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:
0198P21203
Código da obra:
0198P21203134

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

MANUAL DO PROFESSOR

ÁGUA E VIDA

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias

MODERNA

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

ÁGUA E VIDA

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

MODERNA

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, Maria Carolina Bittencourt, Marilu Maranho Tassetto, Natalia Leporo Torcato, Thais Ribeiro Semprebom, Caroline Silva de Matos

Assistência editorial: Heloise do Nascimento Calça

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

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: Érika Kurihara, Nair H. Kayo, Nancy H. Dias, Renato da Rocha

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-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa

Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro

Impressão e acabamento:

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

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

EDITORA MODERNA LTDA.
Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Vendas e Atendimento: Tel. (0_ _11) 2602-5510
Fax (0_ _11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2020
Impresso no Brasil

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

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 XXVI

Capítulo 4 XXXIV

Capítulo 5 XXXVII

Capítulo 6 XL

Capítulo 7 XLIX

Capítulo 8 LVIII

Capítulo 9 LXIV

Capítulo 10 LXXI

Capítulo 11 LXXIX

Capítulo 12 LXXXVI

Resoluções das Atividades Finais XCI

Referências bibliográficas complementares do volume XCIX

MODERNA

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. Nosso 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.

REPRODUÇÃO

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, precavendo-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

MODERNA

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.

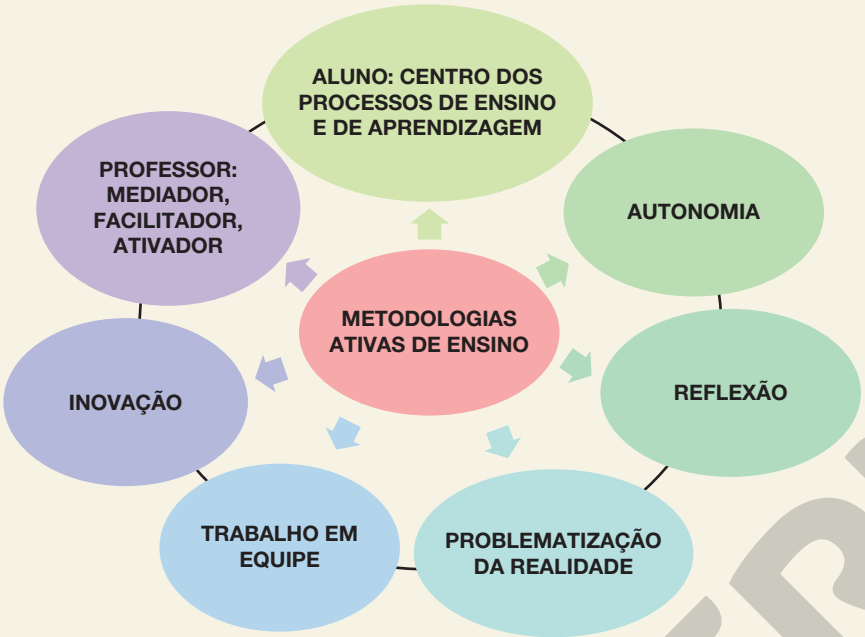
A diversidade de estratégias didáticas

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

EDIÇÃO MODERNA

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**.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Representação de aspectos e papéis trabalhados com 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.

MODERNA

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 intelecção 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.

MODERNA

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 (JACOBSOHN, 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

Representação dos índices do inventário de Kolb.

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

MODERNA

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.

<table>
<tr><th>Experiência concreta</th><th>Observação reflexiva</th><th>Conceituação abstrata</th><th>Experimentação ativa</th></tr>
<tr><td>Exemplos de aula</td><td rowspan="2">Perguntas para reflexão</td><td>Palestras</td><td>Exemplos de aula</td></tr>
<tr><td>Conjuntos de problemas</td><td>Papers</td><td>Laboratórios</td></tr>
<tr><td>Leituras</td><td rowspan="3">Tempestade de ideias (brainstorming)</td><td>Analogias</td><td>Estudos de caso</td></tr>
<tr><td>Filmes</td><td>Leituras de textos</td><td>Tarefas de casa</td></tr>
<tr><td>Simulações</td><td>Projetos</td><td rowspan="2">Projetos</td></tr>
<tr><td>Laboratórios</td><td>Discussões</td><td rowspan="2">Modelos de construção</td></tr>
<tr><td>Observações</td><td>Júris</td><td rowspan="2">Trabalho de campo</td></tr>
<tr><td>Trabalho de campo</td><td>Jornais</td><td>Modelos críticos</td></tr>
</table>

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.

MODERNA

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.

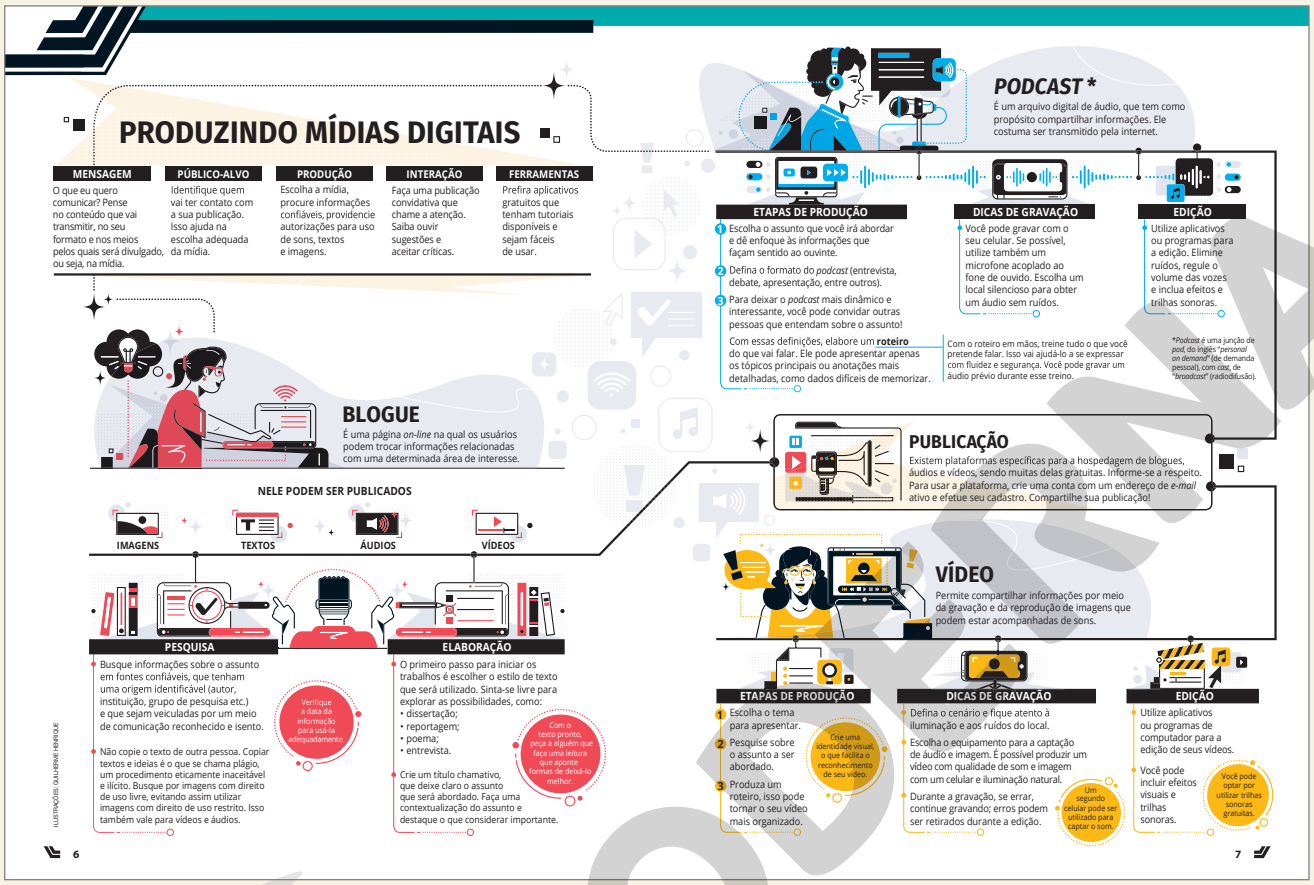
As práticas e todo o processo educativo devem ser objetos de reflexão, de modo que tecnologias digitais de informação e de comunicação (TDIC) passem a integrar as estratégias metodológicas de maneira transversal, sem entrar em atrito com as metodologias que vinham sendo aplicadas. Assim, é preciso incorporar 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.

MODERNA

No início de cada volume desta 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
2º bimestre		C9, C10		C9, C10		C9, C12
		C8, C13		C8, C12		C3, C10
		C11, C12		C5, C11		C8, C11
3º bimestre	V2	C3, C6	V4	C2, C6	V6	C4, C5
		C1, C2		C1, C5		C1, C3
		C8, C9		C3, C4		C2, C6
4º bimestre		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

MODERNA

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%201%20-%20Marandino%20Tend%C3%AAncias%20no%20Ensino%20de%20ci%C3%AAncias%20final.pdf>. Acesso em: maio 2020.

EDITORIA

- 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&tlng=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.

MOFPNA

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.

JACOBSOHN, 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-Soloman*: 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.sbpcnet.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.

MODERNA

CAPÍTULO 1 Os seres mais simples: vírus, bactérias, arqueas, protoctistas e fungos

Metas do capítulo

- Conhecer a estrutura geral dos vírus, reconhecendo sua relativa simplicidade e relacionando-a ao fato de eles serem parasitas intracelulares obrigatórios.
- Estar informado sobre as principais formas de transmissão dos vírus, aplicando essas informações na prevenção de diversas viroses.
- Conhecer, em linhas gerais, em que consiste uma infecção viral e explicar como um vírus se multiplica dentro das células hospedeiras.
- Conhecer a estrutura geral da célula bacteriana e identificar suas partes principais: parede celular, membrana plasmática, citoplasma, ribossomos, nucleoide, cromossomo, plasmídios e flagelo.
- Conhecer o processo de divisão binária na reprodução de bactérias.
- Estar informado de que certas bactérias são causadoras de doenças humanas e conhecer formas de tratamento e de prevenção de algumas infecções bacterianas.
- Caracterizar as arqueas e apontar suas principais diferenças em relação às bactérias.
- Valorizar o estudo das algas e dos fungos e reconhecer que diversos deles trazem benefícios para a espécie humana.
- Conhecer as principais características de algas, protozoários e fungos quanto à estrutura, nutrição, reprodução e aos ambientes em que vivem.
- Conhecer protozoários causadores de doenças humanas (amebíase, leishmaniose, doença de Chagas e malária) e estar informado sobre formas de tratamento e de prevenção dessas protozooses.
- Reconhecer a importância ecológica dos fungos, assim como seus benefícios e prejuízos em relação à espécie humana.

Sugestões didáticas e comentários

A **abertura do capítulo** destaca a complexidade e importância dos microrganismos. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. Avalie os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema solicitando que deem exemplos dos grupos de microrganismos citados no título do capítulo. Pergunte se eles conhecem algum tipo de relação entre esses organismos e os seres humanos. É possível encontrar algas secas desidratadas em lojas de alimentos asiáticos; cogumelos são também encontrados em muitos supermercados. Estimule os estudantes a pesquisar nesses locais e lembre-os de anotar, gravar ou fotografar tudo o que acharem importante ou interessante. Esse tipo de abordagem didática costuma motivar os estudantes e envolvê-los nos estudos. Combine um dia para que eles apresentem os resultados de suas pesquisas.

Se os estudantes mostrarem interesse no assunto, retome as discussões sobre os vírus serem ou não considerados entidades vivas. Ressalte o fato de que os vírus apresentam ácido nucleico e proteínas semelhantes às de todos os outros seres vivos, além de terem necessariamente de utilizar o metabolismo celular para se multiplicar. Questione-os se a variação genética, a adaptação e a evolução dos vírus poderiam ser consideradas na discussão.

O capítulo é dividido em duas partes: a primeira apresenta as características e reprodução de vírus, bactérias, arqueas, protoctistas e fungos; a segunda parte discute como esses organismos influenciam nossa vida.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**

O capítulo, ao abordar as principais características dos seres mais simples e sua importância em relação à vida humana e ao ambiente, estimula a compreensão de que a vida se manifesta de diferentes maneiras, o que colabora para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**.

1. Vírus

Este item trata dos vírus, seres que estão na fronteira entre o vivo e o não vivo. Como exemplo é apresentado o ciclo de um bacteriófago, vírus que ataca bactérias. O foco é mostrar que todos os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios. Será que isso faz deles seres vivos? Estimule a reflexão sobre essa pergunta, salientando também sobre a utilização do termo "seres biológicos", em vez de seres vivos, para se referir aos vírus. Se houver tempo e interesse, organize um debate sobre o tema. Sugira aos estudantes que pesquisem sobre o coronavírus SARS-CoV-2, responsável pela pandemia que assolou a humanidade a partir de 2020. A doença causada por esse vírus foi chamada de COVID-19.

2. Bactérias e arqueas

As bactérias e as arqueas são os únicos organismos procarióticos da biosfera. Neste item são abordados os aspectos mais importantes de sua estrutura e reprodução.

