, alimentos ultraprocessados – como biscoitos recheados, “salgadinhos de pacote”, refrigerantes e “macarrão instantâneo” – são nutricionalmente desbalanceados. Por conta de sua formulação e apresentação, tendem a ser consumidos em excesso e a substituir alimentos *in natura* ou minimamente processados. Suas formas de produção, distribuição, comercialização e consumo afetam de modo desfavorável a cultura, a vida social e o meio ambiente.

A regra de ouro. Prefira sempre alimentos *in natura* ou minimamente processados e preparações culinárias a alimentos ultraprocessados

Opte por água, leite e frutas no lugar de refrigerantes, bebidas lácteas e biscoitos recheados; não troque a “comida feita na hora” (caldos, sopas, saladas, molhos, arroz e feijão, macarronada, refogados de legumes e verduras, farofas, tortas) por produtos que dispensam preparação culinária (“sopas de pacote”, “macarrão instantâneo”, pratos congelados prontos para aquecer, sanduíches, frios e embutidos, maioneses e molhos industrializados, misturas prontas para tortas) e fique com sobremesas caseiras, dispensando as industrializadas.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE. Guia alimentar para a população brasileira. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. p. 49-50.

Muitas indústrias, na tentativa de medicalizar a alimentação, enfatizam possíveis benefícios que os multivitamínicos podem oferecer à saúde, o que leva muitas pessoas a investirem nesses suplementos. Entretanto, nos alimentos *in natura* e minimamente processados já estão disponíveis as vitaminas e os minerais que precisamos para uma alimentação saudável, e a necessidade de suplementação deve ser criteriosamente avaliada por médico ou nutricionista, observando a dose indicada, o modo e o tempo de uso.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE. Desmistificando dúvidas sobre alimentação e nutrição: material de apoio para profissionais de saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2016. p. 24-25.

Os esteroides anabolizantes são drogas que têm como função principal a reposição de testosterona [...]. Efeitos adversos: tremores, acne severa, retenção de líquidos, dores nas juntas, aumento da pressão sanguínea, tumores no fígado e pâncreas, alterações nos níveis de coagulação sanguínea e de colesterol, aumento da agressividade, que pode resultar em comportamentos violentos, às vezes, de consequências trágicas.

Há também os efeitos crônicos causados pelo consumo indevido desses produtos. Em homens: redução na quantidade de esperma, calvície, crescimento irreversível das mamas (ginecomastia), impotência sexual. Em mulheres: engrossamento da voz, crescimento de pelos no rosto e no corpo, redução dos seios, irregularidade ou interrupção das menstruações. [...]

Prevenção ao uso: Usar [esteroides] anabolizantes para fins estéticos ou para aumentar o rendimento esportivo é proibido, além de ser um grande risco para a saúde. São medicamentos sob controle especial e só podem ser vendidos em farmácias e drogarias, com retenção da receita médica, de acordo com a legislação.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE. Biblioteca virtual em saúde: anabolizantes. Disponível em: <<http://bvsms.saude.gov.br/dicas-em-saude/2619-anabolizantes>>. Acesso: jun. 2020.

Em equipes, pesquisem, em fontes confiáveis de informação, argumentos científicos que justifiquem as orientações expressas nesses textos do Ministério da Saúde.

Assuntos tratados neste capítulo ajudam a compreender o que é **conteúdo calórico** de nutrientes e de alimentos. Pesquisem esse conceito e quais alimentos devem ser consumidos com extrema moderação por apresentarem elevado conteúdo calórico e baixo valor nutricional.

Considerando as informações obtidas e outras que julgarem relevantes, elaborem três vídeos dirigidos à população (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro), respectivamente, com argumentos e propostas que propiciem:

- alimentação saudável com recursos acessíveis;
- percepção de armadilhas existentes em certas propagandas de alimentos, refrigerantes, redes de *fast-food* e suplementos vitamínicos;
- conscientização sobre os riscos dos esteroides anabolizantes.



- 1.** (Enem) Em uma aula experimental de calorimetria, **1. c** uma professora queimou 2,5 g de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é $1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}$, e sua temperatura inicial era de 20 °C.

| Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas) | |
|---|---------|
| Valor energético | 70 kcal |
| Carboidratos | 0,8 g |
| Proteínas | 3,5 g |
| Gorduras totais | 3,5 g |

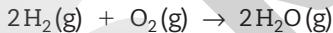
Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento?

- a) 25 b) 27 c) 45 d) 50 e) 70

- 2.** (Enem) O etanol é um combustível renovável obtido **2. b** da cana-de-açúcar e é menos poluente do que os combustíveis fósseis, como a gasolina e o diesel. O etanol tem densidade $0,8 \text{ g/cm}^3$, massa molar 46 g/mol e calor de combustão aproximado de -1.300 kJ/mol . Com o grande aumento da frota de veículos, tem sido incentivada a produção de carros bicombustíveis econômicos, que são capazes de render até 20 km/L em rodovias, para diminuir a emissão de poluentes atmosféricos. O valor correspondente à energia consumida para que o motorista de um carro econômico, movido a álcool, percorra 400 km na condição de máximo rendimento é mais próximo de

- a) 565 MJ. c) 520 kJ. e) 348 kJ.
b) 452 MJ. d) 390 kJ.

- 3.** O gás hidrogênio é considerado um ótimo combustível — o único produto da combustão desse gás é o vapor de água, como mostrado na equação química.



Um cilindro contém 1 kg de hidrogênio e todo esse gás foi queimado. Nessa reação, são rompidas e formadas ligações químicas que envolvem as energias listadas no quadro.

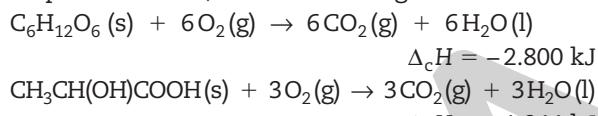
| Ligação química | Energia de ligação (kJ/mol) |
|-----------------|-----------------------------|
| H—H | 437 |
| H—O | 463 |
| O=O | 494 |

Massas molares (g/mol): H₂ = 2; O₂ = 32; H₂O = 18.

Qual é a variação da entalpia, em quilojoule, da reação de combustão do hidrogênio contido no cilindro?

- a) -242.000 c) -2.500 e) +234.000
b) -121.000 d) +110.500

- 4.** (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 O₂. Entretanto, em alguns casos, as células musculares podem sofrer um déficit de O₂ e a glicose ser convertida em duas moléculas de ácido láctico. As equações termoquímicas para a combustão da glicose e do ácido láctico são, respectivamente, mostradas a seguir:

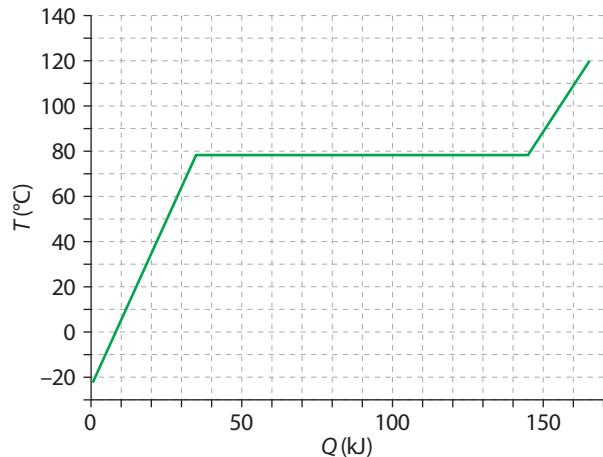


O processo anaeróbico é menos vantajoso energeticamente porque

- 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.

- 5.** (Fuvest-SP) Em um recipiente termicamente isolado **5. a** e mantido a pressão constante, são colocados 138 g de etanol líquido. A seguir, o etanol é aquecido e sua temperatura T é medida como função da quantidade de calor Q a ele transferida. A partir do gráfico de T × Q, apresentado na figura a seguir, pode-se determinar o calor específico molar para o estado líquido e o calor latente molar de vaporização do etanol como sendo, respectivamente, próximos de

- a) 0,12 kJ/(mol · °C) e 36 kJ/mol.
b) 0,12 kJ/(mol · °C) e 48 kJ/mol.
c) 0,21 kJ/(mol · °C) e 36 kJ/mol.
d) 0,21 kJ/(mol · °C) e 48 kJ/mol.
e) 0,35 kJ/(mol · °C) e 110 kJ/mol.



Note e adote:

Fórmula do etanol: C₂H₅OH

Massas molares:

C (12 g/mol), H (1 g/mol), O (16 g/mol)

CAPÍTULO 10

CINÉTICA QUÍMICA



HEDGEHOG94/ISTOCK PHOTO/GETTY IMAGES

A deterioração dos alimentos deve-se, entre outros fatores, à atuação de enzimas do próprio alimento ou provenientes de microrganismos que eventualmente o tenham contaminado. As enzimas são substâncias produzidas por seres vivos e que atuam como catalisadores. Embora a deterioração dos alimentos seja inevitável, existem técnicas que possibilitam armazená-los por determinado período de tempo sem prejuízo da qualidade. Neste capítulo, estudaremos o que é um catalisador e conheceremos conceitos que possibilitam entender como funcionam algumas técnicas de conservação de alimentos. (Na foto, alimentos sendo submetidos à técnica da refrigeração.)

A deterioração de alimentos preparados é mais lenta sob refrigeração. Medicamentos podem se decompor mais rápido se guardados inapropriadamente em local quente. A deterioração de certos alimentos embalados é relativamente lenta enquanto a embalagem está fechada, mas é acelerada após abri-la e expor o alimento ao ar. Fatos como esses sugerem que reações químicas podem ocorrer com rapidez diferente, dependendo das condições.

Sob que circunstâncias uma reação química de relevância para produzir substâncias de interesse pode tornar-se rápida o suficiente para ter um aproveitamento prático? E sob que condições uma reação química não desejada (por exemplo, a decomposição de fármacos e a deterioração de alimentos) pode ter sua rapidez reduzida a ponto de não oferecer risco?

Quais são as principais técnicas de conservação de alimentos? Em que princípios científicos elas se fundamentam? Que relação essas técnicas têm com a rapidez das reações químicas?

Neste capítulo, abordaremos os princípios da **cinética química** (do grego *kinetikós*, “movimento”), ramo que estuda a rapidez das reações químicas e os fatores que a influenciam.

Ao estudar estequimetria (Capítulo 6) e termoquímica (Capítulo 9), aplicamos os princípios dessas áreas a diversas reações químicas. Contudo, em todos os casos, nossa atenção estava focada apenas em reagentes e produtos. Na cinética química, o foco se estenderá aos eventos em escala atômico-molecular que se desenrolam durante a ocorrência da reação química.

Sugestão de atividade complementar
No Suplemento do Professor, são recomendados experimentos que possibilitem sondar conceções prévias.



SMITHSONIAN INSTITUTION/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOFARENA

A médica canadense Maud Leonora Menten (1879-1960), uma das primeiras mulheres a receber o título de doutora (Ph.D.) no Canadá. Realizou pesquisas em Bioquímica na Alemanha e nos Estados Unidos porque, na época, o Canadá não permitia que investigações científicas fossem conduzidas por mulheres.

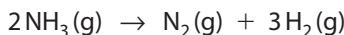
Fez relevantes contribuições no estudo da Cinética química, investigando reações catalisadas por enzimas e descobrindo, em parceria com Leonor Michaelis (1875-1949), a equação matemática que descreve como a rapidez desses processos depende da concentração do reagente, conhecida como equação de Michaelis-Menten.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT103
- EM13CNT104
- EM13CNT105
- EM13CNT203
- EM13CNT205
- EM13CNT207
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT304
- EM13CNT305
- EM13CNT306
- EM13CNT307
- EM13CNT310
- EM13CHS502
- EM13CHS503

✓ 1. Rapidez média de consumo ou de formação

Como ponto inicial, vamos discutir como quantificar a rapidez de um processo químico. Para isso, utilizaremos como exemplo dados numéricos referentes a um experimento em que amônia gasosa, $\text{NH}_3(\text{g})$, confinada em recipiente rígido (volume constante) com concentração inicial 8,0 mol/L, decompõe-se com o passar do tempo segundo a reação química assim equacionada:



Suponha que, usando métodos apropriados para monitorar a concentração de amônia em função do tempo, tenham sido obtidos os dados da Tabela 1, em que a simbologia $[\text{NH}_3]$ indica a concentração da amônia em mol/L, sendo equivalente à representação $\mathcal{M}(\text{NH}_3)$.

Rapidez (ou velocidade) de uma reação química é a grandeza que indica como as quantidades de reagente(s) e produto(s) dessa reação variam com o passar do tempo. Essa grandeza (que é escalar, não vetorial) é tradicionalmente chamada *velocidade de reação*, mas, a fim de evitar a confusão com o conceito de *velocidade vetorial* usado em Física, alguns autores preferem denominá-la *rapidez de reação*. Neste livro, ambos os nomes — *rapidez* e *velocidade* — serão utilizados. O importante é perceber que eles se referem à variação temporal (isto é, em função do tempo) das quantidades de reagente(s) e produto(s).

Calcula-se a **rapidez (velocidade) média (v_m) de consumo** de um reagente dividindo o módulo da variação da concentração desse reagente pelo intervalo de tempo em que essa variação ocorreu. Assim, usando dados da Tabela 1, temos:

$$\text{de } 0 \text{ h a } 1 \text{ h: } v_m(\text{NH}_3) = \frac{|4,0 - 8,0| \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(1,0 - 0) \text{ h}} = 4,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{de } 1 \text{ h a } 2 \text{ h: } v_m(\text{NH}_3) = \frac{|2,0 - 4,0| \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(2,0 - 1,0) \text{ h}} = 2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{de } 2 \text{ h a } 3 \text{ h: } v_m(\text{NH}_3) = \frac{|1,0 - 2,0| \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(3,0 - 2,0) \text{ h}} = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

O uso do módulo deve-se ao fato de que, em cinética química, não há interesse em valores negativos de velocidade.

Na Figura 1, a curva decrescente refere-se ao consumo da amônia e os pontos nela destacados correspondem aos valores da Tabela 1. As duas curvas crescentes indicam o aumento da concentração dos produtos, $\text{N}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$, em função do tempo.

Com dados obtidos na figura, podemos calcular a **rapidez (velocidade) média (v_m) de formação** de cada produto dividindo a variação da concentração desse produto pelo intervalo de tempo em que ocorreu. Por exemplo, de 0 h a 1 h:

$$v_m(\text{N}_2) = \frac{(2,0 - 0) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(1,0 - 0) \text{ h}} = 2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_m(\text{H}_2) = \frac{(6,0 - 0) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(1,0 - 0) \text{ h}} = 6,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

Nesse caso, por se tratar de produtos, não há necessidade do módulo, pois as variações das concentrações são positivas.

De modo geral, a rapidez (velocidade) média de consumo de reagente ou de formação de produto é calculada (Fig. 2) dividindo a variação de concentração ($\Delta[\]$), de quantidade em mols (Δn), de massa (Δm) ou, também, caso se trate de substância em fase gasosa, de volume (ΔV) pelo intervalo de tempo (Δt), aplicando-se módulo no numerador para que o resultado seja sempre positivo. A unidade de rapidez é composta pelas respectivas unidades de numerador e denominador, resultando, por exemplo, $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$ ou $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$.

Tabela 1 Dados referentes à decomposição da amônia gasosa.

| | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| $[\text{NH}_3]$ (mol/L) | 8,0 | 4,0 | 2,0 | 1,0 |
| Tempo (h) | 0 | 1,0 | 2,0 | 3,0 |

Fonte: elaborada com dados hipotéticos consistentes com cinética de primeira ordem, observada para a decomposição da amônia em condições experimentais adequadas (cf. SCHUTH, F. et al. Ammonia as a possible element in an energy infrastructure: catalysts for ammonia decomposition. *Energy Environmental Science*, 2012. v. 5, p. 6278-6289).

Figura 1 Representação gráfica das concentrações (em mol/L) de reagente e produtos da reação usada como exemplo nesta página.

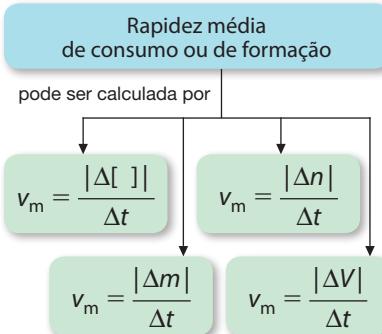
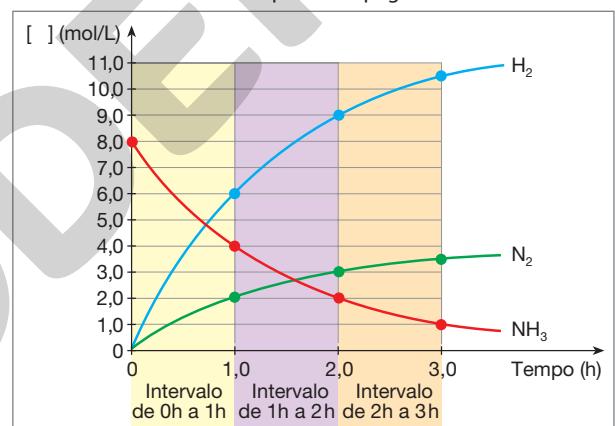
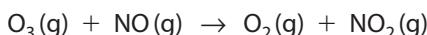


Figura 2 Diferentes modos de calcular velocidades médias de consumo e de formação.

2. Concentração e rapidez de reação

No item anterior, calculamos a velocidade média de consumo da amônia em diferentes intervalos de tempo e os resultados evidenciam que, com o passar do tempo, essa velocidade diminui. Ocorre que, com o passar do tempo, a concentração da amônia também diminui, o que sugere que a velocidade da reação está relacionada com a concentração do reagente. Fundamentados em muitas evidências desse tipo, os químicos concluíram que a rapidez das reações químicas depende da concentração dos reagentes. Como explicar essa dependência?

Para que uma reação química ocorra, é necessário que haja colisão entre moléculas dos reagentes. Considere, por exemplo, a reação:



Em cada colisão de uma molécula de O_3 com uma de NO que resulte efetivamente na formação de moléculas de O_2 e NO_2 , a ligação entre dois átomos de oxigênio é rompida e, simultaneamente, é formada uma ligação entre um átomo de oxigênio e um de nitrogênio (Fig. 3).

A espécie química existente no momento da colisão, que dura cerca de um trilionésimo de segundo ($1 \text{ ps} = 1 \text{ picosegundo} = 10^{-12} \text{ s}$), na qual a ligação covalente OO está parcialmente quebrada e a ligação covalente ON está parcialmente formada, é denominada **complexo ativado** ou **estado de transição**.

As moléculas movimentam-se continuamente e colidem frequentemente umas com as outras. Isso explica o efeito da concentração sobre a rapidez de reação, pois, quanto maior for a **concentração dos reagentes** (mais moléculas por unidade de volume), maior será a **frequência de colisões intermoleculares** e mais rápida será a transformação de reagentes em produtos.

Contudo, nem todas as colisões entre moléculas de reagentes formam produtos. Se os reagentes $\text{O}_3(\text{g})$ e $\text{NO}(\text{g})$ estiverem a 25°C e 1 atm, estima-se que cada molécula colida cerca de 1 bilhão de vezes por segundo com outras moléculas. O tempo entre duas colisões é cerca de um bilionésimo de segundo ($1 \text{ ns} = 1 \text{ nanosegundo} = 10^{-9} \text{ s}$). Se todas as colisões resultassem em produtos, os reagentes seriam totalmente consumidos em fração de segundo e a rapidez da reação seria espantosamente elevada. No entanto, verifica-se experimentalmente que essa reação não possui velocidade tão elevada, o que sugere que nem todo choque entre moléculas de reagentes é uma **colisão eficaz** (ou **efetiva**), aquela que conduz à formação de produto.

Só são eficazes as colisões que ocorrem com moléculas em **posição relativa favorável** à ruptura e à simultânea formação de ligações. Se as moléculas colidirem em posições desfavoráveis (Fig. 4), não haverá formação de moléculas de produtos.

Além disso, só são eficazes as colisões que ocorrem com energia cinética (energia associada ao estado de movimento de um corpo) suficientemente elevada, pois, caso contrário, a repulsão entre os elétrons dessas moléculas fará com que elas retornem antes de se aproximarem o bastante para atingir a situação de complexo ativado. Essa colisão com energia cinética insuficiente é apenas um choque elástico (do tipo bate e volta) entre as moléculas, não sendo uma colisão eficaz (Fig. 5).

Então, para que uma colisão entre moléculas de reagentes seja eficaz, é necessário que ela ocorra com posição relativa favorável e energia suficiente, como aquela esquematicamente representada na Figura 3.

A energia cinética mínima que as moléculas reagentes devem ter para que uma colisão entre elas (em posição relativa favorável) seja eficaz é uma grandeza denominada **energia de ativação** (E_a) da reação, geralmente expressa em kJ/mol. Para a reação em questão, a energia de ativação é 10,5 kJ/mol. Nesse contexto, entende-se que *por mol* refere-se a 1 mol de colisões eficazes.

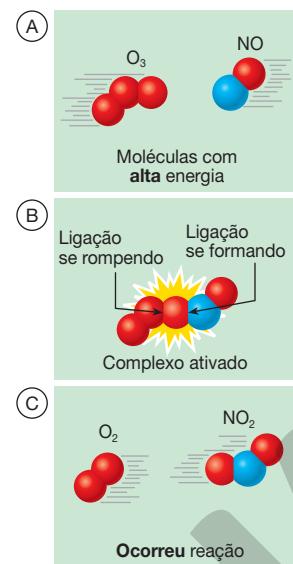


Figura 3 Esquema de colisão eficaz na reação entre $\text{O}_3(\text{g})$ e $\text{NO}(\text{g})$: (A) moléculas de reagentes se aproximando; (B) complexo ativado; (C) moléculas de produtos se afastando. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte consultada: GILBERT, T. R. et al. *Chemistry, the science in context*. 5. ed. Nova York: Norton, 2018.

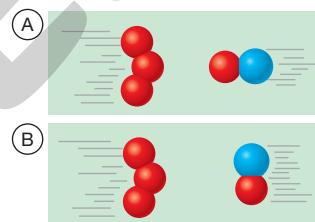


Figura 4 Exemplos de colisões em posições relativas não favoráveis a uma colisão eficaz. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

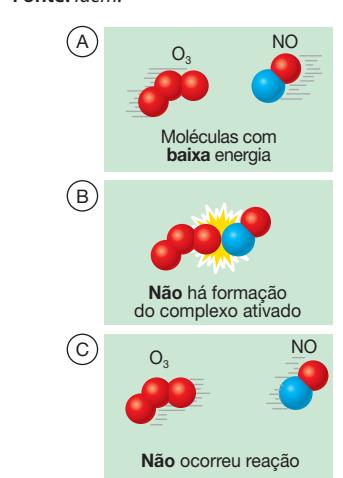


Figura 5 Esquema de colisão não eficaz devido à energia cinética insuficiente. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: Ibidem.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

3. Temperatura e rapidez de reação

A energia de ativação (E_a), que conceituamos no item anterior, é uma característica da reação que **não** depende de fatores como concentração dos reagentes e pressão. Além disso, para a maioria das reações, ela pode ser considerada independente da temperatura.

A energia cinética de um corpo depende de sua massa e de sua velocidade ao quadrado (Fig. 6). Em uma amostra de $O_3(g)$ e $NO(g)$, existem desde moléculas com velocidade muito reduzida (e energia cinética baixa) até outras com velocidade muito alta (e energia cinética extremamente elevada). A energia cinética média das moléculas está associada à temperatura da amostra. Um aquecimento aumenta a energia média porque aumenta de modo generalizado a energia das moléculas da amostra. Após o aquecimento continuarão a haver, contudo, moléculas mais lentas e outras mais rápidas.

Um aquecimento aumenta a energia cinética das moléculas dos reagentes, mas **não afeta a energia de ativação**, sendo esta um parâmetro característico da reação: nenhuma colisão de moléculas de reagentes com energia abaixo de E_a será eficaz. A energia de ativação indica que há uma espécie de barreira energética a ser transposta para que reagentes se transformem em produtos. Os cientistas representam graficamente essa barreira conforme está exemplificado na Figura 7 para a reação entre $O_3(g)$ e $NO(g)$. Perceba que, além da energia de ativação da reação, o gráfico também indica sua variação de entalpia. De modo geral, a Figura 8.A representa o perfil energético de uma reação exotérmica e a Figura 8.B, o perfil energético de uma reação endotérmica.

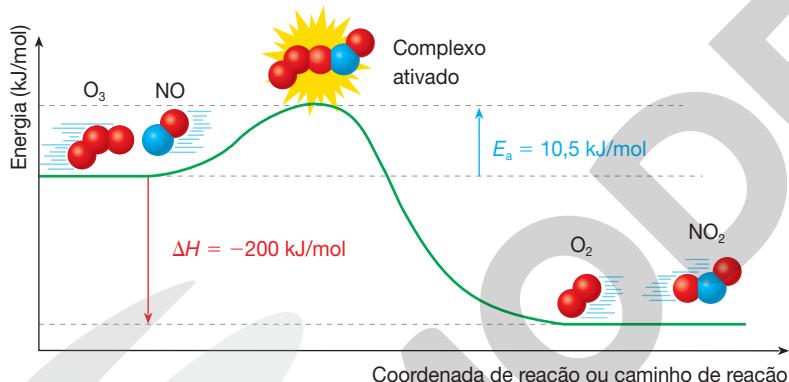


Figura 7 Representação gráfica da energia em função da coordenada de reação (sequência temporal de eventos na colisão eficaz: moléculas de reagentes → complexo ativado → moléculas de produtos) para a reação $O_3(g) + NO(g) \rightarrow O_2(g) + NO_2(g)$, em que estão indicadas a energia de ativação (E_a) e a variação de entalpia (ΔH). Os modelos moleculares de reagentes, complexo ativado e produtos foram inseridos para indicar os trechos da curva que a eles correspondem. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte consultada: GILBERT, T. R. et al. *Chemistry, the science in context*. 5. ed. Nova York: Norton, 2018.

Fundamentados nessa discussão, podemos explicar a constatação experimental de que as reações químicas tendem a apresentar **maior rapidez quanto maior for a temperatura**. Quanto maior for a temperatura, maior a fração de moléculas dos reagentes com energia cinética igual ou superior à energia de ativação. Assim, um **aquecimento aumenta a frequência de colisões eficazes** porque torna-se maior a probabilidade de que as moléculas de reagentes que colidem o façam com energia cinética suficientemente alta para atingirem a situação de complexo ativado e formarem produtos.

Também podemos dizer que reações com baixa energia de ativação tendem a ser rápidas e ocorrer à temperatura ambiente, pois é grande a fração das moléculas reagentes que, nessas condições, têm energia igual ou superior à de ativação. Já reações com alta energia de ativação são lentas ou até mesmo não acontecem à temperatura ambiente, ocorrendo apenas em temperaturas muito elevadas.



COLLEÇÃO PARTICULAR - BRIDGEMAN IMAGES/FOTOARENA

Figura 6 Émilie du Châtelet (1706-1749) foi escritora, filósofa, física e matemática. A ela é atribuída a primeira abordagem de que a energia cinética de um corpo é proporcional à sua massa e ao quadrado de sua velocidade. Sua formulação fundamentou-se em ideias de Gottfried Leibniz (1646-1716) e em observações de Willem Gravesande (1688-1742). De nome completo Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil, tinha o título de marquesa de Châtelet. Traduziu para o francês a obra *Principia Mathematica*, de Isaac Newton (1643-1727), incluindo suas notas pessoais, inclusive a noção de conservação de energia, que ela deduziu da obra. Ainda hoje, sua tradução permanece como a de referência no idioma francês.

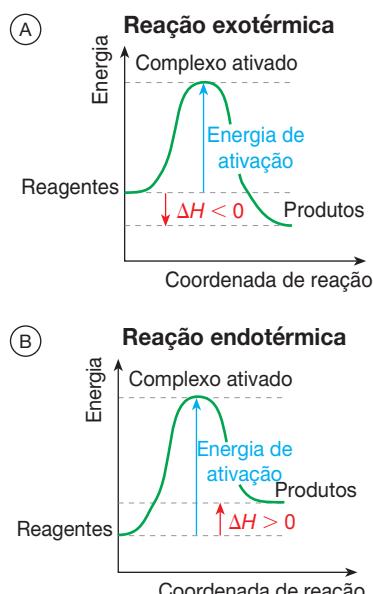


Figura 8 Representação gráfica genérica da energia em função da coordenada de reação para reação (A) exotérmica e (B) endotérmica.

Fonte consultada: CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. *Chemistry*. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2016.

Envelhecimento ativo com dignidade

O envelhecimento relaciona-se a diversos processos metabólicos que envolvem reações químicas sujeitas aos princípios da cinética química. Após ler e interpretar a coletânea de textos, realizem a atividade proposta, em equipes.

O envelhecimento é causado por alterações moleculares e celulares, que resultam em perdas funcionais progressivas dos órgãos e do organismo como um todo. Esse declínio se torna perceptível ao final da fase reprodutiva, muito embora as perdas funcionais do organismo comecem a ocorrer muito antes.

Fonte: HOFFMANN, M. E. *Bases biológicas do envelhecimento*. Disponível em: Portal Com Ciência <<http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/envelhecimento/texto/env10.htm>>. Acesso em: 4 jun. 2020.

Análise realizada pela Fundação Oswaldo Cruz, com dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS 2013), mostra que um em cada três idosos brasileiros apresentava alguma limitação funcional. Destes, 80%, cerca de 6,5 milhões de idosos, conta com ajuda de familiares para realizar alguma atividade do cotidiano, como fazer compras e vestir-se, mas 360 mil não possuem esse apoio.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Ministério recomenda: é preciso envelhecer com saúde*. Disponível em: <<https://antigo.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/25924-ministerio-recomenda-e-preciso-envelhecer-com-saude>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Envelhecimento ativo é o processo de otimização das oportunidades de saúde, participação e segurança, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida à medida que as pessoas ficam mais velhas.

Fonte: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Envelhecimento ativo: uma política de saúde*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2005. p. 13.

A diversidade das capacidades e necessidades de saúde dos idosos não é aleatória, e sim advinda de eventos que ocorrem ao longo de todo o curso da vida e frequentemente são modificáveis, ressaltando a importância do enfoque de ciclo de vida para se entender o processo de envelhecimento.

Fonte: OMS. *Relatório mundial de envelhecimento e saúde*. Genebra: OMS, 2015. p. 3.

Pesqusem quais são os problemas mais graves enfrentados por idosos no Brasil, especialmente na sua região, e quais são os direitos a eles assegurados pela legislação. Investiguem também formas de discriminação contra idosos e se ideias científicas são indevidamente usadas para justificar tais atos. Elaborem um vídeo de divulgação para a sociedade fazendo a contraposição entre os direitos e os problemas e propondo, com fundamentação em argumentos adequados, o que a sociedade e os governantes devem fazer para garantir envelhecimento ativo e com dignidade a todos os brasileiros. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

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



Figura 9 Essa caixa de ferro, exposta a ambiente úmido, ficou recoberta de ferrugem. Na reação, os reagentes são ferro, gás oxigênio (do ar) e água, e os produtos são Fe(OH)_2 e Fe(OH)_3 . Este último, o hidróxido de ferro(III), é o responsável pela coloração marrom-alaranjada característica da ferrugem.

IVANKA KUNIANSKA/SHUTTERSTOCK



Figura 10 Revestir o ferro com tinta (que forma uma camada polimérica que adere ao metal) inibe o enferrujamento porque impede o contato do metal com o gás oxigênio e a água.

GAGODESIGN/SHUTTERSTOCK

4. Superfície de contato e rapidez de reação

O ferro metálico (isto é, a substância simples ferro), na presença simultânea de gás oxigênio e água, reage com essas substâncias em um processo que resulta na corrosão do metal e na formação de ferrugem (Fig. 9).

Se um prego de ferro e um pedaço de palha de aço, de mesma massa, forem submetidos às mesmas condições de temperatura e exposição completa à umidade e ao gás oxigênio do ar, a quantidade de ferro consumida por unidade de tempo será maior no caso da palha de aço.

Isso é explicado considerando que a reação ocorre na superfície do ferro que está em contato com a água e o gás oxigênio. A palha de aço, devido ao seu formato, apresenta maior área superficial que o prego e, por isso, o seu enferrujamento é mais rápido.

De modo geral, em reações das quais participem reagentes que se encontram em diferentes fases, a rapidez tende a ser tanto maior quanto maior for a área de contato entre essas fases, pois é nessa região que podem ocorrer as colisões intermoleculares eficazes entre os reagentes.

Os casos mais comuns em que a influência do fator **superfície de contato entre fases reagentes** é notada são as reações em que um reagente está em fase sólida e outro está em fase aquosa ou gasosa. Quanto maior for a área superficial do sólido em contato com o outro reagente, mais rápida a reação.

A pintura de superfícies de ferro (Fig. 10) é uma medida preventiva do enferrujamento porque impede o contato do metal com água e ar, ou seja, diminui a superfície de contato entre os reagentes.

Aplicando conhecimentos



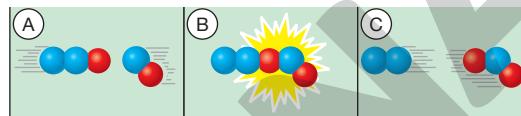
Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no
Suplemento do Professor.

1. Utilizando os dados do gráfico da Figura 1 deste capítulo, determine, para o intervalo de tempo de 1 h a 2 h, a rapidez média de consumo de NH_3 , de formação de N_2 e de formação de H_2 . A seguir, compare a proporção matemática entre os três resultados com a proporção entre os coeficientes estequiométricos da equação química da decomposição da amônia. Que conclusão pode ser tirada? Essa conclusão valeria se os cálculos de rapidez tivessem sido realizados para o intervalo de tempo de 2 h a 3 h? Explique.
 2. O gráfico abaixo se refere às concentrações de reagente e produtos da reação, em fase gasosa, equacionada como: $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$. Associe as curvas A, B e C com as substâncias N_2O_5 , NO_2 e O_2 , explicando o raciocínio usado.
- concentração em mol/L

tempo

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES
3. O airbag é um dispositivo de segurança que, por determinação do Código de Trânsito Brasileiro e normatização do Conselho Nacional de Trânsito (Contran), é obrigatório como item de série nas posições frontais de motorista e passageiro dianteiro em todos os veículos novos comercializados no Brasil. Esse dispositivo contém uma bolsa que, em caso de colisão, é rapidamente inflada com gás nitrogênio (N_2) produzido em uma reação química apropriada.
 - a) O tempo necessário para que certo airbag seja completamente inflado, atingindo volume final de 54 L, é de um vigésimo de segundo. Determine a rapidez média de produção de gás N_2 , em L/s.
 - b) Nas condições de pressão e temperatura em que esse airbag é inflado, o volume molar de gás ideal é 20 L/mol. Admitindo que o N_2 tenha comportamento ideal nessas condições, qual é a quantidade (em mol) produzida de N_2 ?
 - c) Utilize o resultado anterior para estimar a rapidez de formação do gás N_2 , em mol/s.
 - d) A equação da reação que produz N_2 para inflar um airbag é: $2\text{NaN}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{Na}(\text{s}) + 3\text{N}_2(\text{g})$. Qual é a quantidade (em mol) consumida de NaN_3 (azida de sódio ou azoteto de sódio)?
 - e) Com base no resultado anterior, determine a rapidez média de consumo de NaN_3 , em mol/s.
 - f) Empregando dados apresentados nesta atividade e outros obtidos na tabela periódica, faça uma estimativa da massa de NaN_3 que o fabricante coloca dentro do airbag mencionado.
 4. Os incêndios nas matas se propagam com maior rapidez quando está ventando. Proponha uma explicação para isso, utilizando conceitos referentes ao efeito da concentração sobre a rapidez de uma reação química.
 5. Quando se abana carvão em brasa que está dentro de uma churrasqueira, ele se torna mais incandescente. Explique por que e estabeleça uma relação entre essa observação e a da atividade anterior.
 6. As ilustrações esquematizam uma colisão entre moléculas: antes (A), durante (B) e depois (C). Nos modelos, vermelho representa o elemento químico oxigênio e azul, o elemento químico nitrogênio:



(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

- a) Explique se é a representação de uma colisão eficaz ou de uma colisão não eficaz, apresentando os argumentos que justificam a resposta.
- b) A situação representada na ilustração B dura curtíssimo intervalo de tempo, cerca de 10^{-12} s. Qual é o nome atribuído à entidade transitória (transitória) que corresponde a essa situação e que alterações se processam no reduzidíssimo lapso de tempo em que ela existe?
- c) Elabore um diagrama de energia em função da coordenada de reação para o processo representado pelas ilustrações. Use informações deste livro ou de outras fontes para decidir se o nível de energia de A é maior ou menor que o de C, esclarecendo que informações são essas, de onde provêm e como as utilizou.
7. Um pedaço de palha de aço umedecido enferruja em algumas horas. Contudo, se ele for revestido com uma camada de sabão esfregando-o bem sobre uma barra molhada desse produto, o enferrujamento é mais lento. Como a eficácia desse procedimento pode ser explicada?
8. Em um laboratório adequadamente equipado e sob supervisão, um grupo de universitários realizou a reação entre um pedaço de zinco metálico e uma solução de ácido clorídrico, coletando o gás produzido em um dispositivo que o mantém a pressão e temperatura constantes.
$$2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$$
Esboce um gráfico representando o volume de gás hidrogênio coletado em função do tempo, do início até o fim da reação. Represente, desenhando outra curva, como seria o gráfico se a reação fosse repetida utilizando-se zinco em pedaços, mantendo-se todas as demais condições constantes, tais como massa de zinco, concentração do ácido, pureza dos reagentes e temperatura.

5. Mecanismo de reação

Parte da pesquisa no ramo da cinética química visa obter evidências experimentais de como as reações químicas se processam em nível atômico-molecular. Como resultado de experimentos, foi possível dividir as reações químicas em dois tipos: as *reações elementares* e as *reações não elementares*.

Uma **reação elementar** é aquela em que basta **uma** única colisão eficaz entre moléculas de reagentes para que se convertam em moléculas de produtos. Um exemplo é o que está equacionado a seguir (reveja a Fig. 3):



Claro que para converter uma amostra macroscópica de O_3 e NO em O_2 e NO_2 é necessário um número elevadíssimo de colisões eficazes. O que está em discussão aqui é a ocorrência da reação em nível atômico-molecular. Em meio à mistura de grande quantidade de moléculas de reagentes, para que *uma única* molécula de O_3 e *uma única* molécula de NO se convertam em moléculas de produtos, basta que ocorra uma colisão eficaz entre elas.

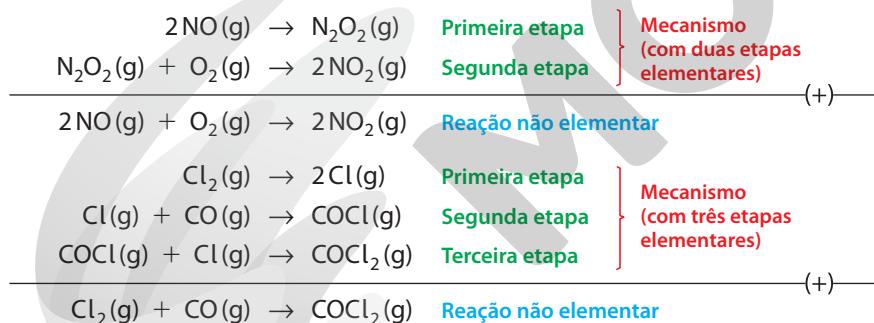
O caso acima é um exemplo de reação **bimolecular**, ou reação de **molecularidade 2**. Um outro exemplo de reação elementar é:



em que basta uma colisão eficaz de três moléculas (duas de NO e uma de H_2) para que se formem moléculas dos produtos. Essa é uma reação **trimolecular**, ou de **molecularidade 3**. Não são conhecidas reações com molecularidade superior a três, o que se atribui à baixíssima probabilidade de que quatro ou mais moléculas colidam simultaneamente, em posições favoráveis e com energia suficiente.

Existem, por outro lado, reações em que são necessárias duas ou mais colisões eficazes para que as moléculas dos produtos se formem. Uma reação desse tipo, que ocorre em duas ou mais etapas, é denominada **reação não elementar**. Nesse caso, chamamos de **mecanismo de reação** o conjunto de reações elementares que, no cômputo geral, compõem uma reação química não elementar.

A seguir, são equacionados dois exemplos de reações que, segundo evidências experimentais, não são elementares. Em cada um dos casos, é mostrado um mecanismo possível, consistente com evidências experimentais:



Esses mecanismos são, respectivamente, de duas e de três etapas. Há reações que ocorrem em quatro ou mais etapas. Se uma reação é elementar, podemos dizer que ela ocorre por um mecanismo de uma só etapa.

É **impossível** dizer se uma reação é ou não elementar conhecendo **apenas** a equação global. Os pesquisadores dessa área realizam sofisticados experimentos para tentar chegar a esse tipo de conclusão, entre eles análises usando espectroscópios (equipamentos que medem a absorção ou emissão de ondas eletromagnéticas por substâncias), a fim de investigar a eventual presença de **intermediários de reações** não elementares, isto é, substâncias formadas em uma etapa e consumidas em outra, posterior. Ainda assim, muitos casos não foram completamente esclarecidos e continuam a ser objeto de estudo. Pesquisas envolvendo Cinética química são importantes em várias áreas da Ciência (Fig. 11).



CHRISTINE OLSSON/AFP/GETTY IMAGES

Figura 11 A engenheira química estadunidense Frances Hamilton Arnold (nascida em 1956). Entre seus trabalhos de pesquisa em Engenharia aplicada à Bioquímica utilizou conceitos de mecanismos de reação e de estrutura de proteínas para desenvolver métodos para produzir enzimas (catalisadores biológicos) destinadas a aplicações específicas, pelo que recebeu o Prêmio Nobel de Química em 2018. A foto foi tirada durante palestra da pesquisadora na Universidade de Estocolmo, na semana do recebimento do prêmio.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Interprete a conceituação de **intermediário de reação** apresentada ao lado e, fundamentado nela, determine quais são os intermediários de reação nos dois mecanismos apresentados no texto desta página.

Reproduza no caderno esses mecanismos e, criando um código de cores, destaque neles: reagentes, intermediários e produtos.

6. Catalisador e rapidez de reação

O peróxido de hidrogênio, H_2O_2 , é uma substância incolor, líquida a 25 °C e 1 atm, que, em condições adequadas, pode se decompor em água e gás oxigênio. Considerando que esse reagente esteja em solução aquosa, a reação é assim equacionada:



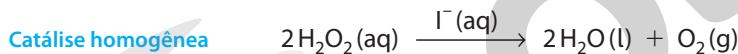
Considere um bêquer em cujo interior há uma amostra de dióxido de manganes, MnO_2 , uma substância escura, sólida a 25 °C e 1 atm, e praticamente insolúvel em água (Fig. 12.A). Ao adicionar a esse frasco uma solução aquosa diluída de peróxido de hidrogênio (Fig. 12.B), verifica-se que imediatamente ocorre a decomposição dessa substância. Ao final da reação, quando nenhuma bolha de gás oxigênio estiver mais sendo formada, uma análise química pode constatar que o $MnO_2(s)$ inicialmente presente continua dentro do bêquer.

O $MnO_2(s)$ atuou como **catalisador** na reação, pois é uma substância cuja presença faz com que a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio ocorra com maior velocidade e não é **efetivamente consumido**, estando presente ao final do processo. A palavra **efetivamente** é relevante na frase anterior porque, como veremos adiante, o catalisador **participa** do processo, mas, ao final, ainda estará presente no sistema.

A atuação do catalisador no aumento da velocidade, denominada **catálise**, deve-se ao fato de, em sua presença, a reação ocorrer por um novo mecanismo com **menor energia de ativação** que o mecanismo original.

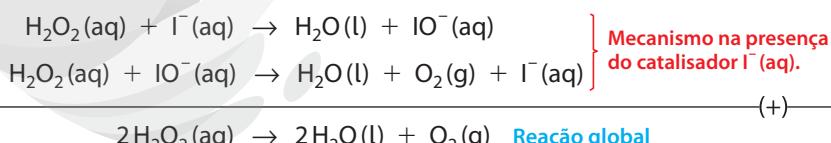
Mas como a presença do catalisador pode propiciar um novo mecanismo para uma reação? E por que o catalisador, mesmo participando, está lá no final?

A resposta é um pouco diferente para cada um dos dois tipos de catálise: **catálise homogênea** é aquela em que catalisador e reagentes estão em uma mesma fase, constituindo sistema homogêneo, e **catálise heterogênea** é aquela em que catalisador e reagentes estão em fases diferentes, constituindo sistema heterogêneo. Vamos exemplificar com a decomposição do peróxido de hidrogênio em solução, indicando o catalisador sobre a seta de reação:



No primeiro caso, a catálise é homogênea porque $H_2O_2(aq)$ e $I^-(aq)$ estão na mesma fase (aquosa) e, no segundo, a catálise é heterogênea porque $H_2O_2(aq)$ e $MnO_2(s)$ estão em fases distintas.

De modo geral, no mecanismo de catálises homogêneas, o catalisador é reagente em uma etapa e produto em outra, posterior. Assim, o catalisador é momentaneamente consumido, porém **reposto** logo a seguir, o que explica sua presença ao final. Confira isso no seguinte mecanismo de catálise (Fig. 13):



Nas catálises heterogêneas com catalisador sólido e reagentes gasosos ou aquosos, o mecanismo geralmente envolve a retenção momentânea das moléculas de reagentes na superfície do catalisador, chamada **adsorção**. As moléculas adsorvidas têm algumas de suas ligações enfraquecidas devido ao estabelecimento de ligações momentâneas com a superfície do catalisador, o que facilita a ocorrência da reação nessa superfície. As moléculas de produtos, logo após formadas, desprendem-se da superfície (**dessorção**).

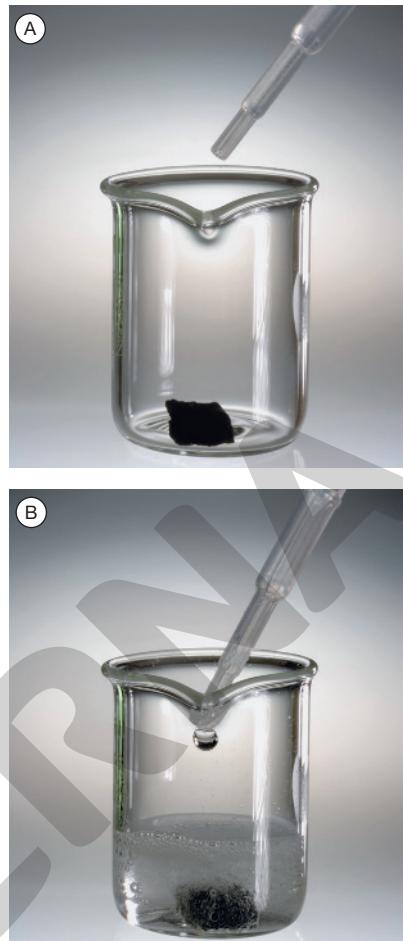


Figura 12 A um bêquer (A) que contém $MnO_2(s)$ adiciona-se solução diluída de peróxido de hidrogênio (B). As bolhas observadas são de gás oxigênio.

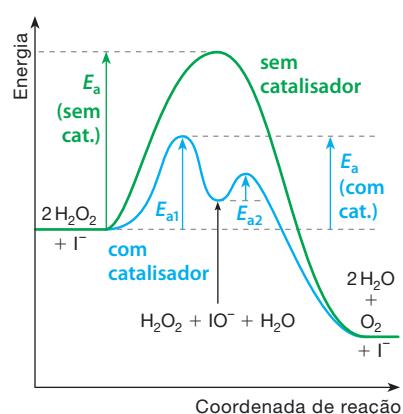


Figura 13 Perfil energético da decomposição do peróxido de hidrogênio em solução sem catalisador (curva verde) e com catalisador (curva azul). A reação catalisada ocorre em duas etapas, cada uma com sua energia de ativação. A energia de ativação da reação catalisada é menor que a da reação não catalisada.

Fonte consultada: MCMURRY, J. E. et al. *Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016.

7. Destrução da camada de ozônio

Na baixa atmosfera, o ozônio é um poluente formado a partir de algumas substâncias liberadas por veículos com motor de combustão interna. É um dos responsáveis pelo ardor que sentimos nos olhos ao andar por locais com intenso fluxo de veículos. A exposição prolongada a ele pode reduzir a capacidade pulmonar e agravar doenças respiratórias como asma e bronquite. Além disso, o ozônio interfere no processo fotossintético, prejudicando as plantas, e também acarreta oxidação e fragilização de objetos de borracha. Mas isso é na baixa atmosfera.

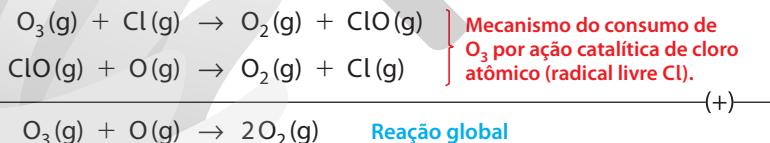
A existência **natural** desse gás na **camada de ozônio**, situada, aproximadamente, entre 20 km e 30 km de altitude, é benéfica. Essa camada é uma região da atmosfera onde a concentração de ozônio é relativamente maior que em outras altitudes e está longe dos seres vivos. (Para você comparar, o pico mais alto da Terra, o Everest, tem quase 9 km de altitude.) Nela, o ozônio é formado e destruído por processos naturais, o que, na ausência da interferência humana, resultaria em uma concentração constante de ozônio.

A camada de ozônio é fundamental para a vida no planeta. Ela retém parte considerável do ultravioleta proveniente do Sol, protegendo os seres vivos dos efeitos nocivos dessa radiação eletromagnética. No ser humano, alguns desses efeitos são debilitação do sistema imunitário, problemas visuais, como catarata e danos à retina, e aumento da probabilidade de câncer de pele.

As substâncias conhecidas como **CFCs**, ou **clorofluorocarbonetos**, têm efeito destrutivo sobre a camada de ozônio. A sigla CFC é uma designação genérica para qualquer substância constituída dos elementos químicos cloro, flúor e carbono. Os CFCs não têm cor nem cheiro e foram muito usados em embalagens de *sprays* de aerossol (Fig. 14), nos quais sua função era a de propelente, ou seja, de impulsionar para fora da lata o produto (desodorante, inseticida ou qualquer outro). Na atmosfera, permanecem por décadas sem se decompor. Sua atuação na destruição da camada de ozônio foi objeto de estudo de muitos cientistas (Fig. 15). Parte da destruição envolve uma catálise homogênea, que vamos exemplificar com o CF_2Cl_2 , um dos CFCs que mais foram utilizados. Disperso na atmosfera, o composto pode chegar à altitude da camada de ozônio, onde suas moléculas absorvem radiação ultravioleta (UV), que provoca ruptura da ligação C—Cl:



Os produtos são **radicais livres**, termo que designa um átomo ou um conjunto de átomos com elétron desemparelhado (sem o respectivo par). O radical livre Cl é catalisador homogêneo na reação do ozônio com átomos de oxigênio (relativamente comuns naquela altitude), descrita pelo mecanismo:



O **Protocolo de Montreal** é um acordo internacional para a eliminação de CFCs, assinado originalmente em 1987 e alterado em outras ocasiões posteriores, que firmou o comprometimento de diversos países para eliminar progressivamente o uso desses compostos em aerossóis e em outras aplicações. Em 2016, o acordo contava com a assinatura da União Europeia e 197 países. O protocolo também estabelece a eliminação progressiva de outras substâncias prejudiciais à camada de ozônio, como os HCFCs (substâncias compostas de hidrogênio, carbono, flúor e cloro).

Mesmo após sua eliminação, os CFCs que já estão na atmosfera continuam atuando sobre a camada de ozônio por um bom período de tempo. Alguns pesquisadores falam em anos; outros, em décadas.



JUNIOR ROZZO/ROZZO IMAGENS

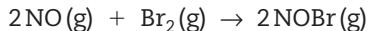


PIERRE VERDY/AFP/GETTY IMAGES

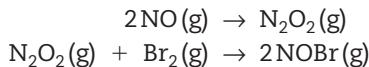
Figura 15 A química atmosférica estadunidense Susan Solomon (nascida em 1956), em foto de 2008, após receber a grande medalha da Academia Francesa de Ciências. Trabalhando com colegas do Laboratório de Pesquisas do Sistema Terrestre (ESRL), nos Estados Unidos, foi uma das primeiras pessoas a propor, na década de 1980, uma explicação para o fato de existir um grande déficit de ozônio sobre a Antártida, associando-o à poluição por CFCs e às condições climáticas peculiares da região. Seu empenho e o de muitos outros cientistas em todo o mundo ajudaram a chamar a atenção da opinião pública para a destruição da camada de ozônio pelos CFCs.