Converse com os estudantes sobre termos que antes eram restritos ao jargão científico e hoje integraram-se à linguagem e a fenômenos do cotidiano. Por exemplo, o termo clonagem,

utilizado para se referir a operações fraudulentas com cartões de crédito e telefones celulares, emprega a mesma ideia do clone biológico. Peça aos estudantes que escrevam um pequeno texto sobre o que já sabiam sobre a clonagem de cartões e telefones celulares e que relação eles percebem entre a denominação desses crimes com a ideia de clone expressa no texto.

3. Protoctistas: algas e protozoários

As algas são organismos de grande importância ecológica e também de importância econômica. Os protozoários são microrganismos mais conhecidos pelas doenças que causam. A classificação desses grupos tem se tornado cada vez mais complexa: segundo a cladística, devido às suas múltiplas origens evolutivas, seriam necessárias dezenas de reinos e de filos diferentes para classificar os protoctistas.

A atividade *Em destaque* pede aos estudantes que pesquisem o fenômeno das marés vermelhas, causado pela explosão populacional de certos protoctistas dinoflagelados. Esse aumento descontrolado deve-se à presença excessiva de matéria orgânica e nutrientes em águas litorâneas, o que é denominado eutrofização. A eutrofização pode ser causada, entre outros fatores, pelo lançamento de esgotos na água. Além de toxinas produzidas pelos protoctistas dinoflagelados, sua explosão populacional faz com que eles entrem em competição com os peixes pelo gás oxigênio, o que pode levar estes últimos à morte. No grupo dos dinoflagelados, destacam-se também as noctilucas, responsáveis pelo fenômeno da bioluminescência dos mares, em que ocorre um tênue brilho azul esverdeado na água em que as noctilucas se encontram.

De olho na BNCC

- **EM13CNT203**
- **EM13CNT302**
- **EM13LGG104**
- **Competência geral 4**

A atividade *Em destaque* propõe a reflexão a respeito de intervenções nos ecossistemas e nos seres vivos, favorecendo o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**. A proposta de elaboração de um material de divulgação colabora para o desenvolvimento da **competência geral 4** e da habilidade **EM13CNT302**. Além disso, a leitura da notícia contribui para a compreensão e produção de textos, alinhados à habilidade **EM13LGG104**, da área de Linguagens e suas Tecnologias.

Dialogando com o texto

A atividade propõe a avaliação e a previsão dos efeitos de vários tipos de intervenção humana, ou antrópica, nos ecossistemas e nos seres vivos, além da reflexão sobre a importância de preservar a biodiversidade. A atividade encaminha os estudantes para uma pesquisa sobre as grandes divisões do ambiente aquático: plâncton, nécton e bentos. O plâncton se refere à comunidade aquática composta dos seres que boiam ao sabor das correntes, na água próxima à superfície, como as algas do fitoplâncton e microcrustáceos do zooplâncton. O nécton refere-se à comunidade de seres que nadam ativamente, suplantando as correntes, como os peixes. O bentos é a comunidade de seres que mantêm relação direta com os fundos submersos, seja enterrados, fixados a rochas ou errantes, denominação que se dá aos organismos bentônicos que andam pelos fundos submersos. Exemplos de bentos são os camarões e os polvos (bentos errantes) e os corais (bentos fixos). Se possível, reserve um tempo de aula para que os estudantes apresentem seu trabalho. É importante que eles percebam que a contaminação dos oceanos com esgoto ou petróleo pode matar os organismos do plâncton, trazendo prejuízo ao ambiente, uma vez que o plâncton constitui a base da cadeia alimentar marinha.

De olho na BNCC

- **EM13CNT203**
- **Competência geral 4**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT309**

A atividade *Dialogando com o texto* também é uma oportunidade para avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais na garantia da sustentabilidade do planeta, favorecendo o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**. A atividade também estimula a reflexão sobre a dependência do mundo atual em relação aos combustíveis fósseis, não renováveis, colaborando com o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT309**. A atividade sugere a elaboração de um texto com ilustrações para comunicar os resultados da pesquisa, promovendo debates em torno de temas de relevância sociocultural, o que cria oportunidades para desenvolver a **competência geral 4** e a habilidade **EM13CNT302**.

Se houver tempo e interesse, solicite aos estudantes que formem grupos para pesquisar, em livros e na internet, o processo de conjugação que ocorre em paramécios. De posse desses dados, a sugestão é que os grupos elaborem infográficos em tamanho grande sobre o ciclo sexuado do paramécio, reunindo ilustrações e legendas explicativas. Combine com os estudantes a apresentação dos trabalhos em classe e aproveite para discutir a alta especialização de protozoários como o paramécio, que, entre outros aspectos, apresenta um macronúcleo cujos genes controlam funções vegetativas e um micronúcleo implicado no processo sexual da conjugação. O compartilhamento de informações entre os estudantes por meio das linguagens artística e científica permite desenvolver a **competência geral 4**.

Dialogando com o texto

A atividade estimula os estudantes a produzir uma matéria jornalística sobre o tema da biorremediação. A sugestão é que os estudantes submetam seus textos à revisão dos colegas, o que possibilita exercer o pensamento crítico e científico. Espera-se que os estudantes compreendam que o processo de biorremediação é uma tecnologia baseada em um processo natural, em que microrganismos são utilizados para descontaminar ambientes. No caso de tratamento de esgotos, a biorremediação pode atuar de forma complementar aos tratamentos físicos e químicos, resultando em efluentes (líquidos produzidos após o tratamento) mais limpos.

Mais informações podem ser encontradas em:

<http://www.comciencia.br/microrganismos-sao-alternativa-sustentavel-para-recuperacao-de-areas-contaminadas/>. Acesso em: 11 maio 2020.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**

A elaboração de textos visando promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos colabora para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**. A atividade estimula a interpretação de textos de divulgação científica, objetivando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações, o que permite desenvolver a habilidade **EM13CNT303**. A interpretação de dados e modelos relacionados às tecnologias de biorremediação para o enfrentamento da situação-problema do tratamento dos efluentes industriais contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**.

4. O reino dos fungos

Os fungos são classificados em um reino próprio (Fungi) devido às suas características únicas, entre elas o modo de vida peculiar e a presença de quitina. Curiosamente, além dos fungos, a quitina está presente apenas no grupo dos artrópodes (insetos, aracnídeos, crustáceos etc.). Comente com os estudantes que, dada à grande distância evolutiva que separa fungos de artrópodes, a presença de quitina é possivelmente uma convergência evolutiva em nível molecular. Converse com eles sobre o conceito de convergência evolutiva na evolução biológica, se for o caso.

Atividade prática

A *Atividade prática* propõe uma experiência que propicia condições para o aparecimento de fungos em frutos ou em outros alimentos, de preferência colocados em ambientes sombreados e úmidos. Chame a atenção dos estudantes para o fato de que os fungos, apesar de causarem a decomposição de alimentos, desempenham uma função importante na natureza como agentes decompositores, permitindo a reciclagem de matéria orgânica de cadáveres e partes ou resíduos de seres vivos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**

O estímulo à comunicação dos resultados do experimento colabora para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**.

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa C.
2 Alternativa E.
3 Alternativa A.
4 Alternativa D.
5 Alternativa B.

Nas questões 1 a 5 os estudantes devem relacionar corretamente os conceitos ligados à célula bacteriana e à reprodução das bactérias.

6 Alternativa D. A unicelularidade é uma das características que define o grupo dos protozoários.

7

	Nutrição	Organização estrutural	Hábitat	Exemplos
Algas	autótrofa	uni ou multicelular	água ou ambientes úmidos	dinoflagelados, ulva (alga verde macroscópica)
Protozoários	heterótrofa	unicelular	água doce ou salgada, em regiões lodosas e em terra úmida	plasmódio, ameba, paramécio, giárdia
Fungos	heterótrofa	uni ou multicelular	solo, água ou no corpo de outros seres vivos (parasitas)	leveduras, cogumelos, bolores

5. Como os seres microscópicos afetam nossa vida

Este item é importante porque leva em conta a maneira como os seres estudados afetam a vida humana. Enquanto alguns são causadores de doenças graves, outros têm grande importância ecológica e econômica.

Se os estudantes manifestarem interesse, auxilie-os na ampliação das informações sobre o HIV. Comente o fato de o vírus atacar principalmente células do sangue denominadas linfócitos T auxiliadores (ou células CD4), que participam do sistema de defesa corporal contra as infecções. Com isso o organismo fica susceptível a contrair infecções que não afetariam uma pessoa sadia, as chamadas infecções "oportunistas". Sintomas comuns da doença denominada aids, causada pelo vírus HIV, são: tosse e respiração ofegante; dificuldade de engolir; diarreia severa e persistente; febre; perda de visão; náusea, cólicas abdominais e vômitos; confusão mental e esquecimento; perda de massa corporal e fadiga extrema; dores de cabeça fortes; coma. Além disso, pessoas com aids são propensas a desenvolver alguns tipos de câncer, em particular os causados por vírus, como o sarcoma de Kaposi, o câncer cervical e linfomas. A prevenção da infecção pelo HIV consiste, entre outras medidas, em: a) praticar sexo seguro, com o uso de preservativos (camisinhas); b) certificar-se de que o sangue, em caso de necessidade de transfusão, tenha sido devidamente testado; c) tratar mulheres portadoras do vírus com medicamentos antivirais durante a gravidez; além disso, essas mulheres não devem amamentar o recém-nascido. Para tratar a aids atualmente tem sido utilizado o chamado "coquetel antiaids", que combina diferentes medicamentos antivirais. Apesar de não curar a doença, esses coquetéis antirretrovirais contribuem para a diminuição do número de mortes e melhora da qualidade de vida dos portadores do vírus HIV.

MODERNA

A aids tem sido motivo de grande preocupação entre as entidades de saúde pública e a população em geral. Dada a importância do tema, principalmente para os jovens, sugerimos a formação de grupos de pesquisa sobre essa doença para responder a questões como quando surgiram os primeiros casos, de onde o HIV teria vindo, qual o número de afetados pelo HIV no mundo, quais são os grupos de risco, além de discutir a discriminação sofrida, principalmente no início da epidemia, pelos portadores do vírus, os soropositivos. Ajude os estudantes a organizar uma apresentação das pesquisas à classe, o que pode proporcionar informações relevantes a todos e discussões destituídas de preconceitos. Uma atividade nos mesmos moldes pode ser feita para o novo coronavírus, responsável pela pandemia de grandes proporções que teve início no final de 2019 (ver a atividade *Dialogando com o texto*, a seguir).

Dialogando com o texto

A atividade propõe uma investigação mais aprofundada sobre alguns aspectos epidemiológicos da COVID-19, doença que afetou gravemente o mundo na década de 2020. Com base nesta atividade pode-se também sugerir aos estudantes que comparem previsões feitas no início da pandemia com o que de fato ocorreu. Mais informações podem ser encontradas em: <https://www.paho.org/pt/covid19> (acesso em: 21 ago. 2020).

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**
- **EM13CNT207**
- **EM13CNT306**
- **EM13CHS103**
- **EM13CHS304**
- **Competências gerais 4 e 8**

O aprofundamento nos temas da aids e da COVID-19 colabora para identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos, aos quais a juventude e toda a humanidade estão expostas, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar, permitindo o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT207** e da **competência geral 8**.

A atividade *Dialogando com o texto* sobre a pandemia de COVID-19 favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT306**, uma vez que os estudantes precisam avaliar os riscos envolvidos nas atividades cotidianas, justificando o comportamento de segurança visando à integridade física individual e coletiva, e **EM13CNT205**, ao aplicar noções de probabilidade e incerteza na interpretação de previsões sobre fenômenos naturais, reconhecendo os limites explicativos das ciências; contribui também para as habilidades de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas **EM13CHS103** e **EM13CHS304**, ao propor aos estudantes que elaborem hipóteses, selecionem evidências, sistematizem dados e informações e analisem impactos socioambientais decorrentes de práticas de indivíduos e instituições. O compartilhamento dos resultados da pesquisa por meios digitais também contribui com a **competência geral 4**.

A história dos antibióticos pode resultar em uma atividade interdisciplinar com História. Converse com seus colegas dessa disciplina para verificar a possibilidade de orientar os estudantes a pesquisar e levantar informações sobre os impactos, em termos históricos, da utilização da penicilina no tratamento de infecções bacterianas.

Para enriquecer o conteúdo, sugira aos estudantes que pesquisem sobre representações, caricaturais ou não, de microrganismos causadores de doenças em seres humanos usadas em campanhas de saúde, histórias em quadrinhos ou desenhos animados educativos. Se for o caso, estimule-os a criar suas próprias representações e caricaturas. Organize uma discussão sobre os limites e alcances dessas formas de divulgar conhecimentos sobre parasitas e doenças.