- 9.** A reação entre monóxido de nitrogênio (NO) e bromo molecular (Br_2), em fase gasosa, pode ser assim equacionada:



- a) Se esse processo for elementar, então a **molecularidade da reação** é três. Explique o significado dessa afirmação, relacionando-o ao conceito de colisão eficaz.
b) Um grupo de pesquisadores sugeriu que a reação em questão não é elementar e propôs o seguinte mecanismo para ela:



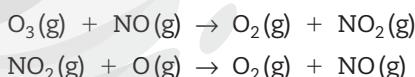
Demonstre que esse mecanismo resulta na equação global mencionada.

- c) Os pesquisadores sugeriram esse mecanismo porque detectaram, por meios analíticos adequados, a presença de determinado **intermediário** durante a ocorrência da reação. Considerando o mecanismo proposto, que intermediário foi detectado pelos cientistas? Explique.
d) Os mesmos pesquisadores reuniram evidências de que a segunda etapa do mecanismo é mais lenta que a primeira. Levando em conta essa informação, represente, em um diagrama de energia versus coordenada de reação, a ocorrência da reação pelo mecanismo proposto.

- 10.** Ao ser colocada sobre um ferimento recente, a água oxigenada (solução aquosa 3% em massa de peróxido de hidrogênio) toma contato com uma substância chamada **catalase**, que acelera a reação química de decomposição do H_2O_2 . Visualmente, a água oxigenada parece fervor.

- a) Explique o que vem a ser essa aparente fervura, incluindo uma equação química na explicação.
b) Qual é o papel desempenhado pela catalase?
c) “Embalagens de água oxigenada devem ser guardadas em locais escuros e frios para conservá-la por mais tempo.” Justifique essa recomendação.

- 11.** Turbinas de aviões a jato produzem, entre outros poluentes, o monóxido de nitrogênio (NO), que, assim como os CFCs, tem efeito destrutivo sobre a camada de ozônio. O mecanismo proposto para explicar esse efeito é:

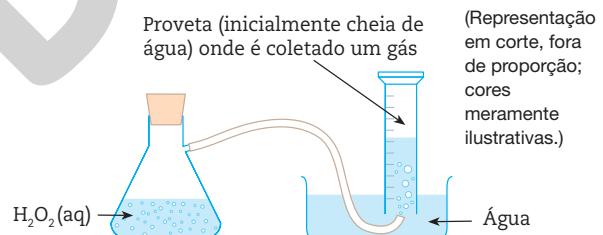


- a) Deduza a equação do processo global.
b) Explique por que é correto considerar o NO como catalisador no processo descrito.
c) Evidências experimentais revelaram que a primeira etapa do mecanismo é mais lenta que a segunda. Represente, em um diagrama de energia versus coordenada de reação, a reação não catalisada e a reação catalisada.

- 12.** Os dispositivos antipoluição chamados de **conversores catalíticos** (popularmente conhecidos apenas como “catalisadores”) são construídos de modo que os gases que saem do motor do automóvel passem por uma estrutura similar a uma colmeia, que contém grande quantidade de grânulos de um catalisador apropriado, que aumenta a rapidez de diversas reações que transformam gases tóxicos em outros, não tóxicos.

- a) Considerando se tratar de catálise heterogênea, justifique por que se utilizam grânulos do catalisador em vez de uma placa.
b) Suponha que uma reportagem sobre os conversores catalíticos usados em automóveis contenha a seguinte frase: “Catalisadores são substâncias que iniciam reações químicas que, sem eles, não seriam possíveis”. Aponte dois erros conceituais presentes nessa frase. A seguir, reescreva-a, tornando-a correta.

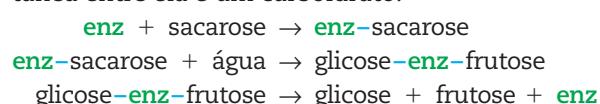
- 13.** A aparelhagem ilustrada abaixo permite realizar a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio presente na água oxigenada. Esboce um gráfico representando o volume de gás oxigênio coletado em função do tempo, desde o início até o fim da reação. Represente, desenhando outra curva, como seria o gráfico se a reação fosse repetida na presença de um catalisador e mantendo-se todas as demais condições constantes, tais como temperatura, quantidade e concentração do reagente.



- 14.** Uma das reações químicas que ocorrem na digestão dos carboidratos é a hidrólise da sacarose, simplificadamente representada assim:



Essa reação é catalisada por uma enzima chamada **sacarase**, em cuja presença ocorre o mecanismo descrito a seguir, com **enz** representando a enzima e o traço azul (---) representando a ligação momentânea entre ela e um carboidrato:



Demonstre que a equação global desse mecanismo é a que foi apresentada acima e justifique, com base no mecanismo, por que uma única molécula de enzima pode atuar na hidrólise de grande número de moléculas de sacarose.

8. Cinética química e conservação de alimentos

As **enzimas** são substâncias com atividade catalítica produzidas por seres vivos. Em sua maioria, as enzimas são proteínas.

O ser humano se preocupava com a conservação dos alimentos havia muito tempo quando, em 1857, o cientista francês Louis Pasteur (1822-1895) obteve evidências de que a presença de microrganismos nos alimentos é responsável por sua deterioração e de que, para conservar um alimento, é necessário: (1) eliminar os microrganismos presentes ou reduzir seu número ao mínimo possível e (2) criar condições desfavoráveis ao desenvolvimento daqueles microrganismos que eventualmente restarem. Posteriormente, desenvolveu-se a compreensão científica de que são enzimas produzidas por microrganismos que catalisam as reações químicas que ocorrem na deterioração dos alimentos.

Outra razão para alguns alimentos (por exemplo, frutas e carnes) se estragarem é a presença natural de algumas enzimas originadas no próprio alimento, que catalisam reações envolvidas em seu apodrecimento. Para impedir ou reduzir essa atividade enzimática em alimentos, há basicamente duas maneiras: (1) aquecimento suficiente para provocar desnaturação proteica (isto é, alteração da forma tridimensional das moléculas de proteína), o que acarreta perda da atividade enzimática, ou (2) resfriamento, que diminui a rapidez das reações enzimaticamente catalisadas (Fig. 16).

Vejamos como esses princípios são usados na conservação de alimentos.

Desidratação

A água no estado líquido é essencial para a vida. A **desidratação**, retirada da água, de um alimento mata diversos microrganismos. Assim, visando à conservação, alguns alimentos são desidratados. Na hora de consumi-los, alguns precisam ser reidratados, como é o caso do leite em pó e das sopas vendidas em envelopes. Uma das maneiras de realizar a desidratação é por meio da **liofilização**, processo no qual o alimento é inicialmente congelado e, a seguir, submetido a uma redução de pressão, que provoca sublimação do gelo (passagem da água da fase sólida diretamente para a fase vapor). Esse é o processo empregado na obtenção do café solúvel, de alguns pós para sopas e das frutas secas.

Uso de altas temperaturas

Pasteur percebeu que os microrganismos podem ser mortos com o uso de altas temperaturas. Vários deles morrem quando expostos a temperaturas entre 70 °C e 100 °C, e poucos sobrevivem a temperaturas superiores a 100 °C. A técnica da **pasteurização** (nome em homenagem a Pasteur), realizada com alguns sucos de fruta industrializados e com o leite vendido em saquinhos, consiste em aquecer o alimento até 72 °C por 15 s e, a seguir, resfriá-lo rapidamente. A maioria dos microrganismos presentes é eliminada graças ao aquecimento. Ainda que sobrem alguns deles, a pasteurização fará com que o alimento dure mais tempo.

Já a **esterilização** é um processo que utiliza temperaturas mais altas, eliminando todos os microrganismos presentes e garantindo maior durabilidade ao alimento. O leite e os sucos vendidos em embalagens longa vida recebem esse tratamento e se conservam por ainda mais tempo que o leite em saquinhos e os sucos pasteurizados. A esterilização do leite longa vida é feita por aquecimento na faixa de 142 °C a 150 °C por 3 s a 6 s, seguido de rápido resfriamento.

A **apertização** (designação que deriva do sobrenome de Nicolas Appert, inventor francês) também é um processo que utiliza aquecimento para prolongar a durabilidade dos alimentos. Eles são colocados em frascos bem fechados, que suportem aquecimento sem se romper, e são aquecidos a grande temperatura, que destrói os microrganismos presentes e acaba com a atividade de enzimas que poderiam deteriorar o alimento. É o processo utilizado em alimentos enlatados.

A palavra *maioria*, nessa frase, é relevante porque existem enzimas cuja atividade catalítica está associada a uma estrutura de RNA. O Prêmio Nobel de Química de 1989 foi conferido a Sidney Altman (nascido em 1939) e Thomas Robert Cech (nascido em 1947) pela descoberta de propriedades catalíticas de RNA. Se desejar mais informações sobre esse tema, dê uma busca por ribozima.



KLEBER CORDEIRO COSTA/ALAMY/FOTOARENA

Figura 16 O cuscuz é um prato originário de Magrebe, a região noroeste do Continente Africano, de onde se difundiu para diversas partes do mundo. A receita original, que utiliza semolina de trigo, modificou-se bastante no Brasil (variando, inclusive, de uma região para outra), e incorporou contribuições da culinária indígena, como a farinha de mandioca. As variações podem levar ovos, peixe, legumes e temperos diversos, havendo regiões em que se faz cuscuz doce com coco e tapioca. Como todo alimento, sua preparação deve ser criteriosa para que não haja contaminação com microrganismos. O que não for consumido após o preparo deve ser adequadamente guardado sob refrigeração para consumo posterior. Trata-se de um prato que, mesmo em geladeira, pode deteriorar-se em pouco tempo. Os cuidados com a qualidade da alimentação devem fazer parte permanente de nossa vida.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Na região em que você vive, quais são as principais técnicas utilizadas para conservar os alimentos? Que características distinguem, nesse aspecto, sua região de outras do país?

Entreviste parentes e amigos para coletar informações sobre esse tema e registre os resultados no caderno.

Atividade em grupo

A deterioração dos alimentos é inevitável. As diversas técnicas de conservação apenas retardam esse acontecimento. A data de validade, obrigatória nas embalagens de alimentos, mostra até quando é seguro ingerir um alimento, desde que corretamente armazenado e com a embalagem intacta.

Além da data de validade e da embalagem em perfeito estado, os consumidores têm uma série de direitos assegurados pela legislação.

Investiguem quais são esses direitos e elaborem um vídeo que os divulgue para a comunidade, incluindo nele argumentos para que todo cidadão seja um consumidor atento e consciente. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Incluem no vídeo qual é o órgão que regula o uso de aditivos alimentares no Brasil e onde se pode consultar que aditivos são permitidos e em que concentração.

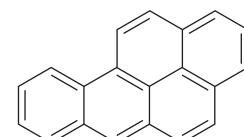


ILUSTRAÇÃO
DOS AUTORES

Figura 17 Fórmula estrutural do composto benzo[a]pireno, que se forma na combustão do cigarro, da madeira e do carvão. Sua ingestão ou inalação pode provocar mutações gênicas e câncer. Esse é um fator que torna perigosa a ingestão frequente de alimentos defumados.



TATA DONETS/SHUTTERSTOCK

Figura 18 Irradiar alimentos permite matar microrganismos que aceleram o apodrecimento. No Brasil, onde parte considerável da produção estraga antes de ser consumida, o uso dessa técnica permitiria evitar desperdícios. Em verde, sobre a foto, aparece a radura, símbolo internacional para alimentos irradiados.

Uso de baixas temperaturas

Quando colocamos alimentos na geladeira, não eliminamos microrganismos nem enzimas neles presentes. A baixa temperatura diminui a frequência de colisões eficazes, tornando mais lentas as reações catalisadas por enzimas, diminuindo a velocidade de apodrecimento dos alimentos e a taxa de reprodução dos eventuais microrganismos presentes.

O uso de geladeiras (refrigeradores) para conservar alimentos a cerca de 5 °C é o processo de **refrigeração**. Já o uso de congeladores ou *freezers* submete o alimento ao processo de **congelamento**, geralmente por volta de -18 °C, técnica mais eficiente do que a refrigeração, pois a água do alimento se solidifica, diminuindo ainda mais a mobilidade molecular e, consequentemente, a frequência de choques eficazes.

Uso de sal ou açúcar

Um grande teor de sal ou de açúcar em alimentos cria condições desfavoráveis ao desenvolvimento de diversos microrganismos. O sal é empregado na salga, processo de conservação de carnes e pescados em que são misturados com grande quantidade de sal e secos ao sol ou em equipamentos apropriados. Alguns produtos obtidos por salga são carne-seca, carne de sol, jabá, charque e bacalhau salgado. Exemplos de alimentos conservados com grande quantidade de açúcar são frutas cristalizadas, leite condensado e geleias.

Embora essas técnicas tenham importância histórica e cultural, e ainda sejam fundamentais em locais sem energia elétrica, é importante ter em mente que o **consumo de muito sal ou açúcar pode acarretar problemas de saúde**. Excesso de sal na dieta pode conduzir, entre outros problemas, ao aumento da pressão arterial (hipertensão) e ao mau funcionamento dos rins. Excesso de açúcar pode provocar obesidade, oclusão (obstrução) de artérias e diabetes tipo 2.

Defumação

Um dos mais antigos meios de conservar alimentos é a **defumação**, realizada por exposição do alimento à fumaça, que contém substâncias que matam alguns microrganismos e impedem o desenvolvimento de outros. A defumação foi muito empregada com carnes antes do advento da refrigeração e do congelamento. Hoje, é usada principalmente por razões de cultura alimentar. Um dos problemas associados à defumação é a existência de **substâncias cancerígenas** na fumaça (Fig. 17), que serão ingeridas com o alimento, razão pela qual se recomenda muita moderação no consumo de alimentos defumados.

Uso de irradiação

Muitas pessoas acham que os materiais radioativos são necessariamente perigosos. De fato, alguns deles são usados em armamentos, as armas nucleares, e muitos são perigosíssimos à saúde se manipulados indevidamente ou caso se espalhem no ambiente. No entanto, há materiais radioativos com utilidades pacíficas e benéficas. Alguns são usados em pesquisas científicas, outros nas indústrias e outros, ainda, para diagnosticar doenças.

Entre as aplicações benéficas de materiais radioativos está o uso de um tipo de radioatividade que alguns emitem, a **radiação gama** (ondas eletromagnéticas de altíssima frequência), para matar microrganismos presentes em alimentos e, assim, aumentar sua durabilidade. Quando isso é feito, diz-se que o alimento foi **irradiado** (Fig. 18). A **irradiação** não faz o alimento ficar radioativo, porque as radiações gama o atravessam. Além disso, o material radioativo não encosta no alimento nem passa a integrá-lo. A técnica ainda é relativamente pouco usada, mas é um método promissor para diminuir, em nosso país, a grande quantidade de alimento que se estraga antes de chegar à mesa do consumidor.



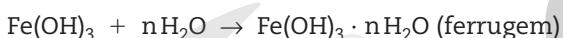
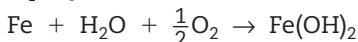
- 1.** (Enem) Alguns fatores podem alterar a rapidez das reações químicas. A seguir, destacam-se três exemplos no contexto da preparação e da conservação de alimentos:

1. A maioria dos produtos alimentícios se conserva por muito mais tempo quando submetidos à refrigeração. Esse procedimento diminui a rapidez das reações que contribuem para a degradação de certos alimentos.
2. Um procedimento muito comum utilizado em práticas de culinária é o corte dos alimentos para acelerar o seu cozimento, caso não se tenha uma panela de pressão.
3. Na preparação de iogurtes, adicionam-se ao leite bactérias produtoras de enzimas que aceleram as reações envolvendo açúcares e proteínas lácteas.

Com base no texto, quais são os fatores que influenciam a rapidez das transformações químicas relacionadas aos exemplos 1, 2 e 3, respectivamente?

- a) Temperatura, superfície de contato e concentração.
- b) Concentração, superfície de contato e catalisadores.
- c) Temperatura, superfície de contato e catalisadores.
- d) Superfície de contato, temperatura e concentração.
- e) Temperatura, concentração e catalisadores.

- 2.** (Enem) Ferramentas de aço podem sofrer corrosão e enferrujar. As etapas químicas que correspondem a esses processos podem ser representadas pelas equações:



Uma forma de tornar mais lento esse processo de corrosão e formação de ferrugem é engraxar as ferramentas. Isso se justifica porque a graxa proporciona:

- a) lubrificação, evitando o contato entre as ferramentas.
- b) impermeabilização, diminuindo seu contato com ar úmido.
- c) isolamento térmico, protegendo-as do calor ambiente.
- d) galvanização, criando superfícies metálicas imunes.
- e) polimento, evitando ranhuras nas superfícies.

- 3.** (Enem) A deterioração de um alimento é resultado de transformações químicas que decorrem, na maioria dos casos, da interação do alimento com microrganismos, ou, ainda, da interação com o oxigênio do ar, como é o caso da rancificação de gorduras. Para conservar por mais tempo um alimento, deve-se, portanto, procurar impedir ou retardar ao máximo a ocorrência dessas transformações. Os processos comumente utilizados para conservar alimentos levam em conta os seguintes fatores:

- I. microrganismos dependem da água líquida para sua sobrevivência.
- II. microrganismos necessitam de temperaturas adequadas para crescerem e se multiplicarem. A multiplicação de microrganismos, em geral, é mais rápida entre 25 °C e 45 °C, aproximadamente.
- III. transformações químicas têm maior rapidez quanto maior for a temperatura e a superfície de contato das substâncias que interagem.
- IV. há substâncias que acrescentadas ao alimento dificultam a sobrevivência ou a multiplicação de microrganismos.
- V. no ar há microrganismos que encontrando alimento, água líquida e temperaturas adequadas crescem e se multiplicam.

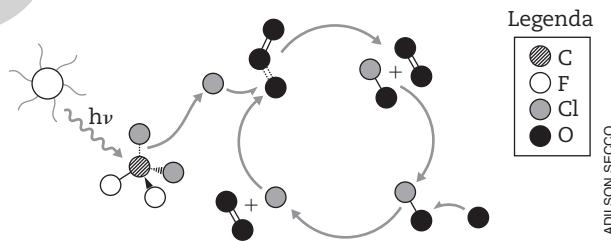
Em uma embalagem de leite “longa vida”, lê-se:

“Após aberto é preciso guardá-lo em geladeira”

Caso uma pessoa não siga tal instrução, principalmente no verão tropical, o leite se deteriorará rapidamente, devido a razões relacionadas com

- a) o fator I, apenas.
- b) o fator II, apenas.
- c) os fatores II, III e V, apenas.
- d) os fatores I, II e III, apenas.
- e) os fatores I, II, III, IV e V.

- 4.** (Enem) A liberação dos gases clorofluorcarbonos (CFCs) na atmosfera pode provocar depleção de ozônio (O_3) na estratosfera. O ozônio estratosférico é responsável por absorver parte da radiação ultravioleta emitida pelo Sol, a qual é nociva aos seres vivos. Esse processo, na camada de ozônio, é ilustrado simplificadamente na figura.



Quimicamente, a destruição do ozônio na atmosfera por gases CFCs é decorrência da

- a) clivagem da molécula de ozônio pelos CFCs para produzir espécies radicalares.
- b) produção de oxigênio molecular a partir de ozônio, catalisada por átomos de cloro.
- c) oxidação do monóxido de cloro por átomos de oxigênio para produzir átomos de cloro.
- d) reação direta entre os CFCs e o ozônio para produzir oxigênio molecular e monóxido de cloro.
- e) reação de substituição de um dos átomos de oxigênio na molécula de ozônio por átomos de cloro.

CAPÍTULO

11

ENERGIA HOJE E AMANHÃ



JAMES DAVIES/ALAMY/FOTOARENA

Produção de biocombustível de algas marinhas em tubos verticais do projeto EnAlgae da Universidade de Swansea no País de Gales, Reino Unido, 2012.

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

A participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira passou de 43% em 2017 para 45,3% em 2018, segundo o Balanço Energético Nacional 2019, do Ministério de Minas e Energia. A lixívia negra, combustível produzido pela decomposição de celulose, e outras fontes de energia renováveis representaram 6,9% dessas fontes e, dentre elas, o biodiesel contribuiu com 21%, empatando com a energia eólica e apresentando aumento de 26% em relação ao ano anterior.

O biodiesel é consumido principalmente no setor de transportes, mas também tem participação nos setores agropecuário e industrial, sendo um combustível produzido de óleos de diversas plantas e fontes de gordura animal. Descobrir o potencial energético da biomassa e otimizar sua produção é papel da Ciência e Tecnologia, sem deixar de lado os cuidados com o ambiente e aspectos socioeconômicos.

Um dos destaques é a utilização de microalgas na produção de biodiesel. Esses organismos fotossintetizantes que podem ser cultivados em ambientes aquáticos com espaços reduzidos e têm grande potencial na produção de óleos apresentam vantagens em relação a outras fontes de energia: as microalgas não têm grande importância alimentícia, seu cultivo não ocupa grandes áreas de terra e não é sazonal, reproduzem-se rapidamente e sua produtividade de óleos é superior à de espécies vegetais oleaginosas. Além disso, acredita-se que o cultivo de microalgas pode ser um aliado na redução de CO₂ atmosférico, já que elas consomem elevada quantidade desse gás na obtenção de energia por processos autotróficos.

Para utilizar microalgas como fonte de produção de biodiesel são empregados diversos conhecimentos científicos. Compreender a biologia e as características bioquímicas desses organismos; os processos químicos de cultivo e de extração lipídica; as transformações de energia e avaliação do rendimento energético são alguns exemplos. Hoje, no Brasil, existem diversas frentes de pesquisa nesse sentido, realizadas por empresas estatais e privadas, em parceria com universidades públicas e particulares. Os esforços aplicados na otimização dos processos tecnológicos envolvidos na produção de biodiesel a partir de microalgas podem ser estendidos a outras fontes renováveis de energia.

Este capítulo apresenta um panorama do consumo de energia no Brasil, reflexões sobre economia de energia e uso de fontes alternativas de energia.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT105
- EM13CNT203
- EM13CNT206
- EM13CNT307
- EM13CNT309
- EM13CNT310
- EM13CHS106
- EM13CHS202
- EM13CHS301
- EM13CHS303
- EM13LGG303
- EM13LGG304
- EM13MAT104

1. Introdução

De acordo com o que vimos no capítulo sobre energia, os primeiros seres humanos dependiam apenas da própria força para realizar tarefas e obter energia. Mais tarde, animais passaram a ser utilizados com esse propósito. Assim, bois, camelos, elefantes e cavalos foram domesticados e passaram a ser atrelados a moendas, carroças e arados.

O vento também passou a ser usado como fonte de energia para impulsionar embarcações e mover pás de moinhos. Nesse caso, a energia cinética do vento é parcialmente convertida em energia cinética de rotação, que coloca eixos e engrenagens em movimento. Ela pode, então, ser usada para bombear água, moer grãos ou movimentar rodas. Se um moinho for conectado a um gerador, a energia do vento (também chamada energia eólica) pode ser convertida em energia elétrica.

A energia de quedas-d'água também foi aproveitada para a realização de trabalho. Inicialmente ela foi utilizada para movimentar uma roda-d'água, que, por sua vez, podia movimentar eixos e outras rodas ou, por meio de polias e cintas, colocar máquinas em funcionamento. Mais tarde, passou a servir para acionar geradores elétricos.

O vapor já era utilizado para gerar energia desde o final do século XVII, mas foi com o aperfeiçoamento realizado por James Watt (1736-1819) que a máquina a vapor, em meados do século XVIII, teve seu uso intensificado para tal finalidade. O calor obtido pela queima de um combustível era usado para aquecer água e transformá-la em vapor. Ao se expandir, o vapor podia movimentar máquinas e rodas ou acionar geradores elétricos e produzir eletricidade em uma usina termoelétrica. As primeiras máquinas a vapor utilizavam madeira como combustível, mas o carvão, com maior poder calorífico, a substituiu e, posteriormente, em meados do século XX, o óleo e o gás natural assumiram esse papel.

A partir da década de 1950, a energia nuclear começou a ser utilizada para a obtenção do vapor que movimenta as turbinas, que, por sua vez, acionam o gerador elétrico em uma usina. Nesse caso, a energia que aquece a água provém da desintegração de átomos de elementos pesados, geralmente o urânio, num processo denominado fissão nuclear. A desintegração de 1 kg de urânio natural libera tanta energia quanto a queima de 150 toneladas de carvão. O reator nuclear, mostrado na figura 1, pode gerar 3.400 MW de potência térmica.

O gráfico ao lado (Fig. 2) mostra a participação, em porcentagem, das várias fontes de energia primária no mundo em 2018. As fontes de energia primária são as que existem na natureza e geram energia de forma direta. Observe que apenas uma pequena parcela dessa energia primária tem origem em fontes renováveis, isto é, em fontes que se regeneram naturalmente.

Com as evidências científicas sobre diversas consequências da atividade humana no planeta, como a intensificação do aquecimento global, já existe a necessidade de ampliarmos a produção de energia a partir de outras fontes, algumas das quais analisaremos neste capítulo. O papel que cada uma delas desempenhará ao suprir nossas necessidades depende de diversos fatores, incluindo a tecnologia disponível, seu custo e os problemas ambientais decorrentes do seu uso.

2. Energia no Brasil

O gráfico ao lado (Fig. 3) mostra o consumo de energia *per capita* (energia total consumida no país em um ano dividido pela população total do país) de alguns países, em 2012, expresso em gigajoule ($1 \text{ GJ} = 1 \cdot 10^9 \text{ J}$).

Fonte: *World Development Report 2015* (Banco Mundial).

Figura 3 Gráfico do consumo de energia *per capita* de alguns países (em GJ).

DIVULGAÇÃO ELETRONUCLEAR

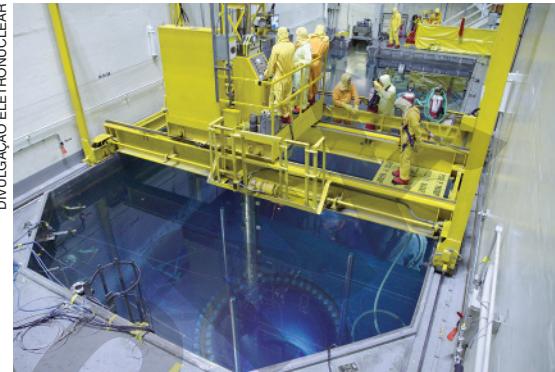
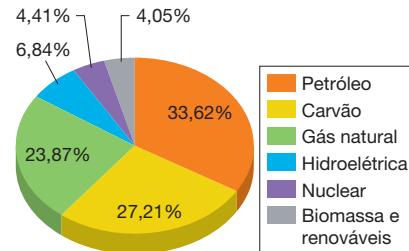
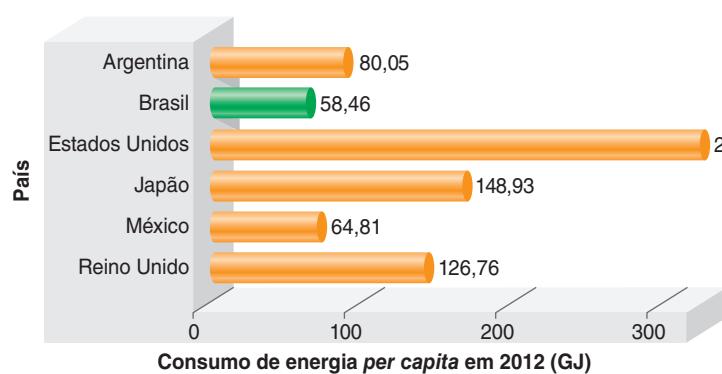


Figura 1 Exemplo do uso da energia nuclear. Angra 1, usina da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (Angra dos Reis, RJ, 2020). A emissão de luz azul ocorre em razão do movimento de partículas de alta energia a uma velocidade superior à da luz na água que preenche a cavidade do reator (efeito Cherenkov).



Fonte: Relatório British Petroleum (BP), 2019.

Figura 2 Fontes de energia primária no mundo em 2018.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Atividade em grupo

Existe uma proporcionalidade entre a riqueza e o nível de desenvolvimento de um país e seu consumo energético *per capita*, isto é, geralmente o consumo de energia é maior nos países mais desenvolvidos e industrializados. Algumas exceções, como o Japão, podem ser explicadas pelo desenvolvimento de técnicas rigorosas de conservação para limitar as cotas de importação de combustíveis.

Em comparação aos países desenvolvidos, o consumo energético brasileiro é, ainda, relativamente baixo. Entretanto, esse dado pode ser enganador: em algumas regiões mais industrializadas do país, como o Sul e o Sudeste, ele atinge valores observados em países mais desenvolvidos; no entanto, nas regiões mais carentes, como o interior do Norte e do Nordeste, é bem menor que a média nacional.

Entre 1970 e 2010, o consumo de energia no Brasil aumentou cerca de 300%, enquanto no mesmo período a população brasileira cresceu “apenas” 100%. Isso significa principalmente que o consumo de energia *per capita* subiu, e tal aumento está associado à expansão na produção industrial e a uma melhor qualidade de vida, com mais conforto e facilidades.

No Brasil, dados do Balanço Energético Nacional 2019 mostravam que 45,3% da energia primária produzida era obtida de fontes renováveis (hidroelétrica, lenha, carvão vegetal, álcool, bagaço e outros resíduos vegetais). Os combustíveis fósseis, fonte de energia não renovável que inclui o carvão mineral, o petróleo, as fontes nucleares e o gás natural, respondiam por 54,7% de nossa produção de energia primária.

3. Economizando energia

Cada vez que você acende uma lâmpada ou aciona o motor de um automóvel, é como se estivesse usando a energia do Sol. De fato, a energia elétrica dissipada na lâmpada provavelmente foi gerada em uma usina hidroelétrica, e a energia solar é indispensável para a ocorrência do ciclo da água. O petróleo, do qual foi obtida a gasolina que alimenta o motor do carro, também armazena energia do Sol, e para obter o etanol também é preciso energia solar. Mas será que toda essa energia está sendo utilizada racionalmente? Em 2017, de acordo com o Balanço Energético Nacional 2018, a oferta interna anual *per capita* de energia elétrica no Brasil foi de 2.995 kWh. É uma quantidade de energia relativamente alta se considerarmos que é uma média *per capita* e que boa parte dessa energia poderia ter sido poupada.

Talvez você não perceba, mas toda vez que joga no lixo um saco plástico ou um copinho descartável está desperdiçando petróleo, pois esses objetos são produzidos a partir de derivados dessa matéria-prima. Portanto, para economizar petróleo, é conveniente evitar o uso e o descarte excessivo de objetos de plástico; além disso, essa atitude também contribui para minimizar a poluição ambiental.

As fontes de energia elétrica disponíveis não produzem o suficiente para o consumo da população mundial; além disso, as fontes alternativas ainda não são exploradas de forma eficiente. Vivemos um período de crise energética e, por isso, é fundamental que todos estejamos empenhados na utilização racional da energia, pois ela é indispensável a nosso bem-estar e nossa sobrevivência. Devemos manter continuamente uma boa relação com o ambiente e a sociedade, não apenas quando ocorrem campanhas e programas governamentais.

Praticamente tudo o que fazemos exige grandes quantidades de energia. Além de seu uso constante, todos os materiais que utilizamos, desde uma simples folha de papel até um copo descartável, exigem, durante sua fabricação, um alto gasto energético, processo que provoca impactos negativos ao ambiente. Por isso é aconselhável agir sempre com bom senso ao utilizar qualquer forma de energia e objetos do dia a dia. Lembre-se de que economizar energia também poupa dinheiro (Fig. 4).

De acordo com a International Energy Agency (Agência Internacional de Energia), em 2006, 83,2% da energia elétrica utilizada no Brasil foi gerada por usinas hidroelétricas. Essa fonte renovável de energia apresenta inúmeras vantagens em relação aos combustíveis fósseis. Entretanto, a geração de energia elétrica em usinas hidroelétricas exige a construção de enormes represas, alagando extensas áreas, o que pode acarretar impactos ambientais importantes.

Em grupo, faça um vídeo entrevistando seus professores de Biologia e Geografia a respeito dos impactos ambientais, econômicos e sociais que a construção de uma grande represa pode trazer para a população, para a flora e para a fauna de uma região.

Preparem antecipadamente as perguntas que serão feitas aos entrevistados. Apresentem o vídeo aos demais colegas da classe. Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.



Figura 4 Prédios comerciais completamente iluminados durante a noite, horário em que poucos funcionários estão trabalhando. A utilização de energia elétrica nesses prédios é racional? (São Paulo, SP, 2019.)

A maior parte da energia elétrica utilizada no Brasil é obtida de usinas hidroelétricas, nas quais a energia potencial gravitacional da água, represada em grandes lagos, é convertida em energia elétrica. Entretanto, o regime de chuvas nem sempre abastece os reservatórios das usinas de forma satisfatória. É comum em determinadas épocas do ano, principalmente quando ocorrem fenômenos climáticos, como o El Niño, não chover em quantidade suficiente, o que exige racionamento não só de energia, mas também de água para as atividades humanas.

Nos próximos itens, vamos discutir formas de utilização racional de energia no cotidiano, esperando, com isso, contribuir de alguma maneira para otimizar o uso de energia elétrica e minimizar os impactos ambientais provenientes da produção e do consumo de energia elétrica.

Petróleo e seus derivados

A gasolina e os combustíveis derivados do petróleo, são utilizados em quase metade da frota nacional de veículos; o álcool e o gás complementam o consumo.

A maneira mais racional de economizar combustível é utilizar o transporte público. Sempre que possível, utilize-o, pois essa atitude também contribui para reduzir a emissão de poluentes na atmosfera.

A oferta de caronas entre pessoas que moram, trabalham ou estudam próximo umas das outras também reduz a quantidade de veículos nas ruas e, consequentemente, contribui para economizar combustível e dinheiro, diminuir a emissão de gases poluentes na atmosfera e melhorar o trânsito.

A bicicleta não motorizada também é uma forma de transporte ativo, que contribui para a redução do tráfego de veículos, além de ser uma opção saudável e com zero emissão de dióxido de carbono.

Se for absolutamente necessário utilizar o carro, a pessoa deve atentar para os seguintes conselhos:

- Procurar trafegar com os vidros fechados. A aerodinâmica da carroceria é projetada para minimizar a força de resistência do ar quando o veículo trafega com os vidros fechados.
- Manter os pneus adequadamente calibrados, de acordo com o manual de fábrica do veículo.
- Evitar carregar peso desnecessário e, de preferência, não usar bagageiros nem pneus maiores que os especificados pela montadora.
- Procurar conduzir o veículo, sempre que possível, com velocidade constante, evitando freadas ou arrancadas súbitas.
- Não acelerar desnecessariamente o motor do veículo quando estiver parado, para aquecê-lo ou antes de desligá-lo.
- Finalmente, manter o motor sempre regulado.

Apresentamos a seguir alguns conselhos que visam diminuir o desperdício de gás, natural ou GLP, em instalações residenciais.

- No caso de fogões e aquecedores, sempre acender o fósforo antes de abrir a torneira de controle do gás.
- Quando a água começar a ferver, manter o queimador em fogo baixo. Lembre-se de que a temperatura da água permanece constante durante a ebulição; a chama alta apenas faz com que a água vaporize mais rapidamente.
- Centralizar o fundo da panela sobre a chama, pois isso permite que o calor seja transmitido de maneira mais uniforme.
- Tampar as panelas durante o cozimento, evitando a perda de água e de calor para o ambiente.
- Ao utilizar o forno, procurar abri-lo o mínimo possível.
- Quando a chama estiver saindo pela borda do queimador ou estiver amarela, solicitar a regulagem do equipamento. A chama ideal é azulada, caso em que o gás queima completamente, em um ambiente rico em oxigênio.
- Limpar periodicamente os injetores dos queimadores de gás e instalar o fogão em locais protegidos de correntes de ar, pois estas provocam dispersão do gás e, consequentemente, queda de eficiência do fogão, com mais gasto para um mesmo resultado.
- No caso dos aquecedores a gás, regular a temperatura da água com uma torneira de água fria. Não deixar o piloto do aquecedor de passagem aceso continuamente. O ideal é acendê-lo poucos minutos antes de usar o aquecedor. Certificar-se de que o isolamento térmico da tubulação de água quente foi adequadamente instalado. Caso contrário, haverá aquecimento da parede por onde passa a tubulação e, portanto, perda de calor.
- Finalmente, para evitar desperdícios e acidentes, eliminar rapidamente qualquer vazamento de gás.

Eletricidade

No Brasil, a maior parte da energia utilizada nas residências é a elétrica. Por pequena que seja a economia diária de eletricidade, no decorrer de um período longo, um ano, por exemplo, ela se torna significativa.

Na maioria das cidades, o poder público tem cumprido sua parte, principalmente na iluminação pública. Têm sido instaladas em ruas, avenidas e praças lâmpadas mais eficientes, como as de vapor de sódio, as de vapor de mercúrio e LED, que, embora tenham maior custo de instalação e manutenção, apresentam consumo energético muito menor que o das antigas lâmpadas incandescentes, cuja venda no Brasil foi proibida em 2017.

Nas residências, onde a responsabilidade é nossa, muita energia elétrica pode ser poupada se algumas atitudes simples forem adotadas. Para isso, as recomendações são as seguintes:

- Só utilizar lâmpadas compatíveis com a tensão da rede local da concessionária de energia elétrica, pois isso fará com que a lâmpada dure mais tempo.
- Sempre apagar as luzes de cômodos vazios, a não ser que elas contribuam para a segurança, como em escadas.
- Se possível, trocar as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, que têm vida útil maior, consomem menos energia e, embora sejam mais caras, podem reduzir o custo da conta de luz.
- Pintar as paredes internas da casa com cores claras, de preferência o branco, que reflete difusamente a maior parte da luz recebida pela parede (Fig. 5). Cores escuras absorvem mais luz e exigem lâmpadas mais potentes, que fazem aumentar o consumo de energia.
- Ao construir ou reformar uma casa, posicionar as janelas de forma a aproveitar ao máximo a luz do Sol. Isso evitaria acender lâmpadas durante o dia.

Os maiores consumidores de energia elétrica em uma residência são aparelhos aquecedores, que convertem energia elétrica em calor. Nessa categoria, estão chuveiros, torneiras elétricas e ferro de passar. Para economizar energia elétrica ao usar esses aparelhos, pode-se proceder da seguinte maneira:

- Na utilização do ferro de passar, o ideal é acumular a maior quantidade possível de roupas, passando-as todas de uma vez. O mesmo se aplica à máquina de lavar e à secadora, que devem ser utilizadas sempre com suas capacidades máximas, indicadas pelo fabricante. No caso do ferro de passar, reservar roupas mais leves para serem passadas ao final da atividade, com o ferro desligado, mas ainda quente.
- Com relação ao chuveiro, o ideal é usá-lo na posição “verão”, em que a economia de energia pode chegar a até 30%. Além disso, o tempo de banho deve ser limitado.

Apesar de o uso de refrigeradores e freezers exigir 24 horas de consumo por dia, muita coisa pode ser feita com relação a esses eletrodomésticos visando menor uso de energia:

- Não utilizar a parte traseira de refrigeradores para secar roupas. A grade quente existente atrás dos refrigeradores é um trocador de calor e foi projetada para trocar calor com o ar; sobrecregá-la diminui sua eficiência. Além disso, o refrigerador deve ficar afastado da parede, conforme instruções do manual do fabricante, para facilitar a renovação do ar.
- No caso de refrigeradores convencionais, é preciso periodicamente fazer o degelo do congelador. A camada de gelo funciona como isolante térmico e dificulta as trocas de calor com o fluido que circula pela serpentina existente no interior das paredes do congelador.
- Evitar abrir constantemente o refrigerador, procurando retirar de uma só vez todos os alimentos que serão consumidos.
- Ao trocar de refrigerador ou de freezer, é preciso levar em conta as indicações da etiqueta que mostra o consumo médio mensal do aparelho (Fig. 6).



Figura 5 Paredes pintadas com cores claras e lâmpadas LED contribuem para a economia de energia elétrica.

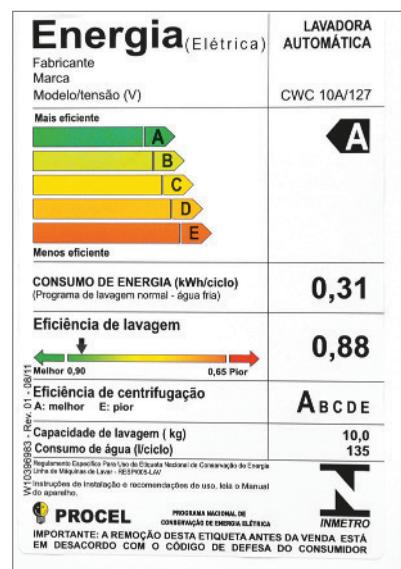


Figura 6 Etiqueta que mostra o consumo médio mensal de energia de um eletrodoméstico.

Muita energia elétrica pode ser economizada, ainda, com a adoção de outros hábitos simples e adequados:

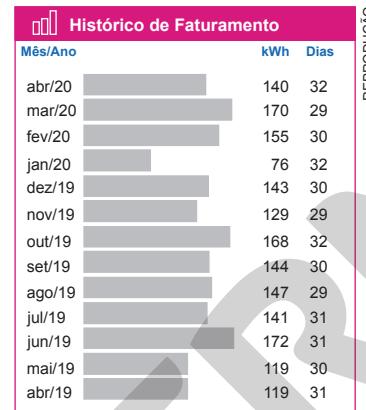
- Evitar dormir com o televisor ligado ou deixá-lo ligado desnecessariamente.
- Não usar o aparelho de ar-condicionado com portas e janelas abertas, pois isso acarreta grande desperdício de energia.

Quanta energia elétrica usamos em casa?

Podemos verificar o uso de energia elétrica de um imóvel analisando a conta de luz. O exemplo a seguir mostra o histórico de faturamento de uma residência no estado de São Paulo entre abril de 2019 e abril de 2020. Note que o consumo referente ao mês de abril de 2020 foi de 140 kWh.

| Dados da Conta | |
|-------------------|---------------------|
| VENCIMENTO | TOTAL A PAGAR (R\$) |
| 27 ABR 2020 | |
| 92,90 | |
| CONTA REFERENTE A | |
| ABR 2020 | |

| Dados de Medição | |
|----------------------|---------------|
| Nº do medidor | |
| 31889 | |
| Leitura anterior | 13 MAR |
| Leitura atual | 23.510 |
| Próxima leitura | 14 ABR |
| Fator multiplicador | Não Executada |
| Consumo do mês (kWh) | 140,0 |
| Número de dias | 32 |



| Classificação da Unidade Consumidora | | |
|--------------------------------------|------------|-----------------------------------|
| Grupo | Subgrupo | Classe |
| RESIDENCIAL | | |
| Subclasse RESIDENCIAL | | |
| Tipo de Fornecimento | Monofásico | Modalidade Tarifária Convencional |

| Reservado ao Fisco | | | | | |
|---|----------------|-------|-----------------|----------|------|
| Data da Emissão | Nº Nota Fiscal | Série | Base de Cálculo | Aliquota | ICMS |
| 14 ABR 2020 | 209884258 | B | 83,20 | 12% | 9,98 |
| CFOP 5258: venda de en. elétrica a não contribuinte | | | | | |

| Descrição de Faturamento | | Bandeira(s) Tarifária(s) aplicada(s) no mês VERDE | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|---|---------------|-----------|-----------|------|-------|
| CCI | Descrição | QTD kWh | TARIFA C/ICMS | BASE ICMS | ALIQ ICMS | ICMS | VALOR |
| 0605 | USO SIST. DISTR. (TUSD) | 140.000 | 0,29557 | 41,38 | 12% | 4,97 | 41,38 |
| 0601 | ENERGIA (TE) | 140.000 | 0,29121 | 40,77 | 12% | 4,89 | 40,77 |
| 0699 | PIS/PASEP (0,23%) | | | 0,18 | 12% | 0,02 | 0,18 |
| 0699 | CONFINS (1,06%) | | | 0,87 | 12% | 0,10 | 0,87 |
| 0807 | COSIP - SÃO PAULO - MUNICIPAL | | | | | | 9,70 |
| Tarifas aplicadas (sem impostos) | | 0,25971 | (TUSD) | 0,25588 | (TE) | | |
| CONVENCIONAL-RESIDENCIAL | | | | | | | |
| Valor dos Tributos: R\$ 11,03 | | | | | | | |

Conta adaptada da empresa Enel Brasil.

As bandeiras tarifárias aplicadas no mês que se referem ao maior custo são indicadas como “vermelho”; as de menor custo são indicadas como “verde”, e são referentes à produção de energia elétrica. Uma das variáveis que entram na composição desse custo é a quantidade de chuva nas cabeceiras dos rios que alimentam uma usina hidroelétrica.

Na tabela abaixo estão listados alguns aparelhos elétricos utilizados nessa residência.

| Aparelhos | Potência (W) |
|--|--------------|
| Aparelho de som (<i>mini system</i>) | 150 |
| Cafeteira elétrica (residencial) | 600 |
| Chuveiro elétrico | 5.500 |
| Ferro elétrico | 200 |
| Forno de micro-ondas | 2.000 |
| Geladeira simples | 250 |

Supondo que existam dois moradores nessa casa e que cada pessoa tome um banho de vinte minutos por dia, qual é a porcentagem de consumo de um chuveiro elétrico em relação ao total do consumo dessa casa, no final do inverno, em agosto de 2019? O que você tem a dizer sobre essa porcentagem?

Resolução:

O consumo C é definido como a potência P do chuveiro multiplicado pelo tempo de uso Δt , assim:

$$C = P \cdot \Delta t$$

A potência do chuveiro é de 5.500 W. O tempo de uso diário do chuveiro dos dois moradores será de $40 \text{ min} = \frac{2}{3} \text{ h}$ em um dia. Como o exercício solicita o consumo do mês de agosto, precisamos multiplicar o tempo de uso do chuveiro por 29 dias; assim, temos:

$$C = P_{\text{chuveiro}} \cdot \Delta t_{\text{mês}} \Rightarrow C = 5.500 \cdot 29 \cdot \frac{2}{3} \Rightarrow C = \frac{319.000}{3}$$

$$\therefore C \approx 106,3 \text{ kWh}$$

Em agosto, foram utilizados 147 kWh. Em porcentagem, o valor do consumo do chuveiro elétrico será:

$$\begin{array}{rcl} 147 \text{ kWh} & - & 1 \\ 106,3 \text{ kWh} & - & x \end{array} \quad \therefore x \approx 72,3\%$$

Nas condições apresentadas, o chuveiro consome cerca de 72,3% da potência total utilizada no mês de agosto por esses moradores.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

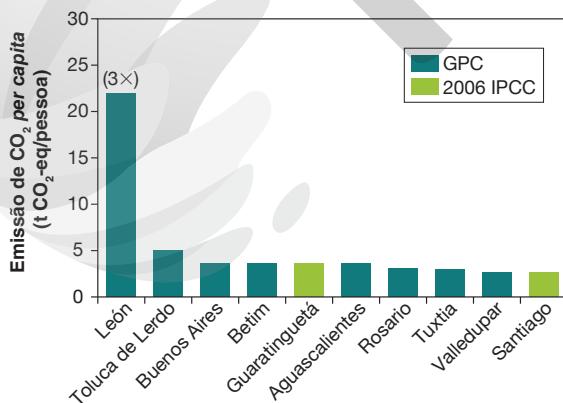
Se sua residência é abastecida de energia elétrica, verifique seu consumo e faça uma estimativa da contribuição do chuveiro elétrico no valor da sua conta de luz. Quais ações você e sua família poderiam adotar para economizar?

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

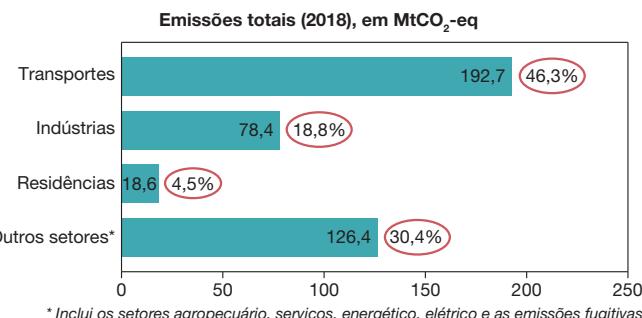
1. A quantidade de emissão de dióxido de carbono (CO_2) é um parâmetro utilizado para verificar a intensificação do efeito estufa e seus desdobramentos ambientais, além de indicar o tipo de energia primária que é utilizada em determinada região. Estudo recente realizado por um grupo de pesquisadores analisou diversos bancos de dados e calculou as emissões de CO_2 per capita em 343 cidades do mundo. Esse levantamento considerou apenas as emissões ocorridas no território das cidades, incluindo a geração de energia, indústria, resíduos e transportes. A cidade que apresentou a maior taxa de emissão per capita entre todas as 343 cidades pesquisadas foi Quezon (Filipinas), com 243 toneladas de CO_2 equivalente por pessoa (243 t CO_2 -eq/pessoa), e em segundo lugar ficou León, cidade industrial do México, com 65,6 t CO_2 -eq/pessoa. O gráfico a seguir ilustra o resultado de uma região específica: a América Latina e o Caribe.



Para a região da América Latina e do Caribe foram selecionadas as dez cidades que mais emitem CO_2 . Betim, cidade de Minas Gerais, aparece em quarto lugar, com 4,2 t CO_2 -eq/pessoa.

Analisando o que foi estudado no capítulo sobre o uso de energia e desenvolvimento econômico, qual seria sua hipótese sobre a atividade econômica de Betim e qual é a provável fonte de energia utilizada? Que tal realizar uma pesquisa para validar e justificar sua hipótese?

2. O emprego de fontes renováveis na matriz energética de um país contribui mundialmente para a diminuição da emissão de dióxido de carbono (CO_2). Apesar de o Brasil ser um dos países com menor emissão de CO_2 quando comparado a outros países, só em 2018 o total de emissões antrópicas relacionadas à matriz energética brasileira foi de 416,1 milhões de toneladas em equivalência de dióxido de carbono (Mt CO_2 -eq).



Total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Com base nos dados representados acima, aponte os setores brasileiros que mais contribuem com a emissão de CO_2 e discuta possíveis soluções para a redução de CO_2 desses setores.

4. Fontes alternativas de energia

As fontes convencionais de energia são mais utilizadas na produção de energia elétrica, que é usada rotineiramente pelos seres humanos em suas atividades. Essas fontes são, por exemplo, as usinas hidroelétricas e as termoelétricas, os combustíveis fósseis, o gás natural e o GLP. Entretanto, muitas dessas fontes ou produzem efeitos desastrosos na natureza, ou estão em vias de esgotamento, ou ambas as coisas. Isso significa que é necessário viabilizar novas fontes energéticas, já que o uso de energia no mundo aumenta, como vimos, de forma alarmante. Além disso, não é mais possível suportar a degradação ambiental decorrente de algumas das fontes convencionais de energia.

A produção alternativa de energia deve priorizar os recursos renováveis para não desembocar no mesmo problema dos combustíveis fósseis, cujas reservas estão se tornando cada vez mais escassas, sem possibilidade de renovação. A produção alternativa de energia também deve ser orientada no sentido de minimizar os impactos negativos ao ambiente. Além de projetos desenvolvidos em seus ministérios, o governo brasileiro tem promulgado leis e criado programas de incentivo a empresários que invistam em energias renováveis, principalmente a solar e a eólica, analisadas a seguir.

Energia solar

A Terra recebe continuamente do Sol energia equivalente a $1,9 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$, aproximadamente $1,3 \text{ kW/m}^2$, valor conhecido como **constante solar**. Entretanto, é preciso lembrar que boa parte dessa energia é refletida pela atmosfera, não alcançando a superfície do nosso planeta. Mesmo assim, admitindo que cerca de 30% da energia retorne para o espaço, o solo é atingido por cerca de $1,3 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$, equivalente a $0,91 \text{ kW/m}^2$. Isso significa que uma área de 100 m^2 (um quadrado com 10 m em cada lado, por exemplo) recebe, em 12 horas de insolação, uma quantidade de energia de $94 \cdot 10^6$ calorias, isto é, aproximadamente $4 \cdot 10^8$ joules. Essa quantidade é suficiente, se for totalmente absorvida por 10 toneladas de água, para aumentar em quase 10°C sua temperatura. Portanto, é grande a quantidade de energia que chega ao solo e está disponível para uso. O problema é como captar essa energia de modo econômico, de maneira que o custo da captação não seja elevado a ponto de inviabilizar o processo.

Existem basicamente três maneiras de efetuar o aproveitamento da energia solar, as quais examinaremos a seguir.

Captação passiva

A **captação passiva** é o processo mais antigo e rudimentar de aproveitamento da energia solar de que se tem conhecimento. Ao construir habitações estrategicamente situadas para ter uma boa insolação, ao posicionar janelas e telhados de modo que recebam maior quantidade de radiação do Sol, ao se preocupar em fazer estufas para o cultivo de plantas (Fig. 7), o ser humano melhora o rendimento da captação passiva da energia solar. Essa captação vem sendo aprimorada cada vez mais com o tempo, e atualmente existem muitos projetos arquitetônicos que otimizam esse aproveitamento energético.

Captação por coletores solares

Os dispositivos chamados **coletores solares** são utilizados fundamentalmente para o aquecimento de líquidos, sobretudo a água, para uso doméstico ou industrial.