A invenção da vacina contra a varíola pelo médico britânico Edward Jenner (1749-1823), no início do século XIX, deu origem a um sistema de prevenção de doenças infecciosas sem precedentes na humanidade. A varíola foi erradicada no mundo graças a amplas campanhas governamentais de vacinação; a poliomielite está quase erradicada graças a campanhas semelhantes e o sarampo segue o mesmo caminho. Entretanto, é preocupante que atualmente apareça na população um certo descrédito em relação à vacinação. A Organização Mundial da Saúde (OMS) anunciou que a primeira vacina contra a malária pode estar disponível em 2022, a depender do sucesso dos testes de fase 3 iniciados em 2019. A vacina pretende imunizar as pessoas contra o protozoário parasita *Plasmodium falciparum*, comum na África e causador de uma forma agressiva de malária. Para conscientizar os estudantes sobre a importância da vacinação, nossa proposta é que eles realizem uma pesquisa em grupo que pode ser coroada com uma espécie de seminário, em que serão apresentados e discutidos os resultados pelos representantes de cada grupo. Tarefas que poderiam ser repartidas entre os grupos poderiam ser: a) a história das vacinas e os princípios biológicos que atuam no organismo vacinado; b) doenças para as quais há vacinas eficazes e como funciona a carteira de vacinação adotada no Brasil; c) dados numéricos sobre a eficiência das campanhas de vacinação e um possível "relaxamento" dessa forma de prevenção, com o reaparecimento de doenças que pareciam erradicadas. Oriente e conduza as exposições orais dos grupos de estudantes, a fim de ampliar o conhecimento sobre a importância da vacinação. Estimule-os a ilustrar, sempre que possível, suas apresentações com desenhos, esquemas, infográficos e fotografias. Essa proposta contribui para o desenvolvimento da **competência geral 1**, na medida em que, ao realizar as pesquisas sobre vacinas, doenças erradicadas, campanhas de vacinação etc., os estudantes passam a valorizar e a utilizar conhecimentos historicamente construídos. Isso favorece o entendimento de que é preciso sempre continuar aprendendo, além de colaborar para a construção de uma sociedade mais justa, democrática e inclusiva.

MODERNA

CAPÍTULO 2 Anatomia e fisiologia das plantas

Metas do capítulo

- Conhecer as características gerais dos principais grupos de plantas atuais.
- Conhecer as etapas iniciais do desenvolvimento embrionário de uma planta angiosperma.
- Conceituar germinação e identificar as partes fundamentais da planta jovem presente no interior da semente.
- Conhecer a estrutura geral dos principais tecidos vegetais: epiderme, periderme, parênquima, colênquima, esclerênquima, xilema, floema e meristemas.
- Identificar as partes principais de raiz, caule e folha.
- Conhecer a anatomia básica e identificar os tecidos constituintes da raiz, do caule e da folha.
- Conhecer as substâncias minerais de que as plantas necessitam – macronutrientes e micronutrientes.
- Explicar como a água e os sais minerais absorvidos pelas raízes chegam até as folhas transportados pelo xilema (hipótese da coesão-tensão).
- Reconhecer a fotossíntese como a fonte primária de alimentos orgânicos para as plantas.
- Identificar e explicar os fatores limitantes da fotossíntese.
- Explicar o deslocamento da seiva orgânica no floema segundo a hipótese do fluxo de massa.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo aborda a origem e a classificação das plantas, com destaque para a organização geral de suas estruturas, para que os estudantes entendam como as plantas são constituídas. Esses conhecimentos são fundamentais para a compreensão dos processos relacionados à nutrição, ao transporte de substâncias e ao funcionamento dos hormônios vegetais. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia.

A **abertura do capítulo** enfatiza a conquista da terra firme pelas plantas. A imagem ilustrativa da abertura apresenta uma micrografia de grãos de pólen, novidade evolutiva que possibilitou às plantas independência de água líquida para a fecundação, tendo sido uma característica importante na conquista definitiva do ambiente de terra firme.

Uma forma de iniciar a discussão do assunto é conversar com os estudantes sobre como a ornamentação do envoltório dos grãos de pólen, típica de espécies e de grupos de plantas e que tem contribuído para o entendimento da evolução vegetal. Há inclusive um ramo especializado na botânica denominado Palinologia, que se dedica a analisar grãos de pólen de espécies atuais e também fossilizados, em diferentes épocas, tentando estabelecer correlações evolutivas entre grupos vegetais. No caso de haver interesse dos estudantes, estimule-os a pesquisar na internet o termo "palinologia".

Dialogando com o texto

Esta atividade propõe uma integração com as disciplinas de Geografia e História. Se possível, combine com os colegas dessas disciplinas a melhor maneira de explorar o assunto. Para desenvolver esse item, sugerimos que os estudantes sejam orientados a utilizar gráficos e tabelas em textos de divulgação científica. Estimule os estudantes a compartilhar os textos que escreveram com colegas de classe, trocando sugestões e críticas. A atitude de receber críticas com naturalidade, rebatendo-as ou reconhecendo-as, é importante tanto para a rotina escolar quanto para a vida.

Durante a discussão comente que o conhecimento sobre as plantas permitiu a produção de alimentos em larga escala, o que tem contribuído para alimentar a crescente população humana.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13LGG102**
- **Competência geral 1**

A atividade *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT302**, que envolve a comunicação e divulgação de resultados das pesquisas, e **EM13CNT303**, uma vez que o estudante terá que interpretar textos de divulgação científica para o debate.

A atividade favorece também o desenvolvimento da habilidade **EM13LGG102**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, por propor aos estudantes analisar e comparar visões de mundo e conflitos de interesse, ampliando suas possibilidades de interpretar o mundo. Contribui também com a **competência geral 1**, ao valorizar os conhecimentos historicamente construídos para entender a realidade e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.

1. Origem e classificação das plantas

Este item apresenta as evidências científicas de que as plantas atuais descendem de algas que conquistaram o ambiente terrestre há mais de 400 milhões de anos. No Livro do Estudante é apresentada uma tabela com a classificação geral das plantas atuais.

É importante que os estudantes entendam que a presença de vasos condutores, de sistemas de proteção contra a perda de água e de maneiras de reprodução independentes de água líquida foram fundamentais no processo evolutivo das plantas.

Para o desenvolvimento deste item, sugerimos analisar características das plantas, desde sua organização macroscópica (raiz, caule, folhas, flores e frutos) até a organização microscópica geral desses órgãos. Outro aspecto é discutir as condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento das plantas e os fatores que o limitam. Vale a pena também retomar o sistema de classificação das plantas adotado neste livro, exemplificando os principais filos. Discuta com os estudantes a

EDIÇÃO ESPECIAL

importância dos critérios de classificação das plantas, em que são consideradas as características morfológicas, fisiológicas e moleculares comuns aos indivíduos de um mesmo grupo.

Uma forma de incentivar o interesse dos estudantes para os temas abordados envolve a observação e a constatação da diversidade vegetal na natureza. Se possível organize uma visita monitorada a um jardim botânico ou parque. Sugira aos estudantes que estejam munidos de cadernos de desenho e de anotações, lápis ou canetas coloridas, câmeras fotográficas, de vídeo ou *smartphones*, para registrar aspectos importantes da visita.

A visita permite tornar o conteúdo do capítulo mais acessível, partindo da observação de diferentes tipos de plantas, suas características e adaptações ao hábitat. Antes da visita é importante combinar com os estudantes a programação a ser cumprida durante a visita. Solicite aos estudantes que elaborem relatórios, ilustrados com desenhos e/ou fotografias, que podem ser compartilhados em um painel de discussão organizado em classe e coordenado pelo professor. A discussão permite mapear e consolidar os conhecimentos dos estudantes acerca do tema, auxiliando no desenvolvimento dos próximos itens deste capítulo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**

Esse item e todo o capítulo possibilitam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, ao abordar a organização dos diferentes tecidos das plantas, correlacionando-os com as diferentes funções desempenhadas pelos órgãos vegetais.

Dialogando com o texto

Sugerimos que seja proposto aos estudantes um levantamento das plantas que eles conhecem, além de uma pesquisa, em fontes confiáveis sobre cada grupo apresentado na tabela. Se possível, reserve uma parte da aula para que os estudantes apresentem oralmente os resultados de seu trabalho, o que dinamiza a aula e cria oportunidades de desenvolver habilidades de expressão oral.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **Competência geral 2**

A pesquisa sugerida na atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303** e é importante para que os estudantes relacionem as plantas às suas classificações. Essa prática faz parte da metodologia científica, que tem a classificação e a sistematização como uma de suas etapas; assim, contribui também com a habilidade **EM13CNT301**. Nesse sentido, sugerimos conversar com os estudantes sobre os princípios da metodologia científica descritiva, que descreve os fatos observados sem tentar interferir neles, estabelece relações e promove a observação sistemática e a classificação. A confecção da tabela que será compartilhada pode ser realizada utilizando mídias digitais de comunicação, contribuindo com a habilidade **EM13CNT302**. Todos esses processos de pesquisa, discussão e comunicação também favorecem o desenvolvimento da **competência geral 2**, que trata da abordagem própria das ciências para a investigação, análise e reflexão.

2. Desenvolvimento e tecidos das plantas com sementes

Este item aborda a germinação da semente e a origem dos diversos tecidos das plantas, tendo em vista sua estrutura e função no organismo vegetal.

Conhecer a anatomia interna e a histologia dos vegetais é importante para compreender os processos metabólicos vegetais relacionados ao desenvolvimento, à sustentação, à nutrição e à condução de seiva. Neste item são abordados os tecidos vegetais, com destaque aos tecidos meristemáticos, de revestimento, de sustentação e de condução das seivas mineral e orgânica.

Sugerimos também utilizar o material *Uma proposta de atlas de botânica para incentivar o ensino na educação básica* na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*. Esse material apresenta a diversidade vegetal do planeta e aborda morfologia e anatomia vegetais. Consulte o atlas conforme os temas forem abordados no capítulo do livro.

Ao abordar a germinação das sementes, peça aos estudantes que mencionem algumas plantas com sementes que eles conhecem e observam em seu cotidiano. Estimule-os a desenhá-las na lousa, ou a fazer os desenhos em seu próprio caderno. Sugerimos, também, que os estudantes assistam ao episódio 2 (*Crescendo*) da série *A vida secreta das plantas*, descrito em mais detalhes no tópico *Referências bibliográficas complementares do volume*, o que pode despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes sobre o tema abordado neste item.

Atividade prática

Essa atividade tem a finalidade de proporcionar aos estudantes a experimentação por meio dos procedimentos próprios da metodologia científica (observação, formulação de hipóteses, experimentação, observação dos resultados e conclusão).

Oriente os estudantes a formar grupos para realizar a observação da germinação de sementes de feijão e milho. Lembre que é interessante haver réplicas do experimento entre os membros de um mesmo grupo, o que dá mais consistência às observações. Oriente os estudantes a elaborar um relatório com anotações referentes ao experimento. Sugira que o relatório siga o formato utilizado nas publicações científicas. É importante que, antes de iniciar do experimento, os estudantes formulem hipóteses a respeito do que esperam que aconteça, anotando-as em seu relatório. Como se espera que seja a germinação e o crescimento do broto das diferentes plantas? Espera-se que sejam semelhantes ou diferentes? As observações devem ser realizadas duas vezes ao dia e registradas por meio de anotações, desenhos e fotografias.

O final do trabalho, que deve levar entre duas e três semanas, pode ser apresentado em classe por cada grupo. Os estudantes devem ressaltar a diferença entre a germinação no claro e no escuro, que não foi mencionada explicitamente na atividade. Discuta com eles acerca da resposta da planta que germina no escuro, o chamado estiolamento, interpretada pelos cientistas como uma resposta adaptativa da planta para buscar rapidamente a luz. A concentração do hormônio

MODERNA

auxina nas plantas aumenta na escuridão, uma vez que parte desse hormônio é fotodestruída em ambientes iluminados. É a concentração de auxina elevada que provoca o rápido crescimento, e as plantas são amareladas devido à falta de luz, necessária à síntese de clorofila. Esses são os sintomas típicos do estiolamento.

A participação durante a atividade experimental e o relatório podem ser usados para avaliar o desempenho dos estudantes.

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**
- **EM13CNT301**
- **Competência geral 2**

Esta *Atividade prática* possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT205**, por envolver a interpretação de resultados de fenômenos naturais, e a **EM13CNT301**, uma vez que o estudante realiza previsões sobre atividades experimentais, enfrentando situações-problema sob uma perspectiva científica.

A atividade contribui também com a **competência geral 2**, que trata do exercício da curiosidade intelectual utilizando a abordagem própria das ciências, incluindo a investigação e o teste de hipóteses.

O experimento *Estudando a germinação de sementes* pode ser usado como estímulo para o início do estudo dos meristemas e da diferenciação dos tecidos vegetais. Durante a germinação ocorre a multiplicação das células embrionárias e inicia-se a diferenciação celular.

Sugerimos destacar e conceituar meristemas e sua função. Esquemas auxiliam na compreensão dos estudantes. Analise com eles cada passo do desenvolvimento dos tecidos com o auxílio das ilustrações do livro, contribuindo assim com o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, que trata das diversas formas de manifestação da vida, em seus diferentes níveis de organização.

Converse com os estudantes sobre como os pelos absorventes aumentam a superfície de absorção das raízes. Sugira-lhes que imaginem uma superfície lisa em relação a uma superfície pregueada. Os pelos absorventes aumentam significadamente a área de absorção em relação a uma área sem pelos.

Para estudar os tecidos de revestimento dos vegetais é possível separar previamente folhas de diferentes plantas (tomando o cuidado de escolher aquelas que apresentam variação na espessura e na rigidez da cutícula), pedaços de tronco de árvores e fragmentos de raízes contendo tricomas. Explique que a epiderme é o tecido mais externo da planta e confere proteção em relação ao meio externo. Em troncos e raízes de diversas plantas, a epiderme é substituída por tecido de revestimento mais resistente, a periderme, formada externamente por tecido morto, o súber. Comente também que há diferentes tipos de tricomas, desde os pelos absorventes das raízes aos tricomas presentes em caules e folhas, que protegem plantas de regiões desérticas contra a perda excessiva de água. Se for o caso, estimule os estudantes a pesquisar o tema na internet.

Ao abordar o tema desse item, você pode utilizar o texto *Uma proposta de atlas de botânica para incentivar o ensino na educação básica,* indicado na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*, destacando tecidos de revestimento como a epiderme e diferentes tipos de tricomas.

Atividade em grupo

O conteúdo deste quadro pode ser utilizado para aprofundar o estudo das especializações da epiderme, como os espinhos das plantas xeromórficas.

Nessa atividade é importante incentivar os estudantes a realizar pesquisas sobre o tema sugerido em *sites* confiáveis.

Para ampliar os conhecimentos acerca do assunto, o conteúdo pode ser explorado em conjunto com o professor de Geografia, ao abordar as questões climáticas e geográficas envolvidas. Por exemplo, um bioma a ser abordado é a caatinga, com suas características típicas e questões sociais relacionadas às populações humanas que vivem nesse bioma. Além disso, pode-se também abordar a utilização das plantas da caatinga para a alimentação e no artesanato, entre outros aspectos culturais.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT303**

Essa seção contempla as habilidades **EM13CNT202**, ao abordar diversas formas de manifestação da vida vegetal, e **EM13CNT303**, ao envolver pesquisa e interpretação de textos de divulgação científica que tratam de temáticas das Ciências da Natureza.

Muitos estudantes têm dificuldade em interpretar cortes de plantas e, assim, formar uma visão tridimensional desses organismos. Ajude-os a interpretar imagens em corte e tente desenhar, em três dimensões, o que o corte mostra. Estimule-os a pensar que, ao ver um círculo de células em um corte transversal de caule, trata-se na verdade de um cilindro celular. Essa visão facilita a compreensão da estrutura e da fisiologia das plantas.

Sugerimos ao professor que analise, junto com os estudantes, caules de plantas que exemplifiquem os diferentes tipos de tecidos abordados (parênquimas, colênquima e esclerênquima). Além disso, é possível levar para a sala de aula algumas amostras de plantas e fazer esse tipo de secção para apresentar aos estudantes os tecidos estudados.

Para contextualizar o tema dos tecidos condutores de seiva, sugerimos apresentar aos estudantes o vídeo *Experimentoteca – Condução de água nas plantas (rosa arco-íris)*, indicado na seção *Referências bibliográficas complementares do volume*.

Se possível realize esse experimento em sala de aula com os estudantes. A partir dele, seja pela visualização do vídeo seja pela prática realizada em sala de aula, destaque os elementos presentes nos tecidos condutores: elemento de vaso lenhoso e traqueíde no xilema e células crivadas e elementos de tubo crivado no floema. Explique a diferença entre esses dois tipos de tecidos. O estudo dos tecidos condutores de seiva contribui com a habilidade **EM13CNT202**, uma vez que contempla a análise de diferentes formas de manifestação de características das plantas e seus níveis de organização.

MODERNA

3. Organização corporal das plantas angiospermas

Para trabalhar esse tema sugerimos que a turma seja dividida em grupos, com a tarefa de coletar diferentes plantas ou partes delas no ambiente escolar (folhas, caules e raízes). Oriente-os a coletar somente plantas que eventualmente seriam removidas durante a manutenção do espaço escolar, poupando as cultivadas. Outra possibilidade é que eles tragam as amostras de suas casas.

Ainda em grupos, os estudantes devem desenhar as características visíveis de folhas, caules e raízes, abordando as principais diferenças entre os exemplares coletados.

Com base nessas informações pode-se promover uma discussão sobre a organização do corpo das plantas, as características e a especialização de cada órgão vegetal, favorecendo a habilidade **EM13CNT202**.

Converse com os estudantes sobre o padrão de nervuras das folhas em diferentes grupos de plantas. Nas plantas monocotiledôneas, como as gramíneas (grama, milho etc.), as nervuras das folhas são quase sempre paralelas, o que faz com que as folhas sejam classificadas como paralelinérveas. Por sua vez, plantas como as eudicotiledôneas (e as dicotiledôneas basais, relativamente mais primitivas que as primeiras), apresentam quase sempre folhas com nervuras reticuladas (folhas reticulinérveas). Se houver possibilidade, sugira aos estudantes que coletem, para estudar em classe, folhas desses dois tipos.

Após essa atividade, pode-se organizar a produção de um herbário com as plantas coletadas. Os grupos devem realizar uma pesquisa sobre a confecção de herbários e obter informações detalhadas sobre as espécies de plantas coletadas, utilizando textos de divulgação científica e diferentes mídias, sempre em fontes confiáveis, contribuindo assim com as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**. Uma sugestão de como elaborar o herbário se encontra em *Herbário escolar: suas contribuições ao estudo da botânica (foco: biodiversidade)*, descrito em mais detalhes em *Referências bibliográficas complementares do volume*.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT301**

A abordagem sugerida no texto contribui com o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, ao sugerir aos estudantes a análise das diversas formas de manifestação da vida e seus níveis de organização; **EM13CNT301**, ao propor a construção de uma coleção biológica com informações detalhadas; **EM13CNT303**, ao propor pesquisa e interpretação de textos de divulgação científica com a seleção de fontes confiáveis de informação.

4. Fisiologia das plantas angiospermas

Para abordar o tema desse item sugerimos a realização de um experimento simples, cujo objetivo é constatar o processo da fotossíntese por meio da visualização de um dos seus efeitos, a liberação de gás oxigênio.

Materiais necessários

- Béquer (ou outro recipiente de vidro de tamanho médio)
- Funil de vidro (que tenha a abertura superior menor que a abertura do recipiente escolhido)
- Tubo de ensaio
- Luminária
- Exemplares da planta aquática elódea (*Elodea* sp.)
- Água

Procedimento

1. Despeje a água no interior do béquer.
2. Insira a planta em seu interior, de forma que fique totalmente submersa.
3. Introduza o funil em posição invertida, ou seja, colocando a abertura maior para baixo, de forma que envolva toda a planta.
4. Tampe a abertura menor do funil, invertendo sobre ela um tubo de ensaio cheio de água (realize o procedimento de modo que o funil mantenha-se cheio de água).
5. Posicione a luminária lateralmente ao béquer e mantenha a lâmpada acesa.

Resultados e conclusão

Os estudantes devem observar e anotar os resultados a partir do dia seguinte ao da montagem do experimento.Espera-se que, após um dia, seja possível observar pequenas bolhas gasosas na superfície interna do funil e do tubo de ensaio.

Questione os estudantes sobre o que são essas bolhas. Por que isso ocorre? De que maneira podemos alterar os resultados desse experimento? Espera-se que eles compreendam que as bolhas formadas são de gás oxigênio, liberado como produto da fotossíntese, e que uma maneira de interferir no experimento, para gerar resultados diferentes, seria alterar a luminosidade fornecida à planta.

Após a realização do experimento, oriente os estudantes a pesquisar o processo da fotossíntese e os fatores que podem interferir no seu desempenho e seus fatores limitantes. Peça também que pesquisem sobre plantas de sol e plantas de sombra. Sugira que correlacionem esses tipos de plantas com o conceito de ponto de compensação fótico apresentado no texto. Coordene uma apresentação em classe dos resultados obtidos pelos estudantes em suas pesquisas e converse com eles sobre suas descobertas.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT303**

Essa abordagem favorece o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, pois aborda formas de manifestação da vida e as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas; **EM13CNT301**, ao propor a realização de um experimento sob a perspectiva científica; **EM13CNT303**, pois requer a pesquisa e interpretação de textos de divulgação científica com a seleção de fontes confiáveis de informação.

MODERNA

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa C. Suponha um ambiente cuja luminosidade seja intermediária entre os valores correspondentes aos pontos de compensação fóticos de uma planta de sombra e de uma planta de sol. Se as duas plantas forem mantidas nesse ambiente, pode-se prever que a planta de sombra terá um bom desenvolvimento, mas a planta de sol será prejudicada.

Para o estudo da absorção da água e dos sais minerais pelas plantas, sugerimos o desenvolvimento de um experimento utilizando flores brancas, água e corantes. O objetivo é a visualização de um efeito da absorção e condução da seiva mineral: coloração de pétalas brancas.

Materiais necessários

- Flores brancas
- Três béqueres
- Corantes alimentícios de três cores diferentes
- Água

Procedimento

Antes de dar início ao procedimento, explique-o aos estudantes e estimule-os a elaborar hipóteses sobre os resultados esperados.

1. Coloque água nos béqueres.
2. Em cada um deles, coloque algumas gotas de um corante e misture.
3. Insira os caules recém-cortados das flores nos béqueres.
4. Aguarde algumas horas.

Resultados e conclusão

Os estudantes devem observar e anotar os resultados, comparando com suas hipóteses. Espera-se que as flores adquiram a coloração dos corantes, evidenciando a absorção da água colorida e seu transporte pelo caule.

Questione os estudantes: O que foi possível observar nesse experimento? Por que as flores ficaram coloridas? Quais processos ocorrem na planta? Qual estrutura da planta é responsável pela absorção? Por que, mesmo sem raízes, as plantas absorveram a água?

Oriente os estudantes a realizar pesquisas sobre o cultivo de plantas sem solo, técnica conhecida por hidroponia. Questione-os sobre as possíveis vantagens e desvantagens da hidroponia em relação ao cultivo tradicional. Avalie quantos já viram ou se alimentaram de hortaliças obtidas por técnicas hidropônicas. Conclua com uma apresentação dos estudantes, em classe, sobre o que eles descobriram a respeito do tema.

Pergunte aos estudantes se eles já notaram que a falta de água faz as plantas murcharem. Se receberem água a tempo, podem readquirir o viço. Isso ocorre porque boa parte da sustentação corporal das plantas, principalmente nas partes jovens, decorre da pressão de líquidos intracelulares, que faz as células se tornarem inchadas, ou túrgidas, e as paredes enrijecerem em decorrência da pressão interna. Sugira aos estudantes que imaginem uma bola de futebol; quanto mais a enchemos de ar, mais "dura" ela fica. Se a pressão interna diminui, a bola murcha e o envoltório de couro torna-se flácido. As células vegetais absorvem água por osmose, que é a difusão diferencial de água, através de uma membrana semipermeável, entre duas soluções com diferentes concentrações de soluto.

Combine com o professor de Química algum tipo de atividade conjunta sobre soluções, difusão e osmose. Na osmose, a passagem de água ocorre em maior quantidade da solução menos concentrada em solutos (hipotônica) para a mais concentrada em solutos (hipertônica). Se duas soluções têm a mesma concentração de solutos, ou seja, se elas são isotônicas, não ocorre osmose, pois quantidades equivalentes de água passam de uma solução para outra e vice-versa. Portanto, a capacidade de uma célula de absorver água depende da pressão osmótica exercida, em última análise, pelo grau de concentração de suas soluções internas. Se uma célula vegetal for mergulhada em uma solução hipotônica, ela absorverá água e seu volume aumentará, até que a pressão exercida pela parede celular se iguale à pressão osmótica. Quando a célula vegetal atinge esse estado de equilíbrio diz-se que ela está túrgida. Os conceitos de difusão e osmose são importantes para compreender diversos aspectos da fisiologia das plantas.

Para o desenvolvimento do tema abordado nesse item, sugerimos que utilize os dois experimentos anteriores para embasar o trabalho em sala de aula. Durante a discussão com os estudantes, procure abordar o conceito de seiva orgânica, o local de sua produção e como ocorre sua condução das folhas para todas as demais partes da planta, chegando às extremidades das raízes, segundo a hipótese de fluxo de massa, ou do desequilíbrio osmótico.

Outra possibilidade é orientar os estudantes a realizar uma pesquisa em grupo que responda a esses questionamentos e sobre a hipótese de fluxo de massa, ou do desequilíbrio osmótico, favorecendo o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**. Os grupos podem produzir um vídeo ou *podcast* explicativo sobre o tema e divulgar em mídias sociais da escola, contribuindo, assim, com a habilidade **EM13CNT302**.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**

Este item possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, ao propor uma análise das formas de manifestação da vida e as condições ambientais favoráveis ou limitantes; **EM13CNT301**, por propor aos estudantes que elaborem hipóteses sobre experimentos realizados anteriormente; **EM13CNT303**, por sugerir a interpretação de textos de divulgação científica e apresentação de dados; **EM13CNT302**, ao propor a comunicação de resultados de análises em diferentes linguagens, incluindo as digitais.