Atualmente, já se discute a possibilidade de utilização de energia solar para a geração de energia elétrica a partir do uso de turbinas a vapor em usinas termossolares. Nesse caso, espelhos curvos (Fig. 8) que acompanham o movimento diurno do Sol captam a radiação solar e a focalizam sobre uma tubulação escura em que há óleo ou um fluido aquoso. A tubulação percorre vários quilômetros até um trocador de calor, que aquece o líquido e o converte em vapor.



Figura 7 Captação passiva de energia solar em uma estufa de hortaliças. Atibaia, SP, 2019.



Figura 8 Espelhos em forma de calha que captam a energia solar e aquecem um fluido. Deserto na Califórnia, Estados Unidos, 2014.

Ao se expandir em uma turbina, o vapor aciona um gerador que, da mesma forma que em uma usina hidroelétrica, gera energia elétrica (Fig. 9). O custo da energia elétrica por esse processo, de acordo com a empresa americana Inland Energy Inc., é de US\$ 0,20/kWh a US\$ 0,29/kWh para a instalação dos espelhos.

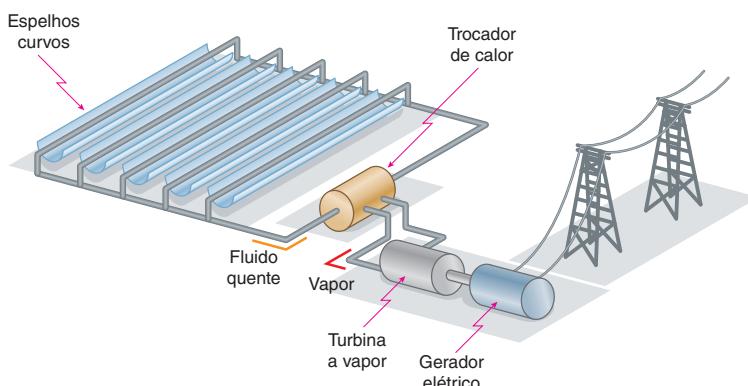


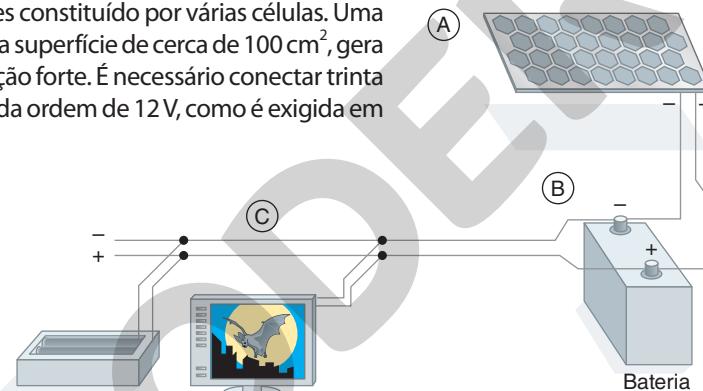
Figura 9 A energia solar é utilizada para gerar vapor, que, ao acionar uma turbina, gera energia elétrica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Captação por painéis fotovoltaicos

Outro meio de captar energia solar é com o uso de **células solares fotovoltaicas**. Esses dispositivos têm a capacidade de gerar diferenças de potencial quando iluminados pela luz do Sol, transformando a energia solar, predominantemente luminosa, em energia elétrica.

O processo para captação de energia solar é feito atualmente por meio de **painéis fotovoltaicos**, cada um deles constituído por várias células. Uma única célula de silício cristalino, com uma superfície de cerca de 100 cm^2 , gera uma tensão de 0,4V, em caso de irradiação forte. É necessário conectar trinta células em série para gerar uma tensão da ordem de 12 V, como é exigida em um circuito simples (Fig. 10).

Figura 10 Representação esquemática de um circuito fotovoltaico: (A) painel solar fotovoltaico; (B) bateria; (C) equipamentos de 12 V a serem energizados. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



O uso de painéis fotovoltaicos é muito difundido em locais onde o acesso à rede elétrica é mais difícil. Por exemplo, no Paraná, a aldeia indígena Wai-Wai possui 12 módulos de painéis solares com potência de 540 W cada um, que bombeiam 10 mil litros de água e permitem a iluminação de suas habitações. No Pantanal, postos da Polícia Florestal do Mato Grosso do Sul funcionam com energia captada por painéis fotovoltaicos. Na Amazônia, cerca de 600 moradores da comunidade Céu de Mapíá, que fica a dois dias de barco da cidade de Boca do Acre (AM), recebem energia de painéis desse tipo. E há muitos outros exemplos que tendem a se multiplicar, na medida em que as fontes convencionais de energia não atendam a demanda.

Podemos dizer que inúmeras vantagens fazem a energia solar ser uma opção muito interessante para o fornecimento de energia, principalmente em países onde há intensa incidência de radiações solares na maior parte do território e durante quase todo o ano, como no Brasil. Enumeremos algumas das vantagens:

- Diferentemente das usinas hidroelétricas, é uma energia que não gera nenhum tipo de resíduo nem causa impactos ambientais negativos.
- A instalação dos equipamentos de captação é muito simples, e eles exigem pouca manutenção.
- A vida útil dos painéis solares é superior a vinte anos.
- Não há consumo de combustível de nenhuma espécie.
- Garante a autossuficiência energética nos locais onde a instalação é feita.
- Salvo os investimentos iniciais para a aquisição e instalação dos painéis, que tendem a diminuir com o tempo, não existe mais nenhum valor a pagar. Não há conta a ser paga no fim do mês, por exemplo, pois a energia do Sol é gratuita.

Entretanto, há outros problemas a serem solucionados em relação ao fornecimento de energia solar. Em primeiro lugar, o custo da energia propiciada pelos painéis fotovoltaicos, entre US\$ 0,47/kWh e US\$ 0,70/kWh, ainda é alto. Para ser competitivo com o da energia elétrica produzida por uma usina hidroelétrica, por exemplo, o preço do kWh deveria estar em torno de US\$ 0,18. Além disso, a quantidade de energia obtida das células solares disponíveis no mercado atual é pequena e também há o problema do armazenamento dessa energia, uma vez que o período de incidência da luz solar é limitado. A produção de baterias eficientes e baratas que devem ser carregadas para acumular energia para os períodos em que não há incidência de luz solar ainda não é uma questão plenamente solucionada.

Dialogando com o texto

[Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.](#)

O acesso à distribuição de energia elétrica no Brasil ainda é escasso em lugares remotos ou de difícil acesso, como em comunidades indígenas do país. O projeto Xingu Solar, desenvolvido pelo Instituto Socioambiental, realizou a instalação de setenta sistemas fotovoltaicos em 65 aldeias do Território Indígena do Xingu (TIX), em Mato Grosso, para a geração de eletricidade. Segundo avaliação do Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), as comunidades locais preferem a energia renovável em razão da sustentabilidade e da sensação de segurança que a disponibilidade desse tipo de fonte energética dá em relação à fonte principal anterior (geradores a diesel).

Os painéis fotovoltaicos foram instalados em unidades básicas de saúde, escolas e espaços de uso comum. A iniciativa promoveu melhorias nas comunidades, como aulas no período noturno e o funcionamento mais amplo das unidades de saúde e de sedes de associações. Os painéis instalados têm baixa potência (cerca de 280 Wp), não sendo suficientes para as demandas das aldeias; por isso ainda são empregados os geradores a diesel na geração de eletricidade. Entretanto, estima-se que das 1.200 toneladas/ano de emissão de CO₂ geradas pelo uso exclusivo dos geradores a diesel, houve uma redução de cerca de 600 toneladas de CO₂ ao ano com o uso dos sistemas fotovoltaicos.

De acordo com o texto, as comunidades indígenas do Território Indígena do Xingu utilizam duas fontes de energia para a geração de eletricidade nas aldeias. Classifique essas fontes de energia, apontando as vantagens e desvantagens em seu uso nessas comunidades.

Uma possibilidade de melhorar as condições de aproveitamento da energia solar é associar dois processos de captação: utilizar coletores solares quando o objetivo for apenas aquecimento, como em chuveiros e torneiras (a energia solar não é transformada em elétrica), e usar os painéis fotovoltaicos somente para a geração de energia elétrica necessária para o funcionamento de aparelhos que utilizam eletricidade.

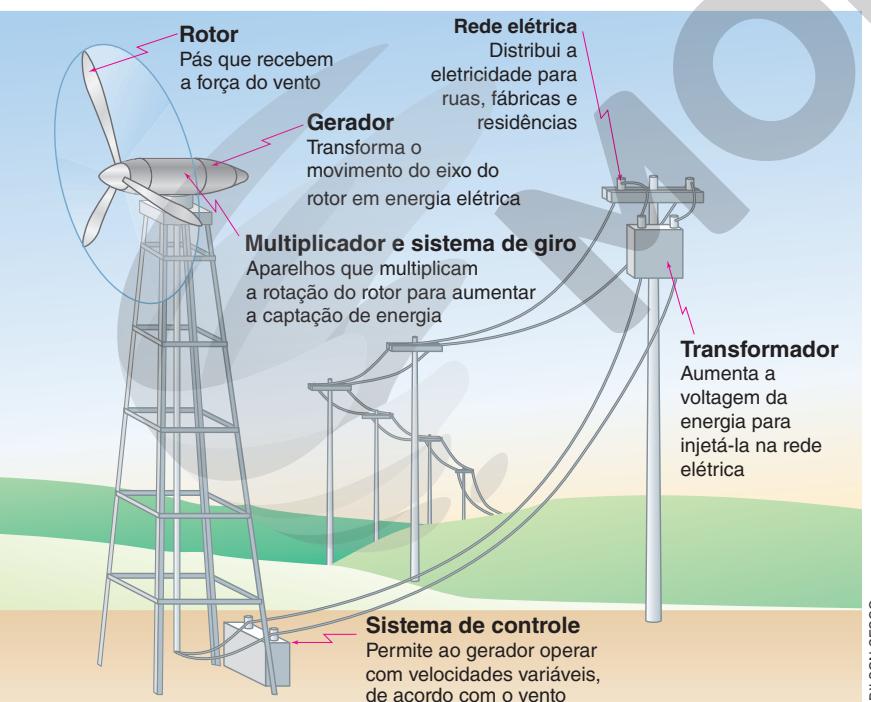


Figura 11 Representação esquemática de uma turbina eólica e do sistema de transmissão de energia. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Energia eólica

O deus dos ventos, na mitologia grega, chama-se Éolo. De seu nome origina-se o termo **energia eólica**, que denomina a energia dos ventos, isto é, das correntes de ar que se estabelecem na atmosfera terrestre. Vamos agora analisar quais são as condições de aproveitamento dessa energia para uso do ser humano.

As **turbinas eólicas** ou **aeromotores** são grandes "cata-ventos" de eixo horizontal que possuem um rotor, constituído de uma haste giratória e das pás metálicas, de um multiplicador de velocidade e de um gerador eólico, cujos componentes se movimentam produzindo a eletricidade (Fig. 11). Para começar a funcionar, os ventos devem ter velocidade de no mínimo 3 m/s. Velocidades muito elevadas, porém, podem danificar o aeromotor. Entretanto, é possível, por meio da angulação das pás girantes, adequar as turbinas eólicas às condições de vento existentes, de modo que o aproveitamento da energia eólica seja o máximo possível.

Os custos de produção e de instalação de turbinas eólicas vêm baixando significativamente, viabilizando cada vez mais a utilização dessa fonte alternativa de energia. Admite-se que o preço do kWh de energia elétrica de origem eólica possa baixar a US\$ 0,08, um valor extremamente competitivo comparado com outras fontes energéticas, como a energia hidroelétrica (US\$ 0,18/kWh). Como a produção é intermitente, pois o sistema só funciona quando há vento, um problema a ser considerado é o da armazenagem dessa energia. No entanto, as novas gerações de baterias e acumuladores tendem a superar esse obstáculo.

Estima-se que o custo para a produção de energia elétrica obtida da energia eólica seja de US\$ 0,06/kWh a US\$ 0,08/kWh, mas a transmissão da energia elétrica gerada pode elevar esses valores.

O uso da energia eólica também traz consequências socioambientais. Entre elas destacamos, primeiramente, as sonoras, em razão do ruído dos rotores, variando de acordo com o tipo de equipamento utilizado: as turbinas de múltiplas pás são menos eficientes e mais barulhentas que os aerogeradores de hélices de alta velocidade. Um segundo tipo de impacto socioambiental é o visual, que é decorrente do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas, também conhecidas como **parques ou fazendas eólicas**.

Energia da biomassa

O uso da biomassa pelos seres humanos como fonte de energia teve início há milhares de anos com a descoberta do fogo, fonte de calor e de luz. A **biomassa** consiste no material de origem orgânica, animal ou vegetal, presente em um dado momento em uma determinada área. Na biomassa, é grande a contribuição dos vegetais, razão pela qual ela está em constante renovação, pois as plantas, utilizando a energia solar e o gás carbônico no processo de fotossíntese, têm a capacidade de produzir novas substâncias, de crescer e de se multiplicar. Se o ser humano conseguisse aproveitar plenamente esse potencial da biomassa para produzir energia, a demanda energética mundial poderia ser atendida.

De acordo com o relatório do Balanço Energético Nacional 2018, em 2017, apenas a queima de lenha e de carvão vegetal gerou 8,0% de toda a energia produzida no Brasil. Isso, é claro, tem como consequência imediata os desmatamentos. Há no Brasil, entretanto, plantações cuja produção é, em grande parte, destinada à produção de biocombustíveis.

Hoje em dia, a produção de álcool etílico, **bioetanol** ou simplesmente etanol, pode ser feita a partir do milho (como no caso dos Estados Unidos), da beterraba (caso da França) ou da cana-de-açúcar, como acontece no Brasil. O bioetanol brasileiro movimenta boa parte da frota nacional de veículos leves e se destaca em relação ao produzido no resto do mundo por sua grande produtividade e relativo baixo custo.

A safra brasileira de 2018/2019 de cana-de-açúcar, de 620,4 milhões de toneladas, segundo o Conselho Nacional de Abastecimento (CONAB), gerou 33,14 bilhões de litros de etanol.

Outro combustível que pode ser obtido a partir da biomassa é o **biodiesel**. A história do biodiesel começou com a criação dos motores a diesel no final do século XIX, concebidos pelo alemão Rudolf Diesel (1858-1913) e projetados para funcionar com óleos vegetais ou animais.

Se o bioetanol brasileiro é baseado em uma única matéria-prima, a cana-de-açúcar, o biodiesel usa diferentes oleaginosas para a sua produção: o óleo de dendê, no Pará, a mamona, no Nordeste semiárido, e a soja, nas regiões Centro-Oeste e Sul. Existem ainda outras alternativas: o algodão, o babaçu, o girassol, o amendoim, a colza (canola), a palma e o pinhão-manso, além de gorduras animais (sebo bovino, suíno e de aves).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Reúna-se com alguns colegas e façam uma pesquisa sobre como a Ciência brasileira está contribuindo para reduzir o uso de energia não renovável e aumentar o aproveitamento de fontes alternativas, como as microalgas na produção de biodiesel, como vimos na abertura deste capítulo.

Em seguida, criem uma forma de comunicar os resultados da pesquisa aos outros grupos: apresentação oral, texto jornalístico ou de divulgação científica, maquete. Usem a criatividade! Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.

Seguem algumas sugestões:

- Busca em páginas de universidades e programas de pesquisa em energia.
- Entrevista com pesquisadores da área.
- Contribuição de comunidades tradicionais ao conhecimento de recursos energéticos.
- Panorama regional: o que tem sido feito em sua cidade/estado/região?

Os resíduos orgânicos, que também são biomassa, podem originar gás combustível, o chamado biogás. Para isso, esses resíduos devem passar por um processo de digestão anaeróbica, isto é, uma degradação por microrganismos em atmosfera rarefeita de oxigênio, feita em aparelhos chamados biodigestores (Fig. 12). Essa digestão, além do gás, permite obter um lodo ou borra utilizado como fertilizante, o adubo orgânico.

O biogás é uma mistura de vários gases, com predominância do metano, que tem uma série de aplicações. Pode ser utilizado como substituto do gás de cozinha, o GLP originado do petróleo, em fornos industriais, em iluminação e em usinas termoelétricas, substituindo os combustíveis fósseis.

Há alguns inconvenientes que devem ser considerados em relação ao biogás, entre eles: a possibilidade de explosões no biodigestor; a contaminação do solo e de lençóis de água nas regiões de instalação dos biodigestores em virtude do descarte da água residual; vazamento de gases tóxicos, como o gás sulfídrico. Porém, esses inconvenientes podem ser controlados. Talvez o problema maior esteja na queima do biogás, na qual ocorre a liberação de gases de efeito estufa, principalmente do CO₂.

O fato é que, apesar dos inconvenientes levantados, o aperfeiçoamento desse processo de obtenção de energia é fundamental pois, além de suprir as necessidades energéticas, pode, por exemplo, amenizar o grave problema do lixo urbano, que contém grande quantidade de resíduos orgânicos. Nas grandes cidades, como São Paulo e Rio de Janeiro, o volume de lixo produzido é de várias dezenas de toneladas. O destino desse lixo normalmente é o aterro sanitário, que apresenta uma série de inconvenientes, causando impactos ambientais negativos de grandes proporções. Por isso, são muito importantes as iniciativas no sentido de produzir o biogás a partir dessa imensa quantidade de material orgânico.

ANDRÉ DIB/PULSAR IMAGENS



Figura 12 Biodigestor instalado em São Francisco, MG, 2017.

Atividades finais



Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

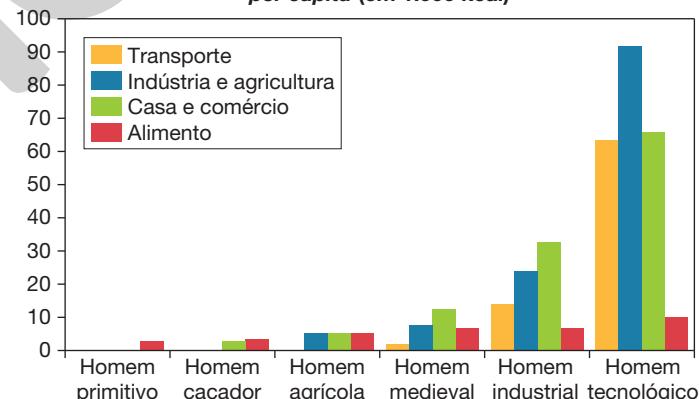
- 1.** (Encceja) O gráfico mostra a evolução do consumo médio diário de energia *per capita* ao longo da história humana.

O consumo de energia na indústria e na agricultura superou o consumo no setor de casa e comércio no período histórico que corresponde ao:

- a) homem caçador.
- b) homem medieval.
- c) homem industrial.
- d) homem tecnológico.

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, A. Energia e Sociedade, Ciência Hoje, v. 5, n. 29, mar./1987.

Evolução do consumo médio diário de energia *per capita* (em 1.000 kcal)



- 2.** (Encceja) O uso de fontes renováveis de energia é recomendável porque, mesmo com o passar dos anos, essas fontes não se esgotam e podem continuar a ser utilizadas. Esse é um dos fatores a favor do uso de:

- a) Hidrelétricas e termelétricas movidas a petróleo.
- b) Hidrelétricas e coletores solares.
- c) Termelétricas movidas a petróleo ou a gás natural.
- d) Coletores solares e usinas nucleares.

- 3.** (Enem) O potencial brasileiro para gerar energia a partir da biomassa não se limita a uma ampliação do Proálcool. O país pode substituir o óleo diesel de petróleo por grande variedade de óleos vegetais e explorar a alta produtividade das florestas tropicais plantadas. Além da produção de celulose, a utilização da biomassa permite a geração de energia elétrica por meio de termelétricas a lenha, carvão vegetal ou gás de madeira, com elevado rendimento e baixo custo. Cerca de 30% do território brasileiro é constituído por terras impróprias para a agricultura, mas aptas à exploração florestal. A utilização de metade dessa área, ou seja, de 120 milhões de hectares, para a formação de florestas energéticas, permitiria produção sustentada do equivalente a cerca de 5 bilhões de barris de petróleo por ano, mais que o dobro do que produz a Arábia Saudita atualmente.

(Adaptado de: Vidal J. W. B. "Desafios Internacionais para o século XXI." Seminário da Comissão de Relações Exteriores e de Defesa Nacional da Câmara dos Deputados, ago. 2002.)

Para o Brasil, as vantagens da produção de energia a partir da biomassa incluem:

- a) Implantação de florestas energéticas em todas as regiões brasileiras com igual custo ambiental e econômico.
- b) Substituição integral, por biodiesel, de todos os combustíveis fósseis derivados do petróleo.
- c) Formação de florestas energéticas em terras impróprias para a agricultura.
- d) Importação de biodiesel de países tropicais, em que a produtividade das florestas seja mais alta.
- e) Regeneração das florestas nativas em biomas modificados pelo homem, como o cerrado e a Mata Atlântica.

- 4.** (Enem) O potencial brasileiro para transformar lixo em energia permanece subutilizado – apenas pequena parte dos resíduos brasileiros é utilizada para gerar energia. Contudo, bons exemplos são os aterros sanitários, que utilizam a principal fonte de energia ali produzida. Alguns aterros vêm com créditos de carbono com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Kyoto. Essa fonte de energia subutilizada, citada no texto, é o:

- a) Etanol, obtido a partir da decomposição da matéria orgânica por bactérias.
- b) Gás natural, formado pela ação de fungos de compostores da matéria orgânica.
- c) Óleo de xisto, obtido pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias.
- d) Gás metano, obtido pela atividade de bactérias anaeróbias na decomposição da matéria orgânica.
- e) Gás liquefeito de petróleo, obtido pela decomposição de vegetais presentes nos restos de comida.

- 5.** (Enem) A Lei Federal n. 11.097/2005 dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira e fixa em 5%, em volume, o percentual mínimo obrigatório a ser adicionado ao óleo diesel vendido ao consumidor. De acordo com essa lei, biocombustível é “derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”.

A introdução de biocombustíveis na matriz energética brasileira

- a) colabora na redução dos efeitos da degradação ambiental global produzida pelo uso de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo.
- b) provoca uma redução de 5% na quantidade de carbono emitido pelos veículos automotores e colabora no controle do desmatamento.
- c) incentiva o setor econômico brasileiro a se adaptar ao uso de uma fonte de energia derivada de uma biomassa inesgotável.
- d) aponta para pequena possibilidade de expansão do uso de biocombustíveis, fixado, por lei, em 5% do consumo de derivados do petróleo.
- e) diversifica o uso de fontes alternativas de energia que reduzem os impactos da produção do etanol por meio da monocultura da cana-de-açúcar.

- 6.** (Enem) Não é nova a ideia de se extrair energia dos oceanos aproveitando-se a diferença das marés alta e baixa. Em 1967, os franceses instalaram a primeira usina “maré-motriz”, construindo uma barragem equipada de 24 turbinas, aproveitando-se a potência máxima instalada de 240 MW, suficiente para a demanda de uma cidade com 200 mil habitantes. Aproximadamente 10% da potência total instalada são demandados pelo consumo residencial.

Nessa cidade francesa, aos domingos, quando parcela dos setores industrial e comercial para, a demanda diminui 40%. Assim, a produção de energia correspondente à demanda aos domingos será atingida mantendo-se:

- I. todas as turbinas em funcionamento, com 60% da capacidade máxima de produção de cada uma delas.
- II. a metade das turbinas funcionando em capacidade máxima e o restante, com 20% da capacidade máxima.
- III. quatorze turbinas funcionando em capacidade máxima, uma com 40% da capacidade máxima e as demais desligadas.

Está correta a situação descrita:

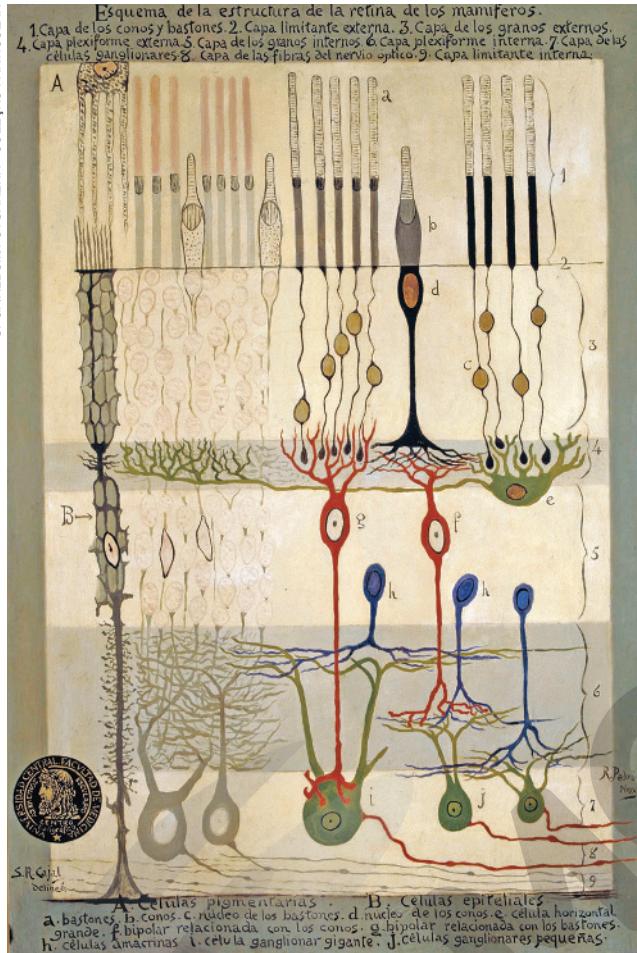
- a) apenas em I.
- b) apenas em II.
- c) apenas em I e III.
- d) apenas em II e III.
- e) em I, II e III.

CAPÍTULO

12

INTEGRAÇÃO E CONTROLE DO CORPO HUMANO

SFG/ALBUM/FOTOARENA · COLEÇÃO PARTICULAR



Esquema histológico da retina de um animal mamífero feito pelo neurocientista espanhol Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), laureado com o Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia em 1906 por seus estudos pioneiros sobre o sistema nervoso.

De olho na BNCC:

- EM13CNT202
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303

Apesar de todos os avanços científicos, ainda há muito a descobrir sobre o sistema nervoso, a sede do pensamento, da razão e das emoções; ainda não compreendemos a totalidade dessas características tão humanas. Um importante passo nessa direção, entretanto, é compreender a estrutura e o funcionamento básico do sistema nervoso, que determina boa parte de nossa humanidade.