EXCLUSIVA

Dialogando com o texto

Discuta com os estudantes a importância dos plasmodesmos na comunicação e na troca de moléculas entre as células vegetais. Oriente-os a realizar uma pesquisa sobre o funcionamento dessas estruturas. Uma abordagem possível é solicitar a eles que façam uma pesquisa sobre transporte de herbicidas nas plantas por meio dos plamodesmos. Dessa forma, é favorecida a habilidade **EM13CNT303**.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**

Este item contribui com o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**, por sugerir a interpretação de textos de divulgação científica em fontes confiáveis e apresentação de dados.

CAPÍTULO 3 Geometria molecular e interações moleculares

Metas do capítulo

- Empregar a teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência para determinar a geometria de moléculas nas quais exista um átomo central com até quatro domínios eletrônicos.
- Reconhecer, por meio da análise da fórmula estrutural, a geometria de átomos de carbono presentes em uma molécula de composto orgânico.
- Compreender a diferença entre uma ligação covalente polar e uma ligação covalente apolar.
- Empregar considerações de simetria para determinar se uma molécula é polar ou apolar.
- Ter noção da influência da polaridade na miscibilidade de dois líquidos e na solubilidade de solutos em solventes (essa meta será aprimorada, posteriormente, neste volume).
- Conhecer a origem das interações intermoleculares dos tipos ligação de hidrogênio, interação dipolo-dipolo e interação dipolo instantâneo-dipolo permanente.
- Determinar o tipo predominante de interações intermoleculares existentes em uma substância pura.
- Perceber o efeito das interações intermoleculares na tensão superficial e na viscosidade de um líquido.
- Interpretar a influência do tipo de interação intermolecular e da massa da molécula na temperatura de ebulição de substâncias moleculares.

Sugestões didáticas e comentários

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

Neste capítulo, são abordados aspectos fundamentais das interações existentes entre as moléculas e suas implicações em algumas propriedades das substâncias, como tensão superficial, viscosidade e temperatura de ebulição.

O ponto de partida é o estudo da geometria molecular, da polaridade de ligações covalentes e da polaridade de moléculas. A partir desses assuntos, o capítulo discute a relação entre polaridade e solubilidade (em nível introdutório, pois o tema solubilidade será retomado em outros momentos deste livro), os tipos de interações intermoleculares e alguns de seus efeitos.

Na abertura do capítulo, você pode instigar os estudantes a expressarem suas opiniões sobre a razão pela qual água e óleo são imiscíveis e água e etanol são miscíveis. As respostas permitem ao professor verificar quais ideias prévias (cientificamente corretas ou não) os estudantes têm acerca do conceito de solubilidade. A coleta dessas concepções preestabelecidas ajudará no planejamento da intervenção pedagógica necessária ao desenvolvimento do tema, inclusive em capítulos posteriores (como o Capítulo 10, em que o conceito de solubilidade é aprimorado e ganha dimensão quantitativa). Ao final do capítulo, retome essas concepções com os estudantes, pois, nesse momento, espera-se que eles saibam explicar que, no primeiro caso, a imiscibilidade é consequência do fato de o óleo ser apolar e a água ser polar e que, no segundo, a miscibilidade decorre da polaridade da água e do etanol. Em um passo além, é possível que os estudantes concluam que há estabelecimento de ligações de hidrogênio entre água e etanol, o que influencia favoravelmente a miscibilização dessas substâncias. A visão da importância das interações intermoleculares na solubilidade será trabalhada oportunamente (Capítulos 6, 7 e 10), quando se espera que os estudantes reconheçam a importância do estabelecimento de ligações de hidrogênio entre o etanol e a água como importante fator determinante da miscibilidade irrestrita observada entre etanol e água.

Outra maneira sugerida para coletar concepções prévias é a *Sugestão de atividade complementar* a seguir.

Sugestão de atividade complementar

O uso da técnica cromatográfica para perceber que canetas hidrográficas frequentemente apresentam mais de um corante é uma atividade experimental interessante para propor aos estudantes na abertura deste capítulo e que possibilita verificar ideias prévias sobre capilaridade e forças intermoleculares.

MODERNA

Proponha aos estudantes que, divididos em equipes, recortem tirinhas retangulares de papel de filtro de 2 cm (base) por 10 cm (altura). Em cada uma, eles devem fazer um risco fino horizontal (paralelo à base) com apenas uma cor de caneta hidrográfica. O risco deve ser feito a cerca de 1,5 cm ou 2 cm de distância da base do retângulo.

Para cada equipe, serão necessários dois béqueres – ou, na ausência desses, copos de vidro que tenham altura de 10 cm a 15 cm (é comumente o caso de béqueres de 250 mL ou 500 mL). O professor coloca etanol em um deles e água em outro **só** até atingir 1 cm de altura. O experimento deve ser realizado em **local muito bem ventilado e na completa ausência de fontes de ignição** (tais como chamas ou faíscas elétricas). Enfatize aos estudantes que essas **atitudes de segurança são fundamentais** quando se manuseiam materiais inflamáveis, como é o caso do etanol.

Os estudantes devem colocar as tirinhas dentro do béquer, encostando apenas a extremidade que está abaixo do risco de caneta no álcool ou na água. O risco colorido **não** deve ser mergulhado no solvente. As tirinhas devem ser fixadas nessa posição, o que pode ser feito prendendo-as à borda do béquer com um prendedor de roupa para varais ou, melhor ainda, pendurando-as em um fio metálico rígido ou vareta de madeira horizontalmente apoiado na boca do béquer. Um béquer pode permitir a fixação de mais de uma tira. Diferentes equipes podem usar diferentes cores e/ou marcas de canetas hidrográficas. Assim, a classe sondará uma ampla gama desses produtos.

A partir da imersão da pontinha do retângulo de papel de filtro no solvente, o líquido começará a percorrer a tira de baixo para cima, devido à capilaridade nos poros do papel. (A ação capilar será estudada neste capítulo e a questão 2 da seção *Atividades finais* – extraída do Enem – abordará a capilaridade nos poros do papel.) Diga aos estudantes para **não ficarem muito próximos do frasco com etanol**, a fim de **não inalarem** os vapores dessa substância. Esperem até que o solvente tenha subido até aproximadamente três quartos da altura das tirinhas (cerca de 7,5 cm) e, então, retirem-nas e coloquem-nas para secar.

Peça aos estudantes que observem os resultados e proponham explicações para o fato de alguns corantes serem arrastados pelo solvente a uma distância maior do que outros. (Algumas canetas contêm um só corante, outras contêm mais de um.) Peça que registrem suas observações e explicações.

Ao final do capítulo, volte a essas observações para que eles possam avaliá-las e reformulá-las. O objetivo é propiciar uma discussão que permita aos estudantes concluir que o solvente percorre o papel devido à ação capilar nos poros do papel. Quanto aos corantes, aqueles que apresentam interações intermoleculares mais fortes com o papel de filtro permanecerão mais próximos da posição original do risco, enquanto aqueles que interagem mais fracamente com o papel serão arrastados a maiores distâncias pelo solvente.

Ao final, as tiras **secas** podem ser descartadas no lixo comum. O etanol deve ser colocado pelo professor ou técnico de laboratório no frasco de descarte de solventes não clorados do laboratório para posterior encaminhamento ao tratamento de resíduos laboratoriais. Para mais orientações sobre a prática laboratorial de descarte de resíduos, sugere-se a leitura de MACHADO e MÓL, indicado mais à frente.

A técnica de separação de componentes de misturas utilizando um solvente que percorre um meio (por exemplo, papel, sílica aderida a uma placa de vidro, óxido de alumínio – alumina – colocado dentro de uma coluna cilíndrica de vidro) e arrasta diferentemente os componentes da mistura porque estes interagem com diferentes intensidades com o material que constitui o meio percorrido (papel, sílica, alumina) é denominada **cromatografia**. Algumas referências que podem ser úteis ao docente interessado na utilidade pedagógica dessa técnica são:

CELEGHINI, R. M. S.; FERREIRA, L. H. Preparação de uma coluna cromatográfica com areia e mármore e seu uso na separação de pigmentos. *Química Nova na Escola*, n. 7, 1998. p. 39-41. – Sugestão de construção de coluna cromatográfica de baixo custo.

DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. Cromatografia, um breve ensaio. *Química Nova na Escola*, n. 7, 1998. p. 21-25. – Apanhado geral sobre a técnica cromatográfica e seus desdobramentos.

FRACETO, L. F.; LIMA, S. L. T. Aplicação da cromatografia em papel na separação de corantes em pastilhas de chocolate. *Química Nova na Escola*, n. 18, 2003. p. 46-48. – Propõe interessante experimento que investiga a presença de um ou mais corantes no revestimento dos confeitos coloridos de chocolate.

OLIVEIRA, A. R. M.; SIMONELLI, F.; MARQUES, F. A. Cromatografando com giz e espinafre: um experimento de fácil reprodução nas escolas do ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 7, 1998. p. 37-38. (Veja também errata no n. 8, p. 41.) – Outra opção de baixo custo, que emprega pó de giz branco em coluna cromatográfica.

PALOSCHI, R.; ZENI, M.; RIVEROS, R. Cromatografia em giz no ensino de Química: didática e economia. *Química Nova na Escola*, n. 7, 1998. p. 35-36. – Neste caso, utiliza-se o giz (inteiro, não seu pó) como coluna cromatográfica.

Esses artigos são disponibilizados na internet e podem ser encontrados mediante busca pelo título ou no *site* da revista: <http://qnesc.sbq.org.br/> (acesso em: jun. 2020). Sobre encaminhamento de resíduos laboratoriais e restos de reagentes, recomendamos o seguinte artigo, que também pode ser acessado pelos meios descritos:

MACHADO, P. F. L.; MÓL, G. S. Resíduos e rejeitos de aulas experimentais: o que fazer? *Química Nova na Escola*, n. 29, 2008. p. 38-41.

Outras duas publicações de importância para instalação, manutenção e correta utilização de laboratórios de ensino de Ciências da Natureza, inclusive nos aspectos referentes às boas práticas laboratoriais e ao correto descarte de resíduos são:

OLIVEIRA, C. M. A. *et al*. *Guia de laboratório para o ensino de Química: instalação, montagem e operação*. São Paulo: CRQ-IV, 2007. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/downloads/selo_guia_lab.pdf> (acesso em: jun. 2020). – Guia elaborado pela Comissão de Ensino Técnico

EDITORIA

do Conselho Regional de Química da 4ª região (CRQ-IV), baseado em normas da ABNT, do Ministério do Trabalho e do Ministério da Saúde. Traz orientações sobre a construção (piso, portas, janelas), as instalações (elétrica, hidráulica, mobiliário, proteção contra incêndio), a segurança (sinalização, equipamentos e saídas de emergência), a armazenagem e o descarte de produtos e as boas práticas laboratoriais.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C.; MACHADO, P. F. L. *Introdução à Química Experimental*. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014. – Livro destinado a disciplinas introdutórias de Química em cursos técnicos de nível médio e universitários. O Capítulo 2 é dedicado aos aspectos de segurança no laboratório e o Capítulo 3 aborda o descarte de produtos químicos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**
- **EM13CNT301**

A atividade proposta envolvendo cromatografia permite desenvolver a habilidade **EM13CNT205**, pois leva os estudantes a interpretarem os resultados da atividade experimental, que ilustra um fenômeno natural utilizado em processos tecnológicos; e da habilidade **EM13CNT301**, uma vez que os estudantes devem elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição (medidas das distâncias percorrida pelos corantes no caso de cada um dos solventes utilizados, água e etanol), representar resultados experimentais e interpretar esses resultados com modelos explicativos, para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento da situação-problema proposta sob uma perspectiva científica.

1. Geometria molecular

Neste item, os estudantes conhecerão o modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (VSEPR) e como utilizá-lo para a determinação da geometria molecular em casos com um átomo central que apresente dois, três ou quatro domínios eletrônicos.

Na apresentação desse modelo, é muito importante esclarecer aos estudantes o que vem a ser um domínio eletrônico, terminologia usada, nesse contexto, para designar qualquer ligação covalente (simples, dupla ou tripla) estabelecida pelo átomo central e/ou qualquer par eletrônico não ligante (não compartilhado) da camada de valência desse mesmo átomo. É a repulsão entre as nuvens eletrônicas dos domínios eletrônicos que determina a orientação espacial na qual esses domínios eletrônicos se distribuem. Saliente aos estudantes que os pares eletrônicos não ligantes têm relevância na aplicação do modelo, mas não são considerados ao determinar a geometria, já que a expressão *geometria molecular* indica a disposição espacial relativa dos átomos constituintes de uma molécula.

A Tabela 1 do Livro do Estudante contém exemplos que podem ser usados em sala de aula para a apresentação do modelo.

Este item também utiliza conclusões tiradas a partir do modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência para esclarecer as possíveis geometrias de um átomo de carbono em uma molécula orgânica. Nesse sentido, a Figura 6 do Livro do Estudante é útil como ponto de partida, a fim de conduzir à compreensão da Figura 7, na qual as possíveis geometrias do átomo de carbono são exemplificadas em alguns compostos orgânicos.

2. Polaridade de ligações

Aqui, a apresentação do conceito de eletronegatividade é o ponto de partida para poder mostrar aos estudantes a divisão das ligações covalentes em dois tipos, as polares e as apolares. A tônica está na distribuição igualitária ou não dos elétrons compartilhados entre dois átomos ligados. Átomos de diferentes eletronegatividades unidos covalentemente resultam em compartilhamento não igualitário de elétrons, acarretando o surgimento de polarização negativa (carga parcial negativa $\delta-$) no átomo do elemento mais eletronegativo e polarização positiva (carga parcial positiva $\delta+$) no átomo do elemento menos eletronegativo. Átomos de um mesmo elemento químico (portanto, de mesma eletronegatividade), ao estabelecerem ligação covalente, originam uma ligação em que o compartilhamento é igualitário e que não origina polarização na ligação.

Como exemplos de ligações covalentes polares, você pode citar aquelas existentes nas moléculas de HF, H_2O, NH_3, HCl e CH_4 e, como exemplos de ligações covalentes apolares, você pode mencionar as que existem em moléculas como H_2, O_2, N_2, F_2, Cl_2, Br_2 e I_2.

É de extrema importância, neste item, esclarecer que os adjetivos "polar" e "apolar" estão sendo aplicados **em referência a ligações covalentes**, o que evita uma confusão frequente ao estudar o item seguinte, em que os mesmos adjetivos serão empregados para fazer referência à molécula como um todo.

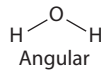
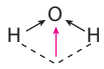
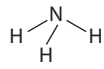
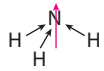
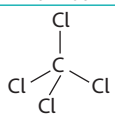
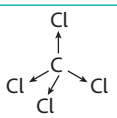
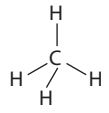
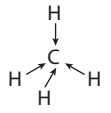
3. Polaridade de moléculas

O que é apresentado neste item emprega aquilo que foi discutido anteriormente para classificar uma molécula como apolar (isto é, sem assimetria permanente na distribuição de carga elétrica) ou polar (aquela em que existe assimetria na distribuição de carga elétrica, conduzindo à existência de uma região parcialmente positiva, $\delta+$, e outra parcialmente negativa, $\delta-$, na estrutura como um todo).

O tratamento completo para determinação da polaridade de uma molécula consiste em atribuir a cada ligação covalente um vetor momento de dipolo ($\vec{\mu}$). O vetor momento de dipolo de uma ligação covalente possui a direção da reta que passa pelo núcleo dos dois átomos ligados. Quanto ao sentido, duas convenções são usadas na literatura. A maioria dos livros universitários de Química Geral o orienta no sentido do polo positivo para o negativo, convenção adotada nos exemplos apresentados na Tabela 1 deste Suplemento do Professor. Algumas publicações adotam o sentido contrário. Independentemente da convenção escolhida, realiza-se a soma (no espaço tridimensional) de todos os vetores momento de dipolo das ligações, o que conduz a um vetor momento de dipolo resultante ($\vec{\mu}_R$). Caso esse vetor seja nulo, a molécula é apolar. Caso esse vetor não seja nulo, a molécula é polar. Exemplos estão na Tabela 1.

MODERNA

Tabela 1 Exemplos da determinação de polaridade molecular por meio da soma dos vetores momento de dipolo das ligações covalentes existentes na molécula.

Exemplo	Geometria	Momento dipolar resultante	Molécula
H_2 (gás hidrogênio)	H—H Linear	H—H $\vec{\mu}_R$ **nulo**	Apolar
HF (gás fluorídrico)	H—F Linear	H → F $\vec{\mu}_R$ **não nulo**	Polar
CO_2 (gás carbônico)	O=C=O Linear	O←C→O $\vec{\mu}_R$ **nulo** **Vetores se cancelam**	Apolar
HCN (gás cianídrico)	H—C≡N Linear	H→C→N $\vec{\mu}_R$ **não nulo** **Vetores *não* se cancelam**	Polar
H_2O (água)	 Angular	 $\vec{\mu}_R$ **não nulo** **Vetores *não* se cancelam**	Polar
NH_3 (amônia)	 Piramidal	 $\vec{\mu}_R$ **não nulo** **Vetores *não* se cancelam**	Polar
CCl_4 (tetracloreto de carbono)	 Tetraédrica	 $\vec{\mu}_R$ **nulo** **Vetores se cancelam**	Apolar
CH_4 (metano)	 Tetraédrica	 $\vec{\mu}_R$ **nulo** **Vetores se cancelam**	Apolar

Dadas as dificuldades inerentes à realização da soma vetorial no espaço tridimensional, a opção didática feita nesta obra é pela apresentação de uma maneira alternativa, e também conceitualmente correta, para determinação da polaridade ou apolaridade molecular. Trata-se de considerações referentes à simetria dos domínios eletrônicos ao redor de um átomo central, tal como explicado no Item 3 do Livro do Estudante e exemplificado nas Figuras 11 e 12 do mesmo item. Esse método é válido para todos os casos que envolvam um átomo central com até quatro domínios eletrônicos.

Como comentário complementar para conhecimento do docente, é necessário deixar claro que as considerações de simetria, tal como apresentadas no Livro do Estudante, não se aplicam a alguns dos casos estudados na universidade em que um único átomo central apresente cinco ou seis domínios eletrônicos ou em que não exista um único átomo central. Apenas para exemplificar essa afirmação, podemos citar o caso da molécula de PF_2Cl_3, que apresenta geometria de bipirâmide trigonal e é apolar, apesar de os cinco domínios eletrônicos não serem todos idênticos entre si. (Nessa molécula, os dois átomos de flúor ocupam posições axiais da bipirâmide trigonal e os três átomos de cloro ocupam posições equatoriais, o que conduz ao cancelamento dos momentos de dipolo das ligações, conduzindo a um vetor momento de dipolo resultante nulo.) Também podemos citar o caso da molécula de eteno, C_2H_4, apolar, em que não existe um único átomo central. Nesses casos, é necessária a ampliação das considerações de simetria empregando considerações da chamada teoria dos grupos, estudada em nível de graduação e pós-graduação em Química (*e.g.* WILLOCK, D. J. *Molecular Symmetry*. Chichester: Wiley, 2009), ou a realização da soma vetorial tridimensional.

Para os casos estudados no Ensino Médio, os preceitos apresentados nesta obra são de ampla validade e, como dissemos, de compreensão acessível ao estudante nesse nível de escolaridade.

4. Polaridade e solubilidade

Neste item é feita uma abordagem introdutória à solubilidade de uma substância em outra. Nesse sentido, comenta-se que é verificado experimentalmente que substâncias polares tendem a se dissolver bem em líquidos polares e que substâncias apolares tendem a se dissolver bem em líquidos apolares.

Ao trabalhar esse tema em sala de aula, deixe claro aos estudantes que se trata apenas de uma tendência geral, que apresenta exceções. Saliente se tratar de uma abordagem introdutória, que será ampliada mediante o estudo de outros aspectos relevantes da formação de soluções, nos capítulos 6, 7 e 10. No Capítulo 6, temas estudados neste Capítulo 3 serão empregados para esclarecer a dissociação iônica e a ionização de substâncias em meio aquoso. No Capítulo 7, ampliaremos a discussão para considerar a formação de soluções aquosas de um modo geral e alguns modos de expressar sua concentração. No Capítulo 10, apresentaremos uma visão mais abrangente do tema solubilidade em meio aquoso, mencionando que existem outros fatores determinantes dessa propriedade para substâncias iônicas, como sais e hidróxidos, e para substâncias orgânicas, o que incluirá a apresentação de substâncias anfifílicas e seu efeito tensoativo.

MODERNA

Dialogando com o texto

O boxe fornece algumas informações relevantes para a formação dos estudantes, alertando-os para a necessidade de atitudes de segurança referentes a reagentes e solventes. Aproveite para comentar em sala que mesmo os pesquisadores mais experientes sempre levam em conta normas de segurança e, antes de utilizar qualquer reagente ou solvente, informam-se criteriosamente acerca de seus riscos, de como deve ser feito seu manuseio e descarte, e de quais medidas de segurança devem ser tomadas em caso de acidentes envolvendo a substância.

Atividade em grupo

A meta dessa atividade é colocar os estudantes em uma situação em que se vejam desenvolvedores de aplicativos para dispositivos computacionais. Como parte do que é solicitado, devem fazer o levantamento de casos de derramamento de petróleo no mar e de suas consequências, inclusive casos no Brasil, e responder a uma série de questionamentos sobre características que um *software* deve apresentar para que seja útil na mobilização da sociedade para avisar as autoridades em caso de perceberem acidentes desse tipo. Também na atividade, os estudantes devem apresentar argumentos que defendam suas ideias perante potenciais investidores, a fim de convencê-los a alocar recursos financeiros no desenvolvimento do projeto.

Entre outras finalidades, a atividade visa ao desenvolvimento de uma consciência coletiva de mobilização da sociedade para a conservação ambiental e para o sentimento de responsabilidade individual e coletiva na manutenção da sanidade ambiental.

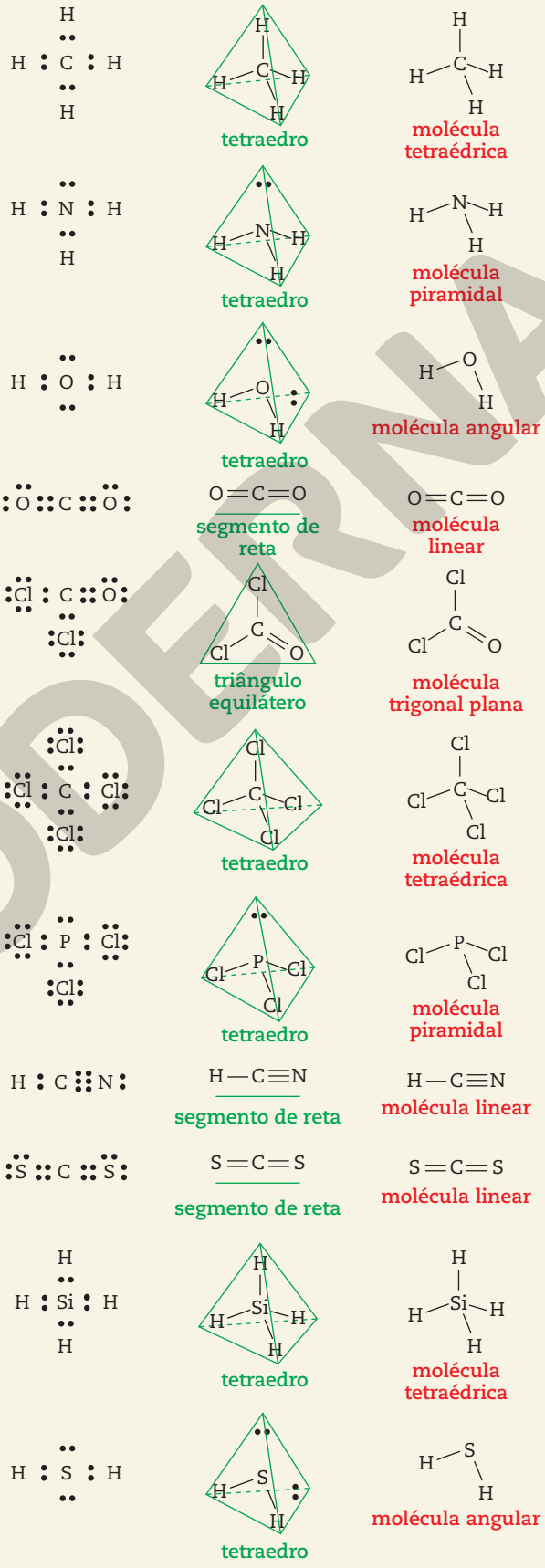
De olho na BNCC

- **EM13CNT206**
- **EM13CNT302**
- **EM13CHS304**
- **EM13CNT308**
- **EM13CNT303**

A *Atividade em grupo* comentada anteriormente proporciona oportunidade para desenvolvimento de algumas habilidades que constam da Base Nacional Comum Curricular: **EM13CNT206**, pois envolve discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta; **EM13CNT308**, pois requer a análise dos princípios inerentes ao funcionamento de aplicativos (instalados em equipamentos eletrônicos) para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais; **EM13CNT302**, já que se trata de comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises e pesquisas por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental; **EM13CNT303**, uma vez que envolve 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, como parte do processo de participação nessa atividade, estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações; e **EM13CHS304**, devido à necessidade de análise dos impactos socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas e de indivíduos, e à promoção, através da mobilização da população, de práticas que favoreçam a consciência e a ética socioambiental.

Aplicando conhecimentos

1 Aplicando o modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, chegamos às seguintes geometrias:



EDIÇÃO MODERNA

Então, a associação pedida é:
A (linear) – CO_2, HCN e CS_2.
B (trigonal plana) – $COCl_2$.
C (tetraédrica) – CH_4, CCl_4 e SiH_4.
D (piramidal) – NH_3 e PCl_3.
E (angular) – H_2O e H_2S.

2 Espera-se que os estudantes concluam que, para efetuar a separação do sistema constituído de água e óleo de cozinha, a mistura deve, inicialmente, ser colocada dentro do funil. A seguir, a torneira é ligeiramente aberta, permitindo o escoamento gradual da fase inferior (água), que é recolhida em outro frasco. Fechando-se a torneira no exato momento em que a fase inferior acabou de escoar para fora, consegue-se a separação de ambas as fases: a inferior (água) está recolhida no frasco e a superior (óleo) permaneceu no funil de separação. A imiscibilidade da água e do óleo deve-se ao caráter polar das moléculas de água e apolar das moléculas de óleo.