Uma das características mais marcantes da sociedade humana contemporânea é a comunicação. A todo momento estamos nos comunicando, trocando informações com outras pessoas ou com elementos do mundo que nos rodeia. A comunicação que estabelecemos com o mundo exterior é, na verdade, uma extensão do que ocorre no interior de nosso corpo. A capacidade que temos de sentir o ambiente, assimilar suas informações e reagir adequadamente a cada situação depende da comunicação que ocorre dentro de nosso organismo: a comunicação que as células e os órgãos do nosso corpo mantêm continuamente entre si é fundamental para nossa sobrevivência.

Essa comunicação entre os diversos órgãos e células do organismo ocorre graças a dois eficientes sistemas de integração corporal: o sistema nervoso e o sistema endócrino. No sistema nervoso, as mensagens são pulsos elétricos que viajam rapidamente pelos nervos estabelecendo comunicação entre as partes do corpo e uma “estação central”, o encéfalo e a medula espinhal. Esses órgãos compõem o sistema nervoso central, cuja função é interpretar as informações obtidas e elaborar as respostas adequadas, enviando-as às estruturas do corpo, geralmente os músculos, responsáveis pelas ações. Embora represente apenas 2% de nossa massa

corporal, o cérebro consome cerca de 20% do gás oxigênio e da glicose necessários ao corpo. Segundo alguns estudiosos, a atividade intelectual intensa equivaleria a andar por 30 minutos à velocidade de 8 km/h.

No sistema endócrino, as mensagens são moléculas de hormônio. Viajando pelo sangue, os hormônios atingem as diversas partes do corpo. Embora mais lenta que a comunicação por via nervosa, a comunicação por via hormonal é muito eficiente. Quando estamos em situação de perigo, por exemplo, nossas glândulas adrenais, alertadas pelo sistema nervoso, lançam no sangue o hormônio adrenalina. Em alguns segundos, diversas partes do organismo são informadas do perigo e se preparam para reagir: os vasos sanguíneos da pele se contraem e empalidecemos, pois o sangue passa a se concentrar nos órgãos internos; as artérias que irrigam o coração, os pulmões e os músculos se dilatam, o que as faz levar mais sangue a essas partes do corpo e supri-las de alimento e gás oxigênio. Essas são apenas algumas das reações que nos preparam para enfrentar o iminente perigo.

Vamos iniciar o capítulo com o estudo do sistema nervoso humano e, em seguida, abordamos os principais sentidos humanos. Por último, vamos estudar o sistema endócrino, com destaque para os hormônios encarregados de ajustar nosso metabolismo.

1. O sistema nervoso

O **sistema nervoso** humano, assim como o de outros vertebrados, pode ser dividido em dois grandes ramos: o **sistema nervoso central (SNC)** e o **sistema nervoso periférico (SNP)**. O SNC é constituído pelo **encéfalo** e pela **medula espinhal**, locais em que as informações são interpretadas e a ação nervosa é coordenada e desencadeada. O SNP é constituído por **nervos** e **gânglios nervosos**, que estabelecem a comunicação do corpo com o SNC e deste com músculos e glândulas, os principais responsáveis pelas respostas do corpo a estímulos.

O tecido nervoso é composto basicamente de dois tipos de células: neurônios e gliócitos. Os **neurônios**, células especializadas na condução de impulsos nervosos, apresentam um **corpo celular** bem desenvolvido, no qual estão localizados o núcleo e a maior parte do citoplasma, e dois tipos de prolongamentos celulares, genericamente chamados de **neurofibras**: o **axônio**, geralmente longo e com ramificações apenas na extremidade, e os **dendritos**, geralmente mais curtos que o axônio e bastante ramificados. Os dendritos recebem impulsos nervosos e os conduzem em direção ao corpo celular do neurônio, enquanto os axônios conduzem impulsos nervosos que partem do corpo celular para sua extremidade. Geralmente o impulso nervoso é transmitido da extremidade do axônio a outra célula, que pode ser outro neurônio ou uma célula muscular, por exemplo. A região de grande proximidade entre a extremidade de um axônio e a célula que ele estimula é a **sinapse nervosa** (do grego *synapsis*, "junção") (Fig. 1).

Na região da sinapse geralmente não há união física entre as células. Um estreito espaço, denominado espaço sináptico, separa a extremidade de um axônio da membrana da célula pós-sináptica. No espaço sináptico, que mede entre 10 nm e 50 nm, o axônio libera **substâncias neurotransmissoras**, também denominadas **mediadores químicos**, que estavam previamente armazenadas nas extremidades axônicas. Os neurotransmissores liberados no espaço sináptico ligam-se a proteínas receptoras da membrana da célula pós-sináptica, gerando nela um novo impulso nervoso (caso se trate de um neurônio), um estímulo para contração (caso se trate de uma célula muscular) ou um estímulo para uma glândula liberar hormônios.

Os **gliócitos**, ou células gliais, têm as funções básicas de proteger e nutrir os neurônios. Há diversos tipos de gliócitos, entre os quais se destacam os **oligodendrócitos**, as **células de Schwann**, os **astrócitos** e as **micróglias**. Os oligodendrócitos e as células de Schwann formam um revestimento isolante chamado **estrato mielínico**, ou bainha de mielina, em torno de certas fibras nervosas, o que as protege e auxilia na condução dos impulsos nervosos (Fig. 2).

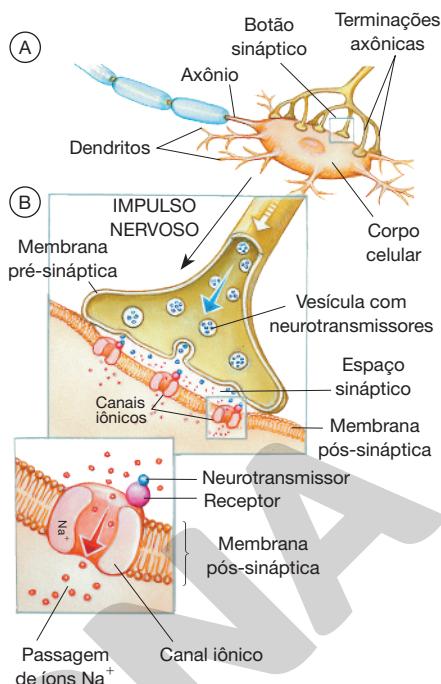


Figura 1 (A) Representação esquemática de sinapses entre as terminações axônicas de um neurônio e o corpo celular de outro. (B) Detalhes da extremidade axônica (botão sináptico) em corte; as substâncias neurotransmissoras, armazenadas em vesículas membranosas, são liberadas nos espaços sinápticos, causando mudanças na permeabilidade da membrana da célula pós-sináptica e desencadeando sua reação. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

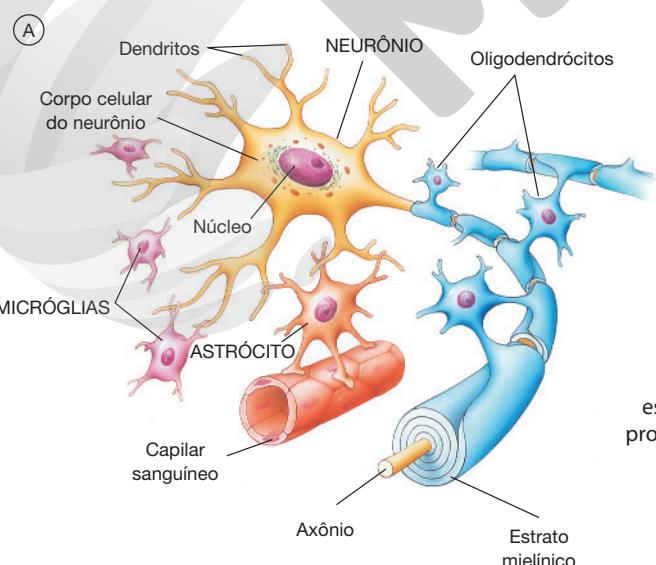


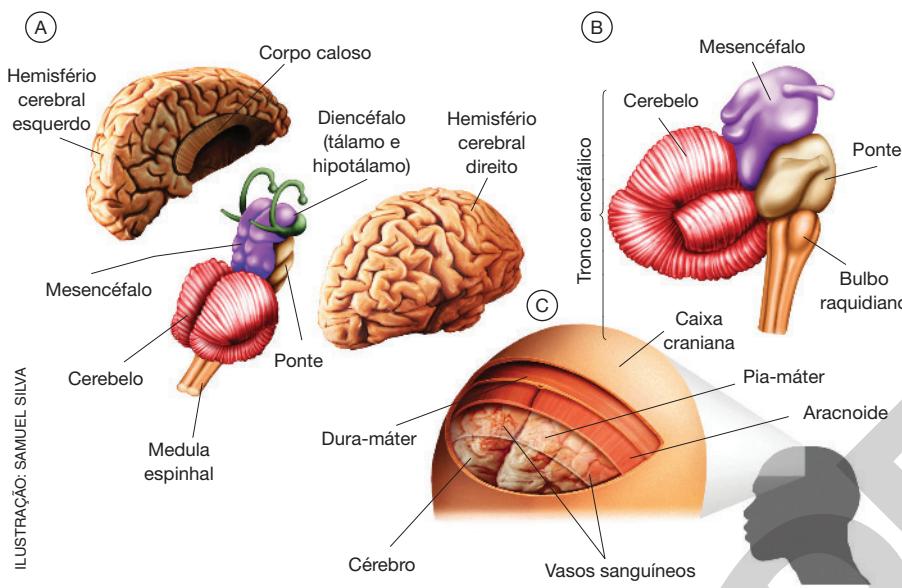
Figura 2 (A) Representação esquemática de parte de um neurônio e de alguns gliócitos. Os oligodendrócitos, representados em azul, são responsáveis pela formação de um envoltório protetor, o estrato mielínico, ao redor de certos axônios. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) (B) Fotomicrografia de corte de medula espinhal artificialmente corado mostrando neurônios, as células grandes com formato estrelado, e gliócitos, com núcleos celulares pequenos. (Microscópio fotônico; aumento $\approx 100\times$.)

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

Sistema nervoso central

O **sistema nervoso central** (SNC), constituído pelo encéfalo e pela medula espinhal, interpreta as informações captadas pelos órgãos dos sentidos e elabora respostas adequadas, enviando-as aos músculos, principais responsáveis pelas ações nervosas.

O encéfalo fica alojado na caixa craniana e é constituído pelo cérebro, pelo diencéfalo, pelo mesencéfalo, pela ponte, pelo cerebelo e pelo bulbo raquidiano. O **cérebro** compõe de 85% a 90% da massa encefálica; sua superfície é intensamente pregueada e marcada por sulcos e depressões, que definem as circunvoluções cerebrais. Um profundo sulco longitudinal divide quase completamente o cérebro nos **hemisférios cerebrais** direito e esquerdo. (Fig. 3).



Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

A importância da bainha de mielina, ou estrato mielínico, ficou dramaticamente comprovada na doença conhecida como esclerose múltipla. Pesquise na internet e pergunte a médicos conhecidos como essa doença se manifesta. Pesquise também sobre como as pessoas que apresentam esclerose múltipla convivem com a enfermidade. Escreva um texto curto relacionando os conceitos aprendidos em suas pesquisas e no capítulo com a doença.

Figura 3 Representações esquemáticas do encéfalo humano. (A) Hemisférios cerebrais deslocados para facilitar a visualização das partes encefálicas inferiores. (B) Detalhe do mesencéfalo, da ponte e do bulbo raquidiano, os quais constituem o tronco encefálico. (C) Cabeça humana com parte da caixa craniana removida para deixar expostas as meninges que revestem o cérebro. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de MILLER, K. R.; LEVINE, J. *Biology*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1993.

ILUSTRAÇÃO: SAMUEL SILVA

A camada mais externa dos hemisférios cerebrais, cuja espessura varia de 1 cm a 2 cm, é o **côrte** **cerebral**, ou massa cinzenta, formado por mais de 20 bilhões de corpos celulares de neurônios. A região mais interna dos hemisférios cerebrais é constituída por uma substância esbranquiçada, formada principalmente por neurofibras (dendritos e axônios), que levam informações ao córtex e trazem dele instruções para o funcionamento corporal. Alguns dos sulcos mais profundos dos hemisférios cerebrais delimitam áreas que coordenam funções específicas.

Um dos componentes do **diencéfalo**, o **tálamo**, é composto de duas massas ovoides, ricas em corpos celulares de neurônios, encaixadas na base do cérebro. Todas as mensagens sensoriais, exceto as provenientes dos receptores de olfato, passam pelo tálamo antes de atingir o córtex cerebral. O tálamo atua como estação integradora e retransmissora de impulsos nervosos para o córtex cerebral, direcionando-os para áreas apropriadas do cérebro, onde são processadas. O tálamo também parece exercer papel importante na regulação do estado de consciência, alerta e atenção.

O **hipotálamo**, localizado sob o tálamo, é importante na homeostase corporal, que consiste no ajuste do corpo às variações externas e internas. Entre outras funções, o hipotálamo controla a temperatura corporal, o apetite e o equilíbrio hídrico no corpo, além de ser o principal centro da expressão emocional e do comportamento sexual.

O **mesencéfalo**, localizado em sequência ao tálamo e ao hipotálamo, está envolvido sobretudo na recepção e coordenação de informações sobre o grau de tensão dos músculos em repouso, o chamado **tônus muscular**, e sobre a postura corporal.

A **ponte**, constituída principalmente por fibras nervosas que ligam o córtex cerebral ao cerebelo, contém centros nervosos coordenadores da movimentação dos olhos, do pescoço e de várias partes do corpo, também está relacionada à postura corporal, ao equilíbrio do corpo e ao tônus muscular.

O **cerebelo**, localizado entre a parte posterior do cérebro e a ponte, está conectado ao tálamo, ao tronco encefálico e à medula espinhal por numerosas fibras nervosas. Além de informações auditivas e visuais, o cerebelo recebe informações de diversas partes do encéfalo e da medula espinhal sobre a posição das articulações e o grau de estiramento dos músculos. Com base nisso, coordena os movimentos e orienta a postura corporal.

Atividade em grupo

Nesta atividade sugerimos duas possibilidades para facilitar a abordagem das funções encefálicas, que não necessitam memorização, mas que podem ser organizadas de modo que facilitem consultas futuras. A primeira possibilidade é a elaboração de uma tabela que relate cada uma das regiões do encéfalo com sua localização e suas funções. A segunda é a produção de um infográfico com desenhos do encéfalo e legendas explicativas de suas funções. Um tipo de abordagem seria que alguns grupos elaborassem a tabela e outros elaborassem o infográfico. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

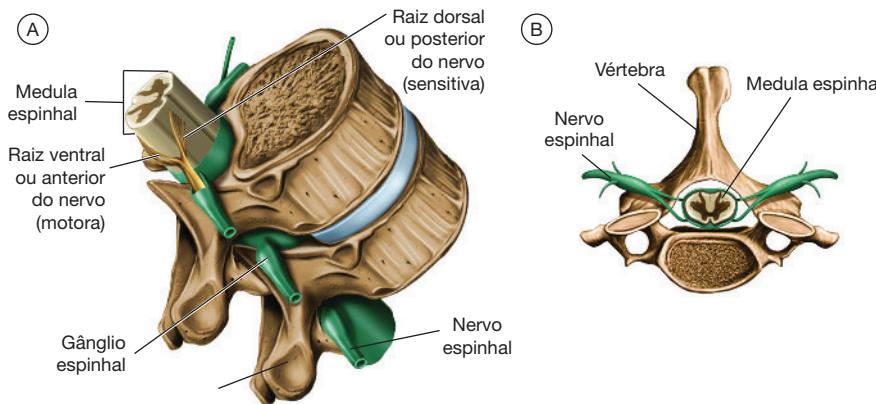


Figura 4 Representações esquemáticas de parte da coluna vertebral mostrando as vértebras e a medula espinhal. (A) Vista lateral. (B) Vista em corte transversal. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de MILLER, K. R.; LEVINE, J. *Biology*. Englewood Cliffs: Prendice-Hall, Inc., 1993.

A medula espinhal retransmite ao encéfalo informações colhidas nas diversas partes do corpo. A maior parte das ordens elaboradas no encéfalo também passa pela medula antes de chegar a seus destinos. Além de intermediar a comunicação do corpo com o encéfalo, a medula espinhal elabora respostas automáticas simples para certos estímulos, como retirar a mão rapidamente quando tocamos um objeto quente.

Sistema nervoso periférico

O sistema nervoso periférico (SNP) é constituído por nervos e gânglios nervosos. **Nervos** são estruturas filamentosas, formadas por neurofibras que partem do encéfalo e da medula espinhal e atingem as diversas partes do corpo. Certos nervos apresentam dilatações denominadas **gânglios nervosos**, nos quais estão presentes corpos celulares de neurônios. Os nervos que partem do encéfalo são chamados **nervos cranianos**, e os que partem da medula espinhal são chamados **nervos espinhais**, ou nervos raquidianos.

Os nervos espinhais conectam-se à medula espinhal por espaços existentes entre as vértebras. Em cada espaço intervertebral há um par de nervos espinhais, um de cada lado da coluna vertebral. Cada nervo se liga à medula por dois conjuntos de fibras nervosas que constituem as raízes do nervo. Há uma raiz nervosa que parte da região dorsal da medula espinhal (raiz dorsal) e outra na região ventral (raiz ventral) (Fig. 5).

A raiz dorsal de um nervo espinhal é formada somente por **neurônios sensitivos**, que conduzem os impulsos nervosos de órgãos sensitivos em direção ao SNC. A raiz ventral de um nervo espinhal é formada somente por **neurônios motores**, que conduzem impulsos nervosos do SNC aos músculos. Se a raiz dorsal de um nervo espinhal for lesada, a parte do corpo por ele inervada perderá a sensibilidade, sem sofrer, porém, paralisia muscular. Entretanto, se houver lesão apenas na raiz ventral de um nervo espinhal, ocorrerão paralisia e atrofia dos músculos inervados, porém sem perda das sensações de pressão, temperatura, dor etc. O vírus da **poliomielite**, doença também conhecida como paralisia infantil, afeta preferencialmente as raízes ventrais dos nervos espinhais, levando à falta de estimulação nervosa e à consequente atrofia muscular dos membros inervados pelos nervos afetados.

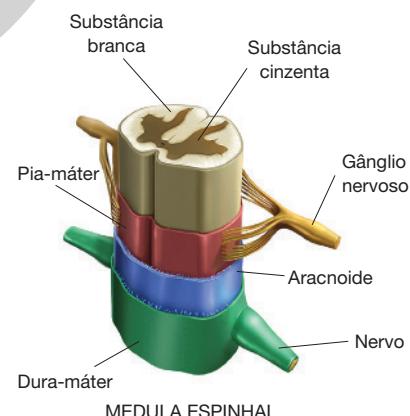


Figura 5 Representação esquemática de parte da medula espinhal mostrando as três meninges (dura-máter, aracnoide e pia-máter), as raízes de nervos espinhais e gânglios nervosos. Note que as posições da substância cinzenta (mais interna) e da substância branca (mais externa) na medula espinhal estão invertidas em relação a suas posições no encéfalo. A substância cinzenta é constituída principalmente por corpos de neurônios e a substância branca, por neurofibras. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

A medula espinhal é capaz de elaborar respostas rápidas em situações de emergência sem que seja necessária a interferência do encéfalo. Essas respostas, denominadas **respostas reflexas medulares**, também são chamadas de **arcos reflexos medulares**. A maioria dos arcos reflexos envolve a participação de três neurônios: um **neurônio sensitivo**, que leva o impulso nervoso até a medula espinhal, um **neurônio motor**, que conduz o impulso medular até um músculo, e um **neurônio associativo**, localizado no interior da medula espinhal e que conecta o neurônio sensitivo ao neurônio motor, participantes da resposta reflexa. O neurônio associativo também estimula neurônios que conduzem impulsos ao encéfalo, permitindo a tomada de consciência do que ocorreu. Esse tipo de resposta reflexa ocorre, por exemplo, quando tocamos o dedo em um objeto pontiagudo ou muito quente (Fig. 6).

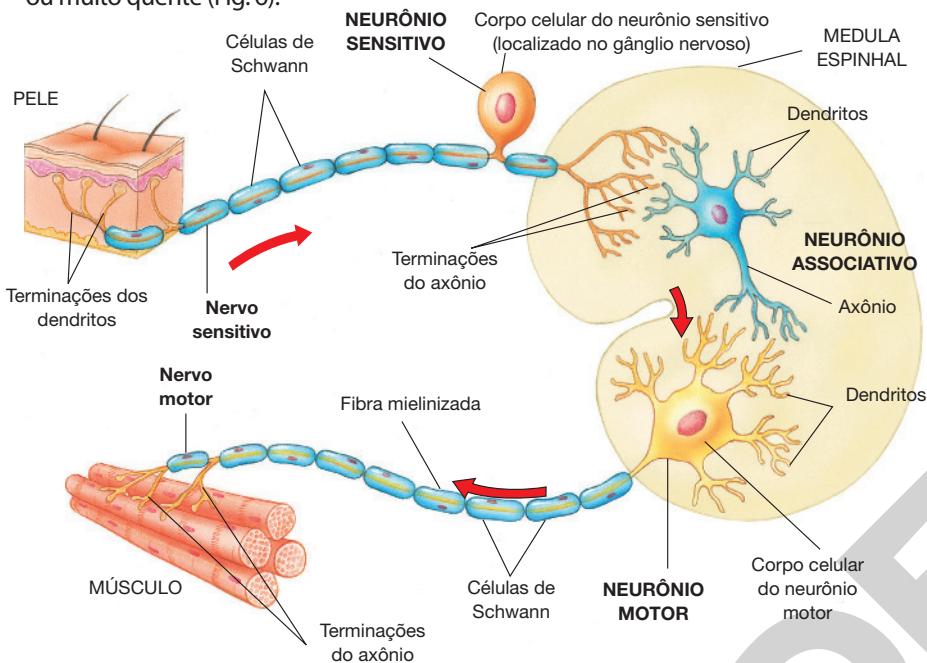


Figura 6 Representação esquemática de um arco reflexo com a participação de três neurônios: sensitivo, associativo e motor. As setas vermelhas indicam o sentido da transmissão do impulso nervoso. A resposta reflexa que alguns médicos testam com uma pequena martelada no joelho, o reflexo patelar, envolve apenas os neurônios sensitivos e motores, que fazem sinapse na medula espinhal. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Aplicando conhecimentos

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 1 e 2.

- a) encéfalo
- b) gânglio nervoso
- c) medula espinhal
- d) nervo
- e) sistema nervoso

Registre as respostas em seu caderno.

1. O(A) () é um filamento formado por fibras nervosas envoltas por tecido conjuntivo que se projeta do sistema nervoso central.
1. d
2. O(A) () é um pequeno aglomerado de corpos celulares de neurônios localizados fora do sistema nervoso central que forma uma dilatação em certos feixes de fibras nervosas.
2. b

2. Os sentidos

A capacidade de perceber o ambiente depende de **células sensoriais**, distribuídas pelo corpo e concentradas em órgãos dos sentidos como olhos e orelhas. As células sensoriais, especializadas na captação de diversos tipos de estímulo (luz, som, pressão, temperatura, odores etc.), quando expostas ao estímulo apropriado, produzem impulsos nervosos que são transmitidos ao sistema nervoso central por meio de nervos e interpretados como sensações.

Paladar e olfato

As células sensoriais responsáveis pelo **paladar** ficam na boca, agrupadas nas **papilas gustatórias**, pequenas saliências presentes na língua e no palato mole, facilmente visíveis com uma lente de aumento (Fig. 7).

Dialogando com o texto

Aos quatro gostos percebidos pela língua – azedo, doce, salgado e amargo – o pesquisador japonês Kikunae Ikeda (1864-1936), em 1908, sugeriu acrescentar um quinto gosto: *umami*. Faça uma pesquisa sobre o assunto em sites confiáveis na internet. Escreva um texto curto explicando como você definiria esse gosto com base em suas pesquisas. Pesquise também por que a indústria de alimentos adiciona glutamato de sódio e outras substâncias para a manifestação desse gosto. Quais são os principais tipos de alimento em que ele se manifesta? Escreva um texto curto a respeito.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

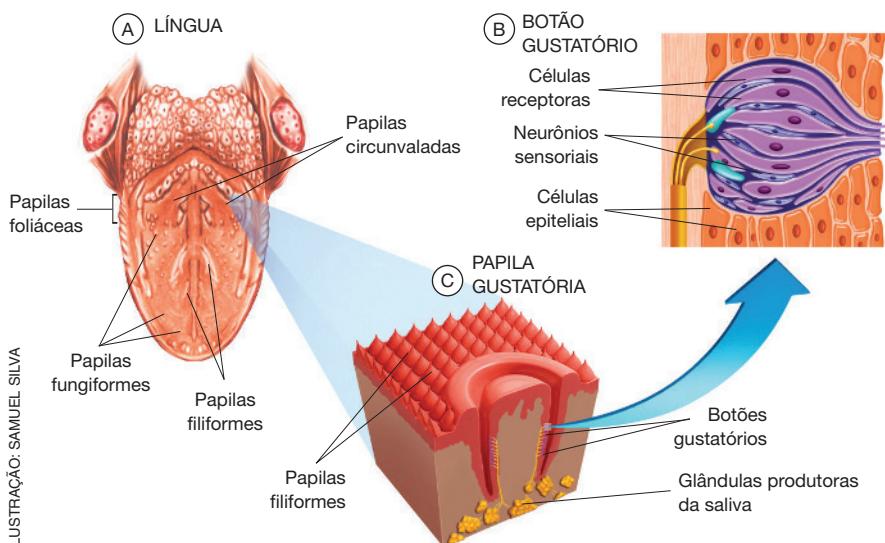


Figura 7 (A) Representação esquemática da língua humana que mostra a localização dos quatro tipos de papilas gustatórias. (B) Representação esquemática de um botão gustatório em corte que mostra as células receptoras, agrupadas como gomos de uma laranja. Uma pessoa adulta tem cerca de 10 mil botões gustatórios na língua, número que diminui com a idade. (C) Representação esquemática de uma papila circunvalada, um dos tipos de papila gustatória. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

O sentido do **olfato** está a cargo do **epitélio olfatório**, que fica no teto das cavidades nasais. Esse epitélio apresenta células quimiorreceptoras, recobertas pelo muco que reveste as cavidades nasais. Moléculas dispersas no ar difundem-se no muco das vias nasais e chegam às células quimiorreceptoras, gerando impulsos nervosos que são transmitidos a áreas específicas do SNC e interpretados como cheiro. O sabor é uma complexa mistura de sensações de paladar e de olfato, além de sensações táteis decorrentes da consistência dos alimentos.

Audição e equilíbrio

A **orelha humana** é o órgão responsável pela **audição** e pelo **equilíbrio** do corpo. Ela é composta de três partes básicas, denominadas, de fora para dentro: orelha externa, orelha média e orelha interna.