Já no caso da água e da acetona, como esses dois líquidos são constituídos de moléculas polares, a mistura de ambos é homogênea (ou seja, esses líquidos são miscíveis entre si) e, não constituindo duas fases distintas, não podem ser separados com uso do funil de separação.

3 O ciclo-hexeno, sendo hidrocarboneto, é constituído de moléculas apolares. Exatamente o mesmo se pode afirmar do octano. Já a água é constituída de moléculas polares. Assim, a química deve ter escolhido o octano como solvente para o ciclo-hexeno, fundamentada na tendência de substância apolar dissolver-se em substância apolar.

4 A graxa é um derivado direto do petróleo, sendo, portanto, constituída de moléculas de hidrocarbonetos, que são apolares. A remoção da graxa, no contexto apresentado, requer um solvente também apolar, que é o caso do hidrocarboneto heptano. Já o etanol, sendo constituído de moléculas polares, não é o solvente apropriado para dissolver a graxa.

5 Alternativa **C**.

6 A água, a propanona (acetona) e o etanol são líquidos constituídos de moléculas polares. O tolueno (hidrocarboneto – veja Fig. 13 do capítulo) e o tetracloreto de carbono (CCl_4) são líquidos constituídos de moléculas apolares.

Como 1, 3 e 5 são miscíveis entre si, correspondem, não necessariamente nessa ordem, a água, propanona e etanol. Sabemos que a água não é inflamável e o único desses três frascos que contém líquido não inflamável, de acordo com o enunciado, é o **frasco 3**. Nele, portanto, se encontra a água.

Para conhecimento do docente, o tetracloreto de carbono não é inflamável. Assim, podemos fazer a associação: frasco 2 – tolueno; frasco 3 – água; frasco 4 – tetracloreto de carbono. Os frascos 1 e 5 contêm os dois líquidos restantes (etanol e propanona), mas não há dados suficientes para a identificação.

5. Interações intermoleculares

Todas as interações atrativas entre moléculas são de natureza elétrica. O item começa com a apresentação das interações dipolo-dipolo, decorrentes da atração eletrostática entre polos com cargas de sinais opostos de moléculas polares (polo $\delta-$ de uma e polo $\delta+$ de outra). Exemplos que você pode comentar em sala são HCl, HBr, HI, H_2S, H_2Se, H_2Te, PH_3, AsH_3, SbH_3, CH_2O (metanal, ou formaldeído) e H_3CCOCH_3 (acetona, ou propanona). (Note que HF, H_2O e NH_3 não estão entre esses exemplos!)

A seguir, apresenta-se a ligação de hidrogênio, força intermolecular mais intensa que a anterior. Ao tratar desse assunto, é importantíssimo ressaltar que se trata de uma interação envolvendo um átomo de hidrogênio ligado covalentemente a flúor, oxigênio ou nitrogênio e um par eletrônico não compartilhado de um átomo de flúor, oxigênio ou nitrogênio de outra molécula. Assim, o estabelecimento desse tipo de interação intermolecular em uma substância pura requer que a molécula da substância apresente as duas características mencionadas, o átomo de hidrogênio ligado a F, O ou N e também par eletrônico não compartilhado em um átomo de um desses três elementos químicos. Como exemplos você pode mencionar HF, H_2O, NH_3, CH_3OH (metanol), CH_3CH_2OH (etanol), CH_3NH_2 (metilamina) e CH_3COOH (ácido acético).

Ao abordar ligações de hidrogênio, é importante apresentar também exemplos de substâncias em que existem átomos de hidrogênio e átomos de oxigênio na molécula, mas que **não** estabelecem ligações de hidrogênio quando puras. É o caso do metanal (CH_2O) e da propanona (CH_3COCH_3), em cujas moléculas os átomos de hidrogênio **não** estão diretamente ligados ao átomo de oxigênio. Assim, não é satisfeita a condição de ocorrência de ligação de hidrogênio e, por isso, metanal e propanona foram listados anteriormente como exemplos de interação dipolo-dipolo. Mais à frente neste livro, o estudante terá oportunidade de compreender que esses dois compostos, apesar de não apresentarem ligações de hidrogênio quando puros, podem estabelecer esse tipo de interação intermolecular quando dissolvidos em água, já que as moléculas desse solvente apresentam átomos de hidrogênio diretamente ligados a um átomo de oxigênio, aptos portanto a interagir com os pares eletrônicos não compartilhados do átomo de oxigênio de CH_2O ou CH_3COCH_3.

Em uma terceira etapa, o item apresenta as interações dipolo instantâneo-dipolo induzido, caracterizando-as como resultado de distorções momentâneas da densidade eletrônica molecular (Fig. 19 do Livro do Estudante). Ao apresentar esse conceito, destaque que se trata de **um tipo de interação existente em todas as substâncias moleculares, não apenas nas que apresentam moléculas apolares**. Não obstante, elas são de grande importância nesse tipo de substância, posto que não existem outras interações intermoleculares envolvidas nesse caso.

EM MODERNA

Após abordar o item em classe, você pode conduzir uma discussão com os estudantes sobre os critérios a serem usados para determinar o principal tipo de interação intermolecular existente em uma substância molecular pura. Também pode propor a eles que esquematizem o raciocínio envolvido nessa determinação.

Uma possível organização dos conceitos envolvidos está mostrada na Figura 1, em que se utilizou a ideia de fluxograma (diagrama de blocos) para representar o raciocínio que possibilita determinar o tipo relevante de interação intermolecular que existe em uma substância molecular pura. (Leia texto sobre pensamento computacional na primeira parte deste Suplemento do Professor.) Dois comentários são importantes. Um deles é ressaltar, como já foi dito anteriormente, que as ligações dipolo instantâneo-dipolo induzido existem em todas as substâncias moleculares, polares ou apolares. No fluxograma, chega-se a esse tipo de interação caso as outras duas não ocorram na substância. Outro comentário, este relevante ao docente, é que no raciocínio apresentado não se pergunta primeiramente se a molécula da substância é polar para depois verificar a existência de H ligado diretamente a F, O ou N porque existem (alguns poucos) casos de substâncias apolares que apresentam ligação de hidrogênio. É o caso da hidroquinona, também conhecida como benzeno-1,4-diol ou 1,4-di-hidroxibenzeno:

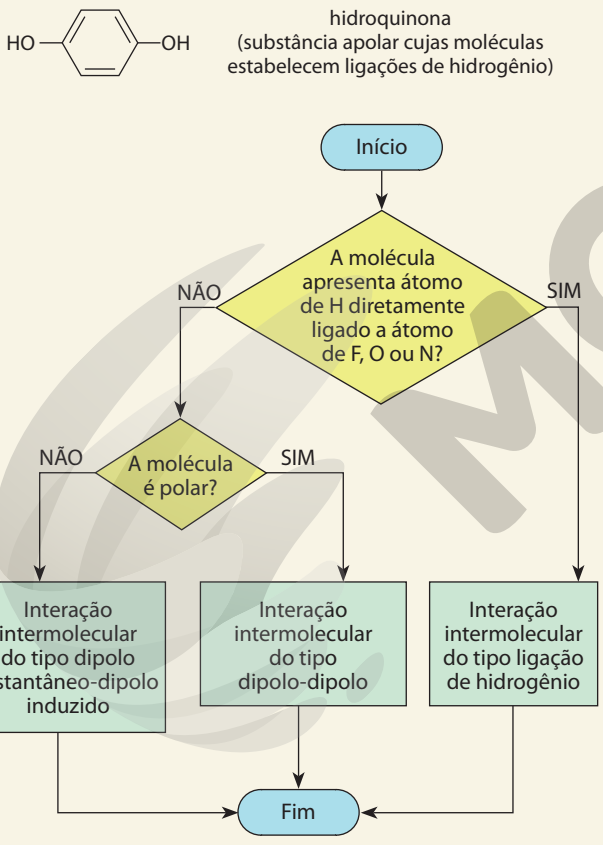


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Figura 1 Esquematização (por meio de um fluxograma, maneira de expressar a resolução de determinados problemas por meio de pensamento computacional) de uma possível maneira para determinar, para moléculas estudadas no Ensino Médio, o tipo predominante de ligação intermolecular, por exemplo, com vistas à racionalização de temperaturas de ebulição de substâncias moleculares puras.

6. Efeitos de interações intermoleculares

Dando prosseguimento ao estudo das interações intermoleculares, o foco agora é mostrar seus reflexos em algumas propriedades macroscopicamente determináveis das substâncias.

Inicialmente são introduzidos os termos forças de coesão (para fazer menção às interações intermoleculares que mantêm unidas as moléculas constituintes de uma fase líquida ou sólida) e forças de adesão (para designar aquelas que mantêm determinado material aderido à superfície de outro). Feito isso, comenta-se o que é ação capilar, fenômeno decorrente de as forças de adesão de um líquido às paredes internas de um finíssimo tubo de vidro serem mais intensas do que as forças de coesão no próprio líquido. O exemplo mais representativo é o da água em um capilar de vidro, mas sugere-se que você comente que a água líquida, ao interagir com tecidos de algodão e papéis bem porosos, movimenta-se por eles devido à capilaridade. Também como decorrência da discussão referente a coesão e adesão, apresenta-se a diferença na concavidade do menisco da água e do mercúrio líquidos colocados em tubos de vidro.

Na sequência apresenta-se a tensão superficial e sua origem. A água tem papel central nessa discussão em decorrência de sua elevada tensão superficial. Do ponto de vista conceitual, essa propriedade dos líquidos é uma grandeza escalar, cujo valor pode ser interpretado como indicativo da resistência oferecida pela superfície do líquido a ser deformada. Decorre dessa interpretação que líquidos com elevada tensão superficial podem eventualmente suportar pequenos objetos em sua superfície, ainda que mais densos que o próprio líquido, desde que delicadamente colocados sobre sua superfície. O afundamento do objeto requer a perfuração da superfície do líquido, que, por sua vez, envolve deformação dessa superfície. Assim, a elevada tensão superficial da água propicia a permanência, em sua superfície, de uma pequena agulha ou de um pequeno clipe metálico, de uma pequena bolinha de palha de aço e de pequenos insetos adaptados a caminhar sobre a água.

A viscosidade também é comentada no item. Trata-se da propriedade dos líquidos associada à dificuldade com que escorrem.

Você pode aproveitar esse conteúdo para fazer uma ligação com o Capítulo 2 deste livro, posto que as forças de coesão da água são importantes para a ascensão desse líquido nos vasos condutores de seiva mineral em plantas. Conforme comentado na legenda da Figura 27 do Livro do Estudante, se não existissem as intensas forças de coesão na água líquida, ela não ultrapassaria uma altura de aproximadamente 10 metros nos vasos condutores (pois uma coluna de água com essa altura seria o máximo suportado pela pressão atmosférica ao nível do mar). Contudo, devido às intensas forças de coesão existentes na água líquida (ligações de hidrogênio), é possível a existência de árvores que chegam a até por volta de 160 metros de altura (é o caso das sequoias mais altas).

O item finaliza apresentando alguns comentários sobre a relevância das forças intermoleculares na interação entre fármacos (princípios ativos de medicamentos) e alvos moleculares bioquímicos, tais como enzimas.

MODELO

Aplicando conhecimentos

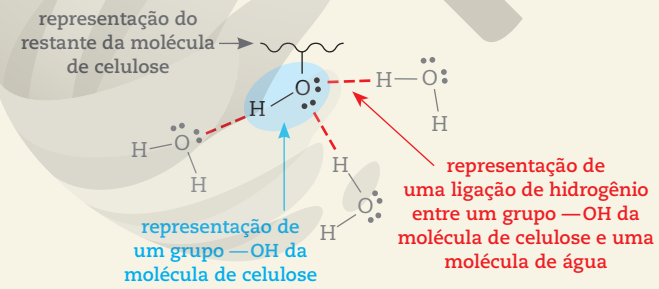
7 As intensas atrações intermoleculares entre as moléculas de água (ligações de hidrogênio) que constituem uma camada ao redor das cerdas (a elas aderidas por forças intermoleculares de coesão) provocam a união das cerdas, na situação mostrada. Alternativamente, podemos pensar em tensão superficial: a amostra de água que está nas cerdas colapsa para uma situação em que a área superficial é mínima, o que significa a menor deformação possível dessa superfície (só não se forma uma gota esférica porque existem as cerdas também interagindo com a água).

8 As forças intermoleculares existentes na gasolina líquida são do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido (ou forças de dispersão de London), pois ocorrem entre moléculas apolares (dos diversos hidrocarbonetos constituintes desse líquido). Ainda que essas moléculas não apresentem dipolo permanente, a distribuição de elétrons na molécula pode deixar de ser uniforme em dado instante, levando à formação de uma região com maior densidade eletrônica e outra com menor densidade eletrônica. Isso origina um dipolo instantâneo, que existe por brevíssimo intervalo de tempo. A extremidade positiva desse dipolo instantâneo atrai os elétrons da molécula vizinha, na qual, devido a isso, origina-se um dipolo induzido. As extremidades de cargas opostas desses dois dipolos, o instantâneo e o induzido, atraem-se mutuamente, constituindo a interação dipolo instantâneo-dipolo induzido.