A **orelha externa** é o canal que se abre para o meio exterior no pavilhão auditivo, conhecido popularmente como orelha. As ondas sonoras fazem o ar vibrar dentro do canal da orelha externa e as vibrações são transmitidas à membrana timpânica, ou **tímpano**, uma fina membrana que separa a orelha externa da orelha média.

A **orelha média**, que fica dentro do osso temporal, é um duto estreito e cheio de ar que se comunica com a garganta por um canal flexível, a **tuba auditiva**. A função da tuba auditiva é equilibrar as pressões do meio exterior e do ar no interior da orelha. Na orelha média há três pequenos ossos alinhados em sequência: o **martelo**, a **bigorna** e o **estribo**. A vibração da membrana timpânica movimenta esses ossículos, que atuam como amplificadores e transmissores das vibrações à orelha interna.

A **orelha interna**, encravada no osso temporal, é um complexo labirinto membranoso conhecido como **aparelho vestibular**, no qual se localizam células sensoriais especializadas na captação de estímulos mecânicos. Os principais componentes do aparelho vestibular são: a **cóclea**, o **sáculo**, o **utrículo** e os **canais semicirculares**. A **cóclea** é responsável pela audição, e o **sáculo**, o **utrículo** e os **canais semicirculares** são responsáveis pelo equilíbrio corporal (Fig. 8).

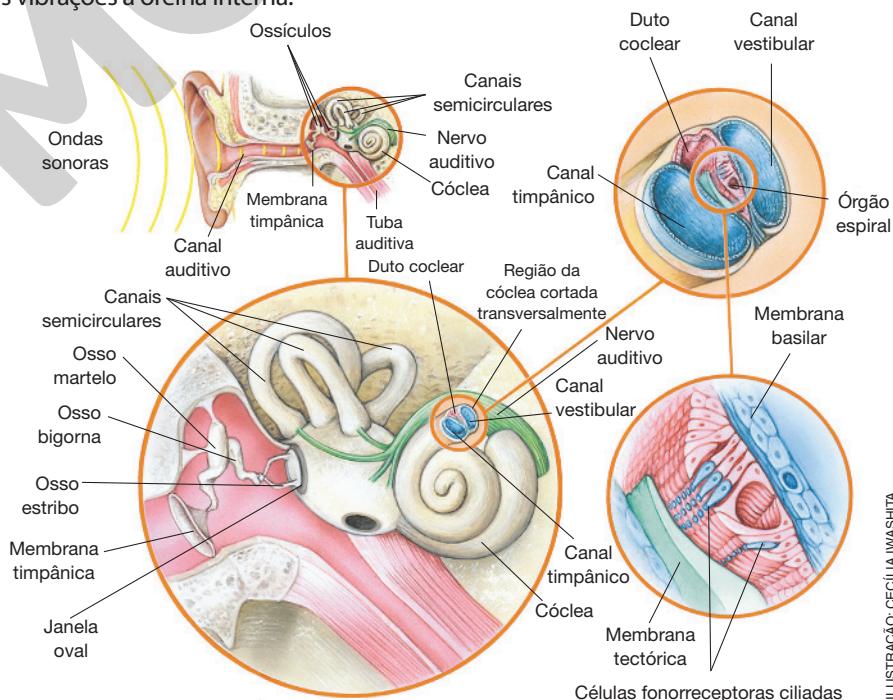


Figura 8 Representação esquemática da orelha humana mostrando sua organização interna em ampliações sucessivas.

Acompanhe a ilustração com o texto. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Como percebemos os sons

A base do osso **estribo** conecta-se à **janela oval**, uma área especializada da cóclea. A **cóclea** é um longo tubo cônico enrolado como uma concha de caracol cujo interior é dividido em três compartimentos cheios de líquido: o canal vestibular, o ducto coclear e o canal timpânico. No **ducto coclear**, localiza-se o órgão espiral, ou **órgão de Corti**, que contém **fonorreceptores**, células sensoriais ciliadas cujos cílios entram em contato com uma estrutura membranosa chamada **membrana tectorial**.

Quando uma vibração atinge o osso estribo, ela é transmitida ao líquido coclear, e as ondas de pressão geradas nesse líquido fazem os cílios das células fonorreceptoras do órgão de Corti roçar na membrana tectorial. Esse leve movimento ciliar gera impulsos nervosos nas células fonorreceptoras, os quais são conduzidos pelo **nervo auditivo** até o centro de audição do córtex cerebral, que os interpreta como sensações auditivas.

O sentido de equilíbrio

O **sáculo** e o **utrículo** são duas bolsas cheias de líquido que ficam sobre a cóclea. Em suas paredes internas há diversas **máculas**, estruturas formadas por células sensoriais ciliadas sobre as quais há pequenos grãos de carbonato de cálcio chamados **otólitos**, ou estatocôniros. Quando ocorrem mudanças na posição da cabeça, há deslocamento dos otólitos por ação da gravidade, o que estimula diferencialmente os cílios das células sensoriais nas máculas, gerando impulsos nervosos que são enviados ao cérebro. É dessa maneira que percebemos nossa posição no espaço e a velocidade com que nos deslocamos.

Os **canais semicirculares** são três tubos curvos e cheios de líquido localizados sobre o utrículo. Na base de cada tubo há uma dilatação, chamada de **ampola**, que abriga um aglomerado de células sensoriais ciliadas envolvidas por uma secreção gelatinosa. Quando movimentamos a cabeça, o líquido dos canais semicirculares se desloca e estimula as células sensoriais, que transmitem impulsos nervosos ao encéfalo.

Visão

Os órgãos responsáveis pela visão são um par de **bulbos dos olhos**, popularmente chamados de olhos. Cada bulbo é uma bolsa membranosa cheia de líquido, embutida em uma das órbitas oculares do crânio. Nos bulbos oculares há células sensoriais especializadas na captação de estímulos luminosos, os chamados **fotorreceptores**.

Os bulbos dos olhos são revestidos por uma membrana transparente e dotada de finíssimos vasos sanguíneos, a **conjuntiva**, que se estende pela superfície interna das pálpebras. Sob a conjuntiva há a parede do bulbo ocular, formada por três camadas de tecido: esclera, corioide e retina.

Na parte anterior do bulbo ocular, a esclera apresenta uma área transparente à luz, a **córnea**, abaixo da qual há uma câmara preenchida pelo humor aquoso, um líquido também transparente. A **corioide**, localizada imediatamente abaixo da esclera, é uma película pigmentada rica em vasos sanguíneos que nutrem e oxigenam as células do olho. Sobre a córnea, a corioide forma a **íris**, o disco colorido do olho em cujo centro há um orifício, a **pupila**, por onde a luz penetra no globo ocular. Os movimentos de abertura e fechamento da íris ajustam a abertura da pupila de acordo com a luminosidade do ambiente.

Atrás da íris localiza-se a **lente do olho** (antes chamada de cristalino), uma estrutura proteica transparente com forma biconvexa. Sua curvatura pode ser modificada pela ação de músculos, de modo que a luz que passa através da lente forma a imagem seja focalizada corretamente sobre o fundo do olho. Atrás da lente há uma grande câmara preenchida por um líquido viscoso e transparente, o corpo vítreo.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

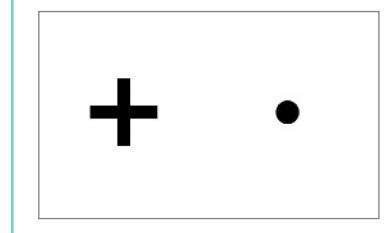
Dialogando com o texto

Se girarmos rapidamente sobre nosso eixo corporal e paramos subitamente, fechando os olhos, a sensação experimentada é de tontura. Com base no que foi apresentado no texto sobre o papel dos canais semicirculares e das informações visuais sobre nossa posição no espaço, como você explicaria, em texto curto e objetivo, a razão dessa tontura?

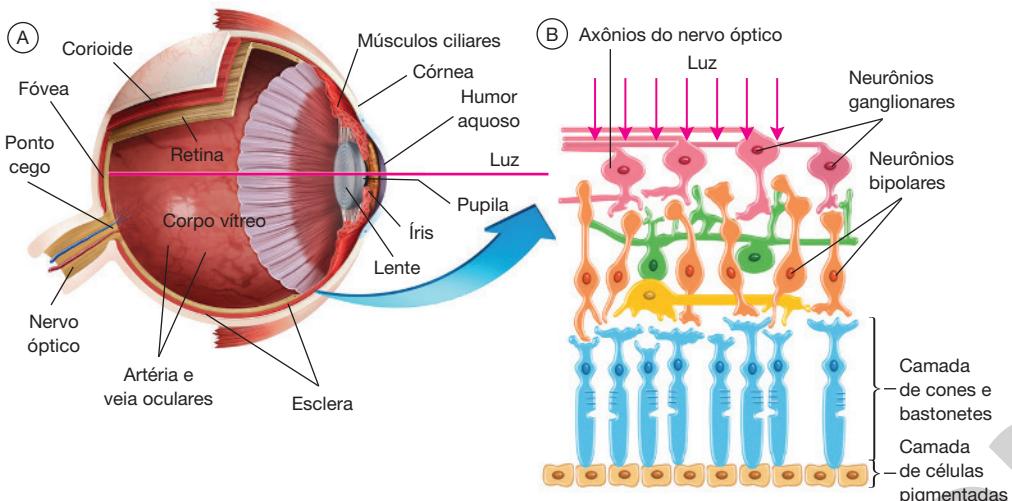
Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade prática

É possível que você já tenha feito um teste para detectar a presença de um “ponto cego” em nossa retina. Esse ponto é o local onde o nervo óptico sai do bulbo do olho. Aproveite para fazer esse teste; siga as instruções. Na imagem abaixo, focalize a cruz com o olho esquerdo e feche o olho direito. Aproxime lentamente a imagem. O que acontece?



A camada que reveste internamente a câmara ocular é a **retina**, na qual há dois tipos de células fotorreceptoras: os bastonetes e os cones. Os **bastonetes** não distinguem cores, mas apresentam alta sensibilidade à luz. Os **cones** são menos sensíveis que os bastonetes, mas têm capacidade de discriminar diferentes comprimentos de onda, o que possibilita a distinção das cores. Quando cones ou bastonetes são excitados pela luz, geram impulsos nervosos que são transmitidos ao centro visual do córtex cerebral pelo **nervo óptico** (Fig. 9).



3. O sistema endócrino

O **sistema endócrino** é formado pelas **glândulas endócrinas** (do grego *endos*, "dentro", e *krynos*, "secreção"), que produzem hormônios e os secretam diretamente no sangue. As principais glândulas endócrinas humanas são: a **hipófise**, a **glândula tireoide**, as **glândulas paratireoides**, o **pâncreas**, as **glândulas adrenais** (suprarrenais) e as **gônadas** (testículos e ovários). O **hipotálamo** também é um órgão endócrino, uma vez que produz diversos hormônios, alguns dos quais controlam o funcionamento da glândula hipófise.

Hipófise

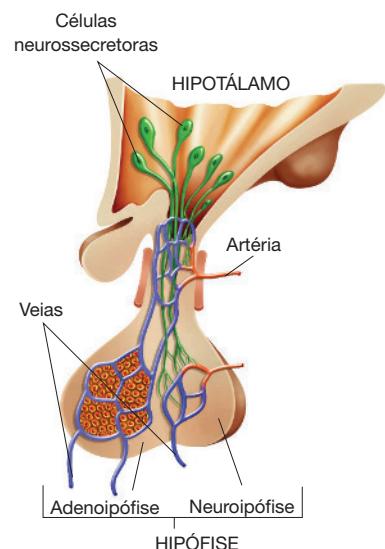
A **hipófise** fica na base do encéfalo e é constituída por dois lobos: a **neuroipófise**, ou lobo posterior, e a **adenoipófise**, ou lobo anterior. A **neuroipófise** não produz hormônios, mas armazena e libera dois importantes hormônios produzidos no **hipotálamo**: a **oxitocina** e o **hormônio antidiurético**, ou **vasopressina**. A **oxitocina** (do grego *okys*, "rápido"), ou **ocitocina**, promove a aceleração das contrações uterinas que levam ao parto e induz a liberação do leite durante a amamentação. O **hormônio antidiurético**, ou **ADH** (sigla, em inglês, de *antidiuretic hormone*), ou **vasopressina**, promove a contração das arteríolas, elevando a pressão arterial e aumentando a reabsorção de água pelos rins, o que leva à diminuição no volume de urina excretada (Fig. 10).

A **adenoipófise** produz e libera no sangue diversos hormônios, entre eles a somatotrofina e os chamados hormônios tróficos (do grego *trofos*, "nutrir"), que estimulam o funcionamento de outras glândulas endócrinas. A **somatotrofina**, ou **hormônio de crescimento**, promove o crescimento das cartilagens e dos ossos, determinando o aumento do tamanho corporal. A quantidade excessiva desse hormônio na fase jovem da vida provoca o **gigantismo**, enquanto sua deficiência causa o **nanismo**.

Dialogando com o texto

A deficiência de ADH provoca o chamado diabetes insípido. Com base na função do ADH no organismo, que consequências você poderia esperar de sua insuficiência? Faça uma pesquisa em livros e na internet sobre essa deficiência hormonal e escreva um texto curto a respeito, integrando os conhecimentos que aprendeu no livro.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.



Glândula tireoide

A **glândula tireoide**, ou tireoideia, localizada no pescoço, desempenha papel fundamental na **homeostase** (ajustamento) do organismo humano. Seus hormônios são a **tiroxina** e a **tri-iodotironina**, que atuam sobre as células do corpo aumentando a atividade metabólica geral do organismo. Além disso, esses hormônios ajudam a manter normais a pressão sanguínea, o ritmo cardíaco, o tônus muscular e as funções sexuais (Fig. 11).

Em excesso, os hormônios tireoidianos podem causar o **hipertireoidismo**, estado caracterizado por temperatura corporal elevada, sudorese intensa, perda de peso, irritabilidade e pressão sanguínea alta. Se a produção de hormônios tireoidianos for inferior à normal, pode ocorrer o **hipotireoidismo**, caracterizado pela queda generalizada na atividade metabólica, com diminuição da temperatura e da pressão sanguínea, ressecamento da pele etc.; a pessoa afetada se torna apática e tende a engordar. Se a deficiência no funcionamento da glândula tireoide ocorrer no início da infância, o resultado será um retardamento do crescimento da criança, muitas vezes acompanhado por deficiência mental, condição conhecida como **cretinismo**.

A falta de iodo na alimentação humana pode desencadear um mecanismo de compensação em que a capacidade de absorção de iodo é aumentada pelo crescimento anormal da glândula tireoide. O resultado é um inchaço no pescoço ("papo") típico do quadro clínico denominado **bócio carencial**. No Brasil, a adição obrigatória de iodo ao sal de cozinha fez com que o bócio carencial deixasse de ser uma enfermidade endêmica; antes disso, certas populações do interior eram cronicamente afetadas pelo bócio, considerada uma característica "normal" naquelas comunidades (Fig. 12).

Outro hormônio tireoidal, a **calcitonina**, atua diminuindo a quantidade de cálcio no sangue. Ele age em conjunto com o hormônio das glândulas paratireoides, regulando a concentração normal de cálcio no sangue, como veremos a seguir.

Glândulas paratireoides

As **glândulas paratireoides**, ou paratiroides, presentes em dois pares, estão aderidas à parte posterior da glândula tireoide, daí sua denominação. Elas produzem o **paratormônio**, que atua aumentando o nível de cálcio no sangue.

A ação conjunta dos hormônios calcitonina e paratormônio regula a concentração normal de cálcio, em torno de 9 mg a 11 mg por 100 mL de sangue. Quando a concentração de cálcio no sangue diminui, as glândulas paratireoides são estimuladas a secretar paratormônio, que induz a liberação de cálcio dos ossos para o sangue. Por sua vez, o aumento de cálcio no sangue estimula a glândula tireoide a secretar o hormônio calcitonina, cujos efeitos são inversos aos do paratormônio, levando à diminuição do nível de cálcio no sangue. Esse tipo de mecanismo de equilíbrio, que também ocorre com outros hormônios, é mais conhecido pela expressão inglesa *feedback negativo*, ou retroalimentação negativa (Fig. 13).

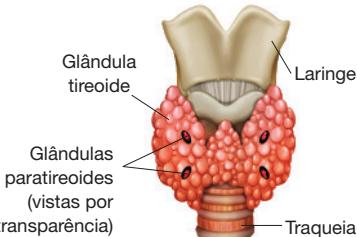


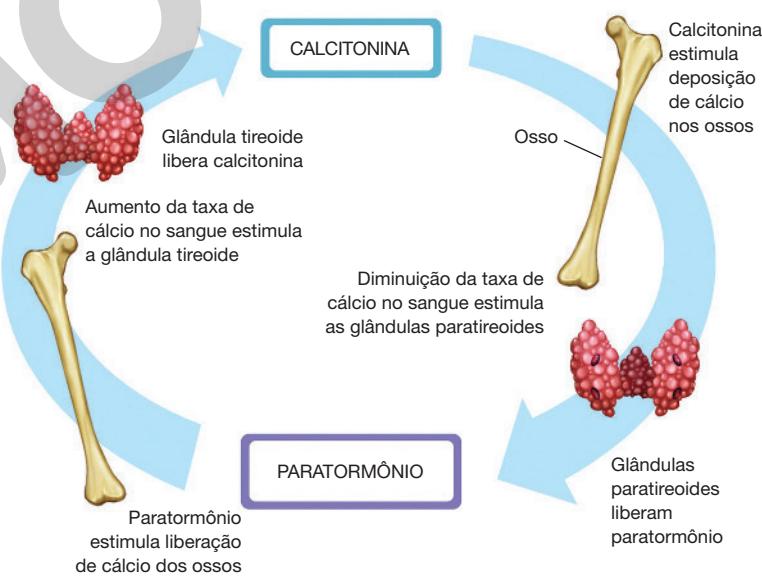
Figura 11 Representação esquemática da localização da glândula tireoide e das glândulas paratireoides. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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



KARAN BUNJEEAN/SHUTTERSTOCK

Figura 12 Pessoa com bócio em razão da falta de iodo na dieta.



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

ILUSTRAÇÕES: SAMUEL SILVA

Figura 13 Representação esquemática da ação dos hormônios calcitonina e paratormônio na manutenção do nível normal de cálcio no sangue. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Pâncreas

O **pâncreas**, além de sua parte glandular exócrina, responsável pela produção do suco pancreático, apresenta uma parte endócrina constituída por centenas de aglomerados celulares denominados **ilhotas pancreáticas**, ou ilhotas de Langerhans. Cerca de 70% das células de uma ilhota pancreática são células-beta, que produzem o hormônio insulina; os 30% restantes são células-alfa, produtoras do hormônio glucagon.

A **insulina** facilita a absorção de glicose pelos músculos esqueléticos, pelo fígado e pelas células do tecido gorduroso, levando à diminuição da concentração da glicose circulante no sangue. O **glucagon** tem efeito contrário, estimulando a liberação de glicose do fígado para o sangue. A ação conjunta desses dois hormônios pancreáticos é responsável pela manutenção da taxa sanguínea normal de glicose, chamada de **normoglicemia**, em torno de 90 mg de glicose por 100 mL de sangue (Fig. 14).

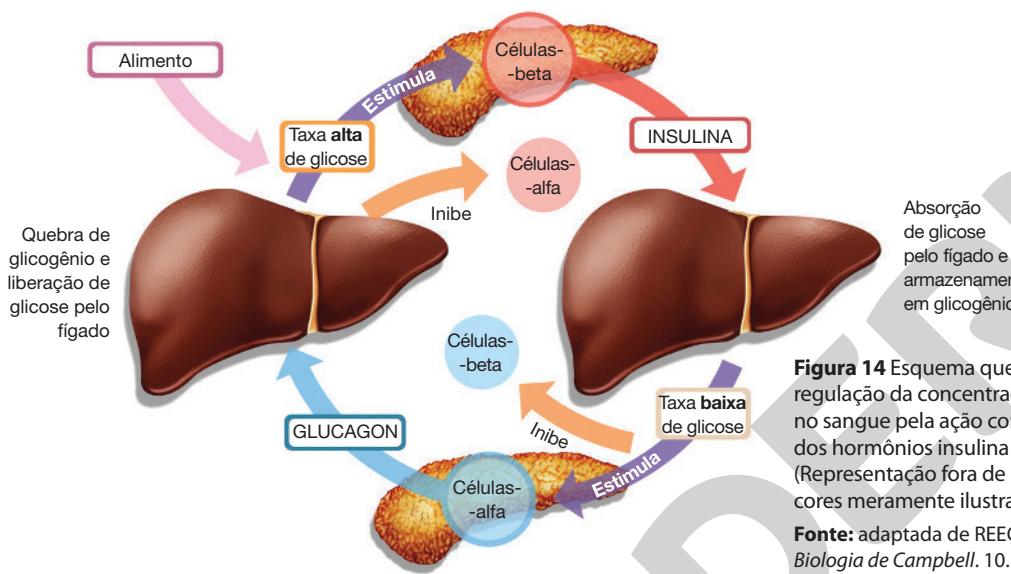


Figura 14 Esquema que representa a regulação da concentração de glicose no sangue pela ação combinada dos hormônios insulina e glucagon. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

A insulina está relacionada ao distúrbio hormonal conhecido como **diabetes melito**, por causa da pouca produção de insulina ou da diminuição da sensibilidade das células a esse hormônio. No diabetes melito, a pessoa pode apresentar taxas tão elevadas de glicose no sangue que esse açúcar chega a ser excretado na urina. A pessoa diabética elimina grande volume de urina, pois o excesso de glicose no filtrado glomerular causa diminuição na reabsorção de água pelos túbulos renais. Além disso, a pessoa diabética degrada mais gorduras e proteínas para obter energia, o que pode causar emagrecimento e fraqueza.

Glândulas adrenais

As **glândulas adrenais**, ou suprarrenais, localizam-se acima dos rins. Elas são constituídas por dois tecidos secretores distintos: a **medula**, que compõe a parte interna, ou medular, e o **côrte**, a porção mais externa, ou cortical, da glândula (Fig. 15).

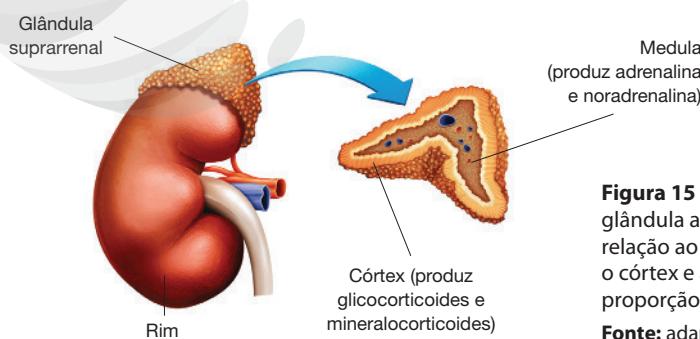


Figura 15 Representações esquemáticas da glândula adrenal: à esquerda, sua posição em relação ao rim; à direita, em corte, mostrando o córte e a medula. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

A medula da adrenal produz dois hormônios principais: a adrenalina, ou epinefrina, e a noradrenalina, ou norepinefrina. A **adrenalina** é liberada em situações de estresse como um susto, uma grande emoção ou uma situação de perigo. Ela induz o sangue a concentrar-se nos músculos e nos órgãos internos, preparando o organismo para uma resposta vigorosa a uma situação de emergência; ocorrem também taquicardia (aumento do ritmo cardíaco), aumento da pressão arterial e maior excitabilidade do sistema nervoso. Como parte da concentração de sangue em órgãos vitais, ocorre contração dos vasos sanguíneos da pele e consequente palidez.

A noradrenalina, cuja principal função é manter normais os níveis de pressão sanguínea, é liberada em doses mais ou menos constantes pela medula adrenal, independentemente da liberação de adrenalina.

Os hormônios do córtex da adrenal pertencem ao grupo dos esteroides, sendo conhecidos genericamente como **corticosteroides**, ou corticoides. Alguns deles, os glicocorticoides, atuam na transformação de proteínas e gorduras em glicose, disponibilizando maior quantidade desse açúcar para ser usado como combustível, em casos de resposta a uma situação estressante. O principal glicocorticoide é o **cortisol**, também conhecido como hidrocortisona. Além de seus efeitos no metabolismo da glicose, a hidrocortisona diminui a permeabilidade dos capilares sanguíneos, sendo utilizada no tratamento de processos alérgicos.

Outro grupo de corticosteroides, os **mineralocorticoides**, regula o balanço de água e de sais no organismo. A **aldosterona** é um mineralocorticoide que atua na regulação da excreção de íons de sódio pelos rins.

Gônadas

As **gônadas** (testículos e ovários) produzem os **hormônios sexuais**. Estes hormônios afetam o crescimento e o desenvolvimento do corpo e são participantes fundamentais no controle do ciclo reprodutivo e do comportamento sexual. Os principais hormônios性uals são o estrógeno e a progesterona, produzidos pelas mulheres nos ovários, e a testosterona, produzida pelos homens nos testículos.

O **estrógeno** determina o aparecimento das características sexuais secundárias da mulher, como o desenvolvimento das mamas, o alargamento dos quadris e o acúmulo de gordura em determinados locais do corpo (que arredonda as formas). Esse hormônio também induz o amadurecimento dos órgãos genitais e promove o impulso sexual. A **progesterona**, por sua vez, tem importância fundamental no processo reprodutivo, atuando com o estrógeno na preparação da parede uterina para receber o embrião.

A **testosterona** é responsável pelo aparecimento das características sexuais secundárias masculinas, como barba, espessamento das pregas vocais, o que torna a voz mais grave, e maior desenvolvimento da musculatura em relação às mulheres. Esse hormônio também induz o amadurecimento dos órgãos genitais e promove o impulso sexual.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

3. O pâncreas, em sua função endócrina, controla a
 3. c a) retenção de água no corpo.
 - b) concentração de cálcio no sangue.
 - c) concentração de açúcar no sangue.
 - d) permeabilidade dos capilares sanguíneos.
4. Os neurotransmissores são liberados na sinapse quando um impulso nervoso
 4. a a) chega à extremidade do axônio.
 - b) chega ao corpo celular do neurônio.
 - c) se propaga pelo dendrito.
 - d) se propaga pela célula muscular.

1. Um impulso nervoso, ao chegar à extremidade de um axônio na região de uma sinapse neuromuscular, induz a liberação da acetilcolina, neurotransmissor que desencadeia um potencial de ação na fibra muscular, provocando sua contração. Há tribos indígenas da América do Sul que envenenam as flechas com curare, substância vegetal capaz de se combinar estavelmente aos receptores de acetilcolina das células musculares. Com base nessas informações, proponha um mecanismo plausível para explicar por que a injeção de curare paralisa e pode matar um animal.

Escreva, no caderno, o termo abaixo que substitui corretamente o espaço entre parênteses das frases 2 a 6.

- a) axônio
- b) dendrito
- c) estrato mielínico
- d) gliócito
- e) neurônio

2. A célula especializada na condução de impulsos nervosos no corpo é o (). 2. e
3. O prolongamento da célula nervosa que conduz o impulso nervoso para longe do corpo celular e o transmite para outra célula é chamado de (). 3. a
4. O () é um prolongamento de uma célula nervosa, em geral bastante ramificado, que conduz o impulso nervoso em direção ao corpo celular. 4. b
5. O () é um componente do sistema nervoso com função de sustentar, proteger, nutrir e auxiliar no funcionamento das células especializadas na condução de impulsos nervosos. 5. d
6. As camadas de membrana de certas células gliais, que revestem os prolongamentos de determinados tipos de neurônio, constituem o (). 6. c
7. Se uma pessoa não tivesse cones em sua retina, mas seus bastonetes fossem normais, ela 7. b
 - a) não enxergaria na penumbra.
 - b) não veria cores.
 - c) seria cega.
 - d) teria visão normal.
8. (Uece) Os anabolizantes esteroides são drogas derivadas do hormônio testosterona. De acordo com a Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia, um em cada dezesseis estudantes já usou anabolizantes esteroides, sem prescrição médica, ignorando seus efeitos colaterais perigosos, tanto físicos como psicológicos. 8. c

Disponível em: <<https://www.endocrino.org.br/anabolizantes-esteroides-e-os-jovens/>>.

Acesso em: 19 jun. 2019.

No que diz respeito aos hormônios humanos, é correto afirmar que:

- a) são substâncias produzidas e liberadas por células, geralmente reunidas em glândulas exócrinas.
- b) testosterona e progesterona são os principais hormônios sexuais masculinos enquanto o estrógeno é o feminino.
- c) as principais glândulas endócrinas humanas são: hipófise, tireoide, paratireoides, pâncreas, suprarrenais ou adrenais e gônadas.
- d) a testosterona, produzida durante a puberdade, é responsável pelo aparecimento das características sexuais secundárias masculinas.
9. (UEPG) Considerando-se o sistema nervoso e suas funções, assinale o que for correto. Apenas o item 16 está incorreto
- 01) No organismo humano, os corpos celulares dos neurônios motores que inervam as pernas localizam-se na medula espinhal. Estes neurônios possuem longos axônios.
 - 02) Os neurônios são células especializadas na condução de impulsos nervosos. São formados pelo corpo celular (onde estão presentes o núcleo e citoplasma); dendritos, especializados na recepção de estímulos; e, um prolongamento maior, denominado de axônio.
 - 04) O encéfalo humano apresenta uma camada externa de cor acinzentada – substância cinzenta e, internamente, apresenta cor esbranquiçada – substância branca. Esta disposição apresenta-se invertida na medula espinhal.
 - 08) Ao atingir as ramificações finais do axônio, o impulso nervoso provoca a exocitose de várias partículas sinápticas, com a liberação de neurotransmissores que se ligam a receptores de outro neurônio.
 - 16) Neurônios multipolares possuem dois axônios ramificados e um só dendrito.
10. (EBMSP) Considerando-se conhecimentos sobre o sistema endócrino, é correto afirmar: 10. b
- a) O nanismo pode ser ocasionado por problemas hormonais decorrentes do mau funcionamento das paratireoides.
 - b) O Diabetes insipidus é ocasionado por problemas na produção da vasopressina ou na sensibilidade dos rins a esse hormônio.
 - c) A hipófise produz diversos hormônios que agem em diferentes órgãos como as glândulas suprarrenais, o pâncreas e o fígado.
 - d) O hipotireoidismo se caracteriza por redução na produção da tireotrofina pela tireoide e da adrenalina pelas paratireoides, o que resulta em menor eficiência metabólica do indivíduo afetado por esse distúrbio.
 - e) Um tumor nas suprarrenais pode aumentar a produção de hormônio antiidiurético por essas glândulas, interferindo no funcionamento dos rins.

Ampliando os conhecimentos

CAPÍTULO 1

Impresso

Energia, de Robert Snedden. São Paulo: Moderna, 1998. (Série Horizontes da Ciência)

O livro traz respostas para inúmeras questões presentes em nosso dia a dia. Mostra a busca do ser humano para compreender o que é energia, aborda a teoria dos antigos pensadores gregos e chega até os cientistas do século XX.

Energia nossa de cada dia, de Valdir Montanari. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003. (Coleção Desafios)

O autor traça uma retrospectiva histórica da conceituação do termo "energia" e mostra as principais fontes de geração energética e sua problemática no mundo moderno.

Faces da energia, de Aníbal Figueiredo e Maurício Pietrocola. São Paulo: FTD, 2001. (Coleção Física: Um Outro Lado)

Nesse livro, os autores mostram que a energia pode se apresentar de várias formas e ser observada em diversas situações, como numa montanha-russa, num balanço etc.

Usos de energia: alternativas para o século XXI, de Helena da Silva Freire Tundisi. 16. ed. São Paulo: Atual, 2013.

A autora faz um histórico da luta do ser humano para dominar as diversas formas de energia e trata da nossa atual dependência do petróleo e da busca de fontes alternativas renováveis, eficientes e ambientalmente seguras.

Internet

Phet Colorado

Nos endereços eletrônicos a seguir, você encontra aplicativos simples que permitem analisar a variação de energia potencial (gravitacional e/ou elástica), de energia cinética em sistemas mecânicos conservativos e constatar a conservação da energia mecânica. Além disso, é possível analisar o sistema massa-mola e o movimento de um armário ao longo de um plano inclinado. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park-basics>.

<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park>.

<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/mass-spring-lab>.

<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/the-ramp>. Acessos em: jun. 2020.

CAPÍTULO 2

Impresso

Cientistas testam fotossíntese artificial, que pode produzir combustível "verde", de Sabine Righetti. Folha de S.Paulo, 24 dez. 2010.

A reportagem relata o trabalho de um grupo de pesquisadores dos Estados Unidos e

da Suíça que construiu uma máquina para converter CO₂ e água em carboidratos e gás oxigênio na presença de clorofila e luz do Sol. Também disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/850582-cientistas-testam-fotossintese-artificial-que-pode-produzir-combustivel-verde.shtml>>. Acesso em: jun. 2020.

Internet

Neutralização de carbono: descubra o que é e qual a importância deste processo, do Instituto Brasileiro de Defesa da Natureza.

A matéria traz informações sobre como neutralizar, medir e compensar emissões de carbono. Disponível em: <<http://ibdn.org.br/neutralizacao-de-carbono-descubra-o-que-e-equal-importancia-deste-processo/>>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 3

Impresso

A evolução da atmosfera terrestre, de Wilson F. Jardim. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 1, 2001. p. 5-8. Artigo que discute a variação da composição da atmosfera terrestre ao longo do tempo e a relação disso com o aparecimento e o desenvolvimento da vida. O autor comenta o fato de o efeito estufa, bem dosado, ser fundamental para a vida na Terra, pois, sem ele, a temperatura média do planeta seria inferior a -15 °C. O problema ambiental do efeito estufa está na sua intensificação causada pelas emissões de gás carbônico resultantes de atividades humanas.

Duzentos anos da Teoria Atômica de Dalton, de Carlos Alberto L. Filgueiras. *Química Nova na Escola*, n. 20, 2004. p. 38-44. Texto que aborda o contexto histórico e os principais aspectos das teorias filosóficas que precederam a elaboração da teoria atômica de John Dalton.

História ilustrada da Ciência, de Colin A. Ronan. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2002. v. 1-4.

No volume 3 podem ser encontradas informações sobre a vida e a obra de Lavoisier. O volume 4 inclui o impulso da Química a partir da formulação da teoria atômica de Dalton, a consolidação do atomismo na entrada do século XX e o estabelecimento da escala de massas atômicas.

Mol. Uma nova terminologia, de Roberto Ribeiro da Silva e Romeu C. Rocha-Filho. *Química Nova na Escola*, n. 1, 1995. p. 12-14. O artigo apresenta expressões correlatas ao conceito de mol cujo uso é recomendado e outras cujo uso não é recomendado por serem ambíguas ou induzirem a erros conceituais. O artigo reforça que termos como

"átomo-grama", "peso atômico", "u.m.a.", "equivalente-grama" e "normalidade" devem ter seu uso abandonado.

CAPÍTULO 4

Impresso

A matéria: uma aventura do espírito, de Luis Carlos de Menezes. São Paulo: Livraria da Física, 2005. (Coleção Física Conceitual) O livro aborda o início do aparecimento da Mecânica, da Termodinâmica, da Gravitação Universal e do Eletromagnetismo, passa pela Teoria Quântica, pela Física Atômica e Nuclear e chega à moderna Cosmologia.

Calor e temperatura, de Aníbal Figueiredo e Maurício Pietrocola. São Paulo: FTD, 1998. (Coleção Física: Um Outro Lado) Esse livro mostra os fenômenos da Física ligados ao calor e à temperatura que acontecem em nosso dia a dia.

Internet

Comer & exercitar-se, da Universidade do Colorado (EU).

Acesse a página e faça o download do simulador para o seu computador. O simulador, desenvolvido pelo Departamento de Física da Universidade do Colorado, EUA, permite verificar como sua massa corpórea varia com o tempo, em função de sua alimentação e das atividades físicas que pratica diariamente. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/eating-and-exercise>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 5

Impresso

Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas, de Lisa Gartland.

São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

O que são as ilhas de calor? O livro explica as causas e efeitos desse fenômeno na vida de mais de 3/4 da população mundial que vive em áreas urbanas e suburbanas e é diretamente afetada. Com exemplos práticos e conceitos teóricos, o livro apresenta soluções de simples realização de como reduzir os impactos das ilhas de calor.

Polução do ar, de Samuel Murgel Branco e Eduardo Murgel. São Paulo: Moderna, 2004. (Coleção Polêmica)

Os autores abordam aspectos importantes da poluição do ar, relacionados à inversão térmica e ao efeito estufa.

Internet

Dez atitudes para você combater o aquecimento global, do Instituto Akatu.

Nessa página, mantida pelo Instituto Akatu, você terá dicas de como proceder para fazer a sua parte e amenizar o aquecimento global. Disponível em: <<https://www.akatu.org.br/noticia/dicas-de-consumo-dez-atitudes-para>>.

voce-combater-o-aquecimento-global/>. Acesso em: jun. 2020.

Efeito estufa, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". O artigo, elaborado por professores da rede pública paulista, explora profundamente o fenômeno do efeito estufa, suas causas e consequências e as medidas a serem adotadas para minimizar o aquecimento global. Ao final, você poderá verificar, por meio de testes de múltipla escolha, o conhecimento obtido por meio de sua leitura. Disponível em: <<http://www.fc.unesp.br/~lavarda/procie/dez14/luciana/index.htm>>. Acesso em: jun. 2020.

Simulando o efeito estufa, da Universidade do Colorado (EU).

Acesse a página e faça o download do simulador para o seu computador. O simulador, desenvolvido pelo Departamento de Física da Universidade do Colorado, EUA, mostra como os gases do efeito estufa afetam o clima global. Você poderá explorar a atmosfera durante a Era Glacial, no início da Revolução Industrial e hoje. O que acontece quando você adiciona nuvens? Altere a concentração de gases do efeito estufa e veja como a temperatura média muda. Em seguida, compare com o efeito em painéis de vidro (vidraças). Veja como a luz interage com as moléculas. Será que todos os gases atmosféricos contribuem para a intensificação do efeito estufa? Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/greenhouse>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 6

Impresso

Uma breve história da Química: da alquimia às Ciências Moleculares modernas, de Arthur Greenberg. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

As seções IV e V desse livro de História da Química relatam uma série de eventos referentes às contribuições de muitos cientistas que culminaram com o desenvolvimento da teoria atômica de Dalton, a base para o entendimento dos cálculos estequiométricos.

CAPÍTULO 7

Internet

Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar, Química Nova na Escola.

Artigo que relata observações sobre interferências no ciclo do fósforo, um outro ciclo biogeoquímico. Disponível em: <https://quimicanova.sbjq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6442>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 8

Internet

Quais os tipos de cirurgia de redução do estômago, Superinteressante.

Infográfico sobre as técnicas de redução

gástrica. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quais-os-tipos-de-cirurgia-de-reducao-de-estomago/>>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 9

Impresso

De olho nos rótulos: compreendendo a unidade caloria, de Attico Chassot, Luciana Dornelles Venquieruto e Rogério Marcos Dallago. Química Nova na Escola, n. 21, 2005. p. 10-13.

Artigo que busca facilitar a leitura e compreensão dos rótulos no que diz respeito à unidade caloria. Inclui comentário sobre a confusão entre caloria e Caloria.

Diet ou light: qual a diferença?, de Rejane Maria Ghisolfi da Silva e Sandra Terezinha de Farias Furtado. Química Nova na Escola, n. 21, 2005. p. 14-16.

As autoras decodificam o significado dos termos diet e light – com especial atenção ao que diz a legislação –, para que consumidores possam fazer uso adequado de alimentos que sejam assim classificados.

Energia e meio ambiente, de Samuel Murgel Branco. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004. (Coleção Polêmica)

O autor examina a dependência humana das mais variadas fontes de energia e discute o risco ao meio ambiente que decorre do uso descontrolado das fontes energéticas.

O ludo como um jogo para discutir conceitos em termoquímica, de Márlon Herbert Flora Barbosa Soares e Éder Tadeu Gomes Cavalheiro. Química Nova na Escola, n. 23, 2006. p. 27-31.

Apresenta um jogo de tabuleiro para introduzir conceitos de termoquímica.

CAPÍTULO 10

Impresso

A História sob o olhar da Química: as especiarias e sua importância na alimentação humana, de Ronaldo da Silva Rodrigues e Roberto Ribeiro da Silva. Química Nova na Escola, v. 32, n. 2, 2010, p. 84-89.

Artigo sobre a história das especiarias, sua relação com as Grandes Navegações e o seu importante papel antioxidante na conservação de alimentos. Apresenta também alguns dos constituintes responsáveis pelo odor de especiarias.

Femtoquímica: reações químicas em tempo real, de Romeu C. Rocha-Filho. Química Nova na Escola, n. 10, 1999. p. 14-16. Esse artigo fornece um panorama sobre a espectroscopia de pulsos de laser ultrarrápidos (femtoquímica), que valeu ao químico egípcio-estadunidense Ahmed H. Zewail o Prêmio Nobel em 1999.

CAPÍTULO 11

Impresso

A radioatividade e o lixo nuclear, de Maria Elisa Marcondes Helene. São Paulo: Scipione, 2011. (Coleção Ponto de Apoio) A autora analisa os benefícios que a radioatividade pode proporcionar, mas lembra que o uso da radiação produz lixo nuclear. Propõe que repensem as vantagens e as desvantagens de continuarmos usando serviços obtidos com a energia elétrica.

Internet

Biodiesel. Embrapa.

Texto sobre a história e o desenvolvimento do biodiesel no Brasil que apresenta uma análise de todas as etapas da pesquisa, desde os anos 1920 até os dias atuais. Analisa, ainda, os marcos regulatórios da produção de biodiesel no país. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/NT00035116_000gihb7n102wx5ok0vadrv1szv1y3n.pdf>. Acesso em: jun. 2020.

Energia eólica. Agência Nacional de Energia Elétrica.

O documento traz dados a respeito da geração de energia elétrica a partir da energia eólica em vários países, detalhando as principais iniciativas brasileiras do setor. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em: jun. 2020.

Indústrias nucleares do Brasil

Vinculadas ao Ministério da Ciência e Tecnologia, as Indústrias Nucleares do Brasil (INB) atuam na cadeia produtiva do urânia, da mineração à fabricação do combustível que gera energia elétrica nas usinas nucleares. Nesse site é possível encontrar informações importantes sobre a extração, o beneficiamento e a produção do urânia brasileiro, além de detalhes referentes às nossas reservas. As galerias de imagens são também bastante interessantes. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/>>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 12

Internet

Saúde mental. Secretaria da Saúde, Governo do Estado do Paraná.

Página com várias informações sobre saúde mental e como mantê-la. Disponível em: <<http://www.saude.pr.gov.br/Pagina/Saude-mental>>. Acesso em: jun. 2020.

Vídeo

O cérebro. History Channel.

Documentário sobre o sistema nervoso que mostra as descobertas da Ciência sobre o cérebro. A tecnologia está ajudando a desvendar os segredos do cérebro e a explicar o comportamento humano. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vOILqd6aq7k>>. Acesso em: jun. 2020.

Referências bibliográficas

- ATKINS, P. W. et al. *Chemical Principles, the Quest for Insight*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2013.
- Livro que aborda diversos aspectos da química, como termoquímica.*
- ATKINS, P. W. et al. *Physical Chemistry*. 11. ed. Oxford: Oxford University Press, 2018.
- Material usado como referência sobre físico-química.*
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2005.
- Livro usado como fonte para aspectos de ecologia.*
- BLOOMFIELD, L. A. *How things work: the Physics of everyday life*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.
- Este livro usa objetos comuns para introduzir conceitos básicos de Física, demonstrando a relevância para profissionais de diversas áreas técnicas. Com exemplos da vida real, explora conceitos à medida que são necessários e depois os revisita quando reaparecem em situações com outros objetos. Ele integra estudos de caso para transmitir facilmente uma compreensão e apreciação pela Física.*
- BURDGE, J. *Chemistry*. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2017.
- Este livro foi usado como fonte para informações sobre quantidade de matéria e mol.*
- CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. *Biochemistry*. 8. ed. Stamford: Cengage Learning, 2015.
- Material com informações sobre bioquímica e cinética enzimática, entre outras.*
- CHAVES, A. *Física básica: gravitação, fluidos, ondas, termodinâmica*. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- Com rigorosa seleção dos tópicos e ênfase a cada um deles, o livro apresenta os conceitos mais fundamentais expostos em detalhe e exemplificados com aplicações sem ser muito extenso. Revela como a Física se assenta em uma pequena quantidade de princípios muito gerais, e também mostra a maneira como esses princípios evoluíram durante a construção do conhecimento científico dessa área. Contextualiza o conteúdo com exemplos de avanços recentes da Física, bem como suas aplicações na tecnologia contemporânea.*
- CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. *Chemistry*. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2016.
- Livro que aborda diversos aspectos da química, como cinética química.*
- COHEN, E. R. et al. *Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química*. (Livro Verde da IUPAC.) 1. ed. São Paulo: SBQ, 2018.
- Material usado como referência para dados de massa atômica e de abundância isotópica.*
- COKER, A. K. *Petroleum Refining Design and Applications Handbook*. Hoboken: Wiley, 2018. v. 1.
- Este livro foi usado como fonte de informações para a abordagem do tema petróleo e combustíveis.*
- COOPER, G. M. *The Cell: A Molecular Approach*. 2. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2000.
- Material com informações sobre metabolismo celular.*
- CURI, R.; PROCÓPIO ARAÚJO FILHO, J. *Fisiologia básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.
- Livro que aborda variados aspectos da fisiologia.*
- EBBING, D. D.; GAMMON, S. D. *General Chemistry*. 11. ed. Boston: Cengage Learning, 2017.
- Livro de química geral com informações sobre quantidade de matéria e mol.*
- ENERGY FLOW THROUGH ECOSYSTEMS (unidades 2 e 3). Producers and consumers. The Open University, Third Level Course. Londres: The Open University, 1974.
- Material usado como referência de estudo do fluxo de energia e ciclo da matéria nos ecossistemas.*
- ENERGY FLOW THROUGH ECOSYSTEMS (unidades 4 e 5). Decomposers: whole ecosystems. The Open University, Third Level Course. Londres: The Open University, 1974.
- Material usado como referência de estudo do fluxo de energia e ciclo da matéria nos ecossistemas.*
- FAHLMAN, B. D. et al. *Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society*. 9. ed. Nova York: American Chemical Society/McGraw-Hill, 2018.
- Livro que mostra contextualizações de conhecimentos químicos, como no uso de combustíveis.*
- FISHBANE, P. M.; GASIOROWICZ, S.; THORNTON, S. T. *Physics for scientists and engineers*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005.
- O livro apresenta o equilíbrio entre teoria e aplicações, entre conceitos e solução de problemas, entre matemática e física e, finalmente, entre tecnologia e métodos pedagógicos tradicionais. Traz uma série de exemplos conceituais e exemplos trabalhados que enfatizam o entendimento conceitual da Física. A pedagogia orientada ao aluno ajuda a colocar a teoria em prática, com problemas no final do capítulo, caixas de solução de problemas, juntamente com dicas e estratégias que apresenta.*
- GILBERT, T. R. et al. *Chemistry, the Science in context*. 5. ed. Nova York: Norton, 2018.
- Material usado como fonte de informações sobre estequiometria.*
- GORE, A. *A Terra em balanço: ecologia e o espírito humano*. 2. ed. São Paulo: Global, 2008.
- Esta obra faz parte da jornada pessoal de Al Gore, que culminou em 2006 com o lançamento do prestigiado livro e documentário Uma verdade inconveniente. Apesar de ter sido lançada em 1992 nos Estados Unidos, A Terra em balanço mostra uma verdade ainda atual: são necessárias grandes mudanças para enfrentar ameaças como o aquecimento global, a destruição do solo e das reservas de água, a devastação vegetal e a extinção de espécies animais. Como alerta o autor, é preciso haver um plano político a fim de combater a destruição do planeta, para que seja possível vislumbrar uma esperança no futuro, preservar as riquezas ambientais da Terra e garantir o bem-estar das gerações atuais e futuras.*
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- Livro de referência no estudo de fisiologia humana.*
- HARRIS, D. C. *Quantitative Chemical Analysis*. 9. ed. Nova York: Freeman, 2016.
- Livro com informações sobre estequiometria envolvendo soluções.*
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica*. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2.
- Os livros da coleção "Fundamentos de Física – Volumes 1 a 4" apresentam um estudo introdutório completo e abrangente de Física. Os conteúdos estão vinculados ao cotidiano prático e real, com a presença de exemplos e problemas ligados a diversas áreas da Ciência.*
- HAYNES, W. M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.
- Manual usado como referência para informações gerais.*
- HEWITT, P. G. *Física conceitual*. São Paulo: Bookman, 2011.

A obra torna o estudo da física interessante e compreensível, mesmo para quem não é da área, ao explicar conceitos físicos antes de aplicá-los em cálculos. O texto apresenta analogias, narrativas acessíveis, representações simples das relações matemáticas subjacentes e imagens da vida real para construir um sólido conhecimento conceitual dos princípios da física.

HSU, C. S.; ROBINSON, P. R. *Petroleum science and technology*. Cham: Springer, 2019.

Este livro foi uma fonte de informações para o capítulo que aborda petróleo e combustíveis.

LODISH, H.; BERK, A.; MATSUDAIRA, P.; KAISER, C. A.; KRIEGER, M.; SCOTT, M. P.; ZIPURSKY, S. L.; DARNELL, V. *Biologia celular e molecular*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

Material com informações sobre estrutura das células e metabolismo celular.

KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. *Berne e Levi: fisiologia*. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

O livro foi usado como fonte para informações sobre fisiologia.

LEVINE, I. *Physical Chemistry*. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2009.

Livro com diversas informações sobre físico-química.

MADER, S. S. *Biology*. 8. ed. Boston: McGraw-Hill, 2004.

Livro que aborda aspectos de diversas áreas da Biologia.

MCMURRY, J. E. et al. *Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016.

Este livro aborda diversos aspectos da química, como cinética química.

MELLO AIRES, M. *Fisiologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

O livro foi usado como fonte para informações sobre fisiologia.

MOORE, J. W.; STANITSKI, C. L. *Chemistry: the molecular science*. 5. ed. Stamford: Cengage, 2015.

Livro que aborda diversos aspectos da química, como termoquímica.

MOZETO, A. A. Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. Cadernos temáticos de *Química Nova na Escola*. Disponível em: <<http://qnesc.sbn.org.br/online/cadernos/01/atmosfera.pdf>>. Acesso em: jun. 2020.

Artigo utilizado como referência para estudo de ciclos biogeocíquicos.

PHILLIPSON, J. *Ecologia energética*. São Paulo: Companhia Editora Nacional/Edusp, 1969.

Material usado como referência de estudo do fluxo de energia nos ecossistemas.

RAWN, J. D. *Biochemistry*. Burlington: Neil Patterson, 1989.

Material com informações sobre bioquímica e metabolismo celular.

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

Este livro tem diversas áreas da Biologia.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

Livro com informações sobre aspectos de ecologia, como fluxo de energia.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. *Princípios de Física: movimento ondulatório e termodinâmica*. São Paulo: Thomson Learning, 2004. v. 2.

Esta obra, o segundo volume de uma série de quatro, traz conceitos e princípios básicos da Física, apresentados de forma clara, lógica e com muitos exemplos práticos que demonstram a importância dessa área em outros campos científicos, bem como sua aplicação a situações do mundo real. O volume trabalha tópicos como movimento oscilatório, ondas mecânicas, superposição e ondas estacionárias, mecânica dos fluidos, temperatura e a teoria cinética dos gases, energia em processos térmicos: a primeira lei da termodinâmica, máquinas térmicas, entropia e a segunda lei da termodinâmica.

SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Chemistry: the Molecular Nature of Matter and Change*. 8. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2018.

Este livro é fonte de informações sobre a natureza da matéria.

SKOOG, D. A. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 9. ed. Belmont: Cengage, 2014.

Referência para aspectos quantitativos referentes às soluções aquosas.

SMITH, D.; MARGOLSKEE, R. F. *Making Sense of Taste*. *Scientific American*, n. 284, p. 26-33, 2000.

Artigo usado como referência para o estudo dos sentidos.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. *Terminologia anatômica: terminologia anatômica internacional*. São Paulo: Manole, 2001. 2 v.

Este livro foi usado para referenciar informações sobre nomenclatura anatômica.

STANDRING, S. (org.). *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis for Clinical Practice*. 39. ed. Nova York: Elsevier Churchill Livingstone, 2005.

Livro usado como fonte de informações de anatomia e fisiologia humanas.

WILLIAMS, R. J. P.; SILVA, J. J. R. F. *The natural selection of the chemical elements*. Oxford: Oxford University Press, 1997.

Livro com informações sobre abundância dos elementos químicos.

WRIGHT, M. R. *An Introduction to Chemical Kinetics*. Chichester: Wiley, 2004.

Este livro foi usado como referência para o estudo de cinética química.

ZUMDAHL, S. S. et al. *Chemistry*. 10. ed. Boston: Cengage Learning, 2018.

Livro que aborda diversos aspectos da química, como estequiometria.





MODERNA

ISBN 978-65-5779-323-7



9 786557 793237