9 A presença de grupos —OH na cola indica que esse material é recomendado para interagir com materiais que possam estabelecer ligações de hidrogênio com ela. Esse é o caso da celulose, que também apresenta grupos —OH. Essa argumentação sustenta a conclusão de que há maiores chances de sucesso na colagem de tecido de algodão (celulose) para revestir uma caixa de papelão (também celulose).

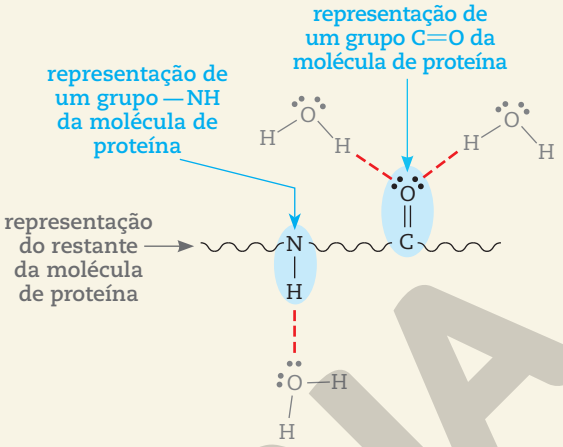
10 **a)** A intensa interação atrativa entre moléculas de celulose e de água deve-se ao estabelecimento de ligações de hidrogênio entre elas.

b)



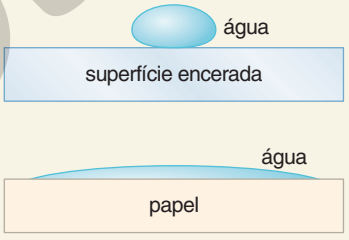
11 **a)** Para certo volume, a esfera é a forma tridimensional cuja área superficial é a menor possível. A elevada tensão superficial da água faz com que sua superfície atue como uma membrana elástica e, assim, uma gota desse líquido tende a adquirir forma esférica (além disso, em gotas pequenas, o achatamento relacionado à atração da gravidade é menos pronunciado).

b) Ligações de hidrogênio entre os grupos mencionados e as moléculas de água. Uma possível representação que você pode utilizar em sala, ao abordar esta atividade, é a seguinte:



Um comentário ao docente: no nitrogênio da porção N—H do grupo amida existente nas proteínas, o par eletrônico não ligante do nitrogênio está comprometido na ressonância com o grupo carbonila e, por isso, é praticamente indisponível para o estabelecimento de ligações de hidrogênio. Essa é a razão pela qual ele não foi representado nesse esquema.

12 Espera-se dos estudantes um esquema similar ao seguinte, feito em vista lateral:



(Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

A superfície encerada está recoberta de moléculas apolares, que interagem fracamente com a água. Assim, as forças de coesão do líquido são mais intensas que as forças de adesão dele à superfície; assim, o líquido adquire aspecto de gota achatada. No caso do papel, as atrações intermoleculares entre a água e a superfície são mais intensas que as forças de coesão da água e, assim, o líquido se espalha pelo papel.

13 Para que a água atravessasse a casca recoberta de substâncias apolares, precisaria ser solúvel nelas. Contudo, como as moléculas de água são polares, não são solúveis nessas substâncias e, assim, não tendem a atravessar a casca.

14 Espera-se que os estudantes proponham que, devido à grande viscosidade do óleo lubrificante – decorrência das interações intermoleculares existentes nesse material –, sua presença reduz o atrito entre as partes metálicas móveis do motor, preservando-as do desgaste.

PROIBIDA

7. Interações intermoleculares e vaporização

Finalizando o capítulo, este item aborda dois fatores que interferem na temperatura de ebulição de uma substância molecular: o tipo de força existente entre suas moléculas e a massa molecular.

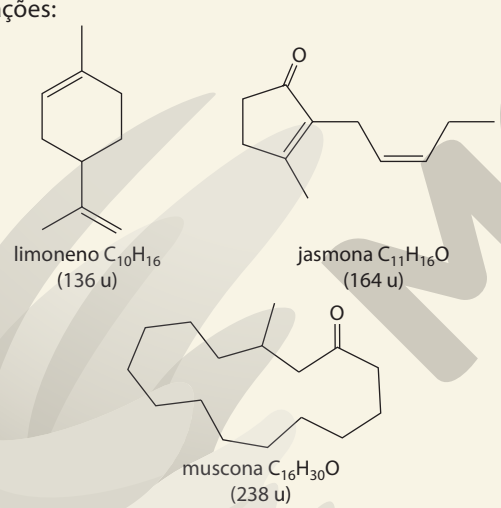
Para ilustrar a influência de cada um desses fatores, você pode empregar as séries de compostos mencionados no Livro do Estudante. Para exemplificar o efeito da intensidade das interações intermoleculares, um exemplo interessante é o da sequência propano, éter dimetílico e etanol, e outro é o da série butano, trimetilamina e propilamina. Os valores de temperatura de ebulição (a 1 atm) e das respectivas massas moleculares são fornecidos no livro.

Para ilustrar o efeito da massa molecular, duas sequências são úteis, e também são apresentadas no livro. A primeira é metanol, etanol e propan-1-ol (substâncias apresentando ligação de hidrogênio) e a segunda é pentano, hexano e heptano (substâncias apresentando forças intermoleculares apenas do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido).

Atividade em grupo

O texto da atividade explica aos estudantes que os componentes mais voláteis de um perfume constituem as *notas de saída*, os componentes de volatilidade intermediária constituem as *notas de coração* e os menos voláteis constituem as *notas de fundo*. É solicitado a eles que pesquisem as fórmulas estruturais e as massas moleculares de três substâncias aromatizantes: limoneno, jasmona e muscona.

A expectativa é de que eles encontrem as seguintes informações:



limoneno $C_{10}H_{16}$ (136 u)

jasmona $C_{11}H_{16}O$ (164 u)

muscona $C_{16}H_{30}O$ (238 u)

Outra expectativa é de que os estudantes empreguem a massa molecular para inferir a volatilidade, posto que o tipo de interação intermolecular é o mesmo nos três casos: dipolo instantâneo-dipolo induzido (a contribuição do oxigênio para o momento de dipolo da jasmona e da muscona é relativamente pouco relevante, já que são predominantemente constituídas de carbono e hidrogênio). Assim, espera-se que associem o limoneno às notas de saída, a jasmona às notas de coração e a muscona às notas de base.

Incentive os estudantes a pesquisarem o que é a *pirâmide olfatória* (ou *olfativa*), uma representação comum em perfumismo. Ao buscar informações sobre ela, perceberão que os perfumistas costumam classificar o odor cítrico (limoneno, por exemplo) nas notas de saída, o odor de jasmim (como o da jasmona) nas notas de coração e o odor de almíscar (muscona e civetona, outro composto de aroma similar) nas notas de base.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT302**
- **EM13LP34**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT307**

A abordagem do Item 7 possibilita desenvolver a habilidade **EM13CNT101** da BNCC, já que os estudantes se tornarão capazes de analisar transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, especificamente, nesse caso, transições de fase envolvendo substâncias moleculares. Eles perceberão que as moléculas se conservam nesses processos, sendo apenas rompidas ou formadas interações intermoleculares.

A *Atividade em grupo* sobre perfumes permite trabalhar mais algumas habilidades da BNCC: **EM13CNT302** e **EM13LP34**, pois os estudantes deverão, na elaboração do vídeo, comunicar, para públicos variados, resultados de análises (elaboradas por meio da interpretação de textos, fórmulas estruturais e dados de massas moleculares), por meio de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a promover divulgação de um tema científico e tecnológico de relevância sociocultural; **EM13CNT303**, pois interpretarão 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 fórmulas estruturais e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, o que contribuirá para a elaboração de estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações; e **EM13CNT307**, já que terão de analisar as propriedades de três substâncias e seu papel na elaboração de perfumes, uma aplicação industrial (referente a produtos de uso cotidiano).

CAPÍTULO 4 Reprodução das plantas e hormônios vegetais

Metas do capítulo

- Reconhecer, no ciclo de vida das plantas, a alternância de gerações haploide (gametófito) e diploide (esporófito).
- Descrever os aspectos básicos do ciclo de vida de briófitas e pteridófitas, reconhecendo as principais semelhanças e as diferenças entre eles.

- Descrever os aspectos básicos do ciclo de vida das gimnospermas e identificar o estróbilo (pinha) como a estrutura reprodutiva desse grupo, cujas folhas férteis formam grãos de pólen e óvulos.
- Conceituar óvulo vegetal, reconhecendo-o como uma estrutura multicelular que abriga o gameta feminino, a oosfera.
- Conceituar grão de pólen, reconhecendo-o como a estrutura formadora dos gametas masculinos das plantas com semente.
- Descrever os aspectos básicos do ciclo de vida das angiospermas e identificar a flor como a estrutura reprodutiva desse grupo, na qual se formam grãos de pólen e óvulos.
- Conhecer o fenômeno da dupla fecundação em angiospermas, responsável pela formação do zigoto diploide e do endosperma triploide.
- Compreender como se formam sementes e frutos e reconhecer a função dessas estruturas na reprodução e na dispersão das plantas.
- Caracterizar hormônio vegetal e identificar os principais fitormônios – auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno –, associando-os às suas funções na planta.
- Descrever a ação das auxinas nos tropismos do caule e da raiz.
- Definir fotoperiodismo e explicar o que são plantas de dia longo, plantas de dia curto e plantas neutras.
- Relacionar as propriedades dos fitocromos ao fotoperiodismo.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo tem por objetivo chamar a atenção dos estudantes para a importância das plantas em nosso dia a dia. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. Inicie o capítulo questionando aos estudantes qual é a importância das plantas em suas vidas. Peça a eles que observem a sala de aula e citem materiais que são feitos a partir de plantas. Peça a um estudante que escreva na lousa a lista de objetos citados, o que evidencia a grande quantidade de objetos produzidos a partir de plantas, apenas no espaço da sala de aula.

Converse com os estudantes sobre outros exemplos da presença das plantas em nosso cotidiano. Pode ser interessante comentar que as plantas têm sido utilizadas como temas de pinturas clássicas (Monet, Renoir, Van Gogh, por exemplo), de grafites (como Mona Caron) e de arte corporal, como tema de tatuagens. Vale a pena também comentar a importância das plantas medicinais, utilizadas pela maioria das comunidades brasileiras, até mesmo nas grandes cidades. Muitos vegetais são utilizados como matéria-prima na construção de residências. Essa abordagem permite trabalhar a habilidade **EM13CNT307** da BNCC, que trata das propriedades dos materiais e suas adequações a diferentes aplicações.

Atividade em grupo

Em conjunto com os estudantes, estabeleça o formato da apresentação, de acordo com os recursos disponíveis na escola. Sugestões de uso de mídias digitais estão presentes no início do Livro do Estudante.

Se julgar pertinente, peça aos grupos que pesquisem algumas adaptações específicas das plantas, como a modificação de folhas em espinhos que ocorre nos cactos, uma maneira de reduzir a superfície e, consequentemente, a perda de água. Certas plantas suculentas têm folhas dotadas de parênquima aquífero, especializado em armazenar água.

Espera-se que os grupos mencionem em seu trabalho os seguintes aspectos: a presença da cutícula, uma película impermeabilizante secretada pela epiderme para o exterior da folha e que evita a perda excessiva de água; a presença dos estômatos presentes quase sempre na face inferior da folha, que permitem as trocas com o ar atmosférico, mas são responsáveis por grande perda de água pela folha (transpiração estomática) e a presença de raízes e de sistema vascular, que possibilitam a absorção de água e sais minerais e sua distribuição para todas as partes da planta.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13LGG703**
- **Competência geral 1**

A *Atividade em grupo* favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT303**, por incentivar os estudantes a pesquisar e a interpretar textos de divulgação científica; **EM13CNT302** e **EM13LGG703** da área de Linguagens e suas Tecnologias, por estimular a divulgação de resultados por meio de mídias e ferramentas digitais. A atividade contribui também com a **competência geral 1**, que trata da valorização e da utilização dos conhecimentos científicos historicamente construídos, uma vez que os estudantes devem fazer um levantamento de diversas informações científicas.

1. Reprodução em alguns grupos de plantas

O item 1 apresenta o ciclo de vida alternante característico das plantas e, em seguida, relembra os principais grupos de plantas apresentados no capítulo 2, com ênfase nos aspectos comparativos de seus ciclos de vida. No final do item as semelhanças e diferenças entre os ciclos de vida são retomadas, de modo que o estudante perceba o aspecto evolutivo revelado pelos ciclos de vida das plantas estudadas.

Ao iniciar o estudo do item, relembre os estudantes sobre os conceitos de meiose e mitose. Peça a alguns estudantes que representem esquematicamente, na lousa, o ciclo de vida alternante das plantas, mostrado na figura 1. Pergunte à classe em que momento do ciclo de vida ocorre meiose e em que momentos ocorre mitose.

Ao tratar da reprodução das briófitas e das pteridófitas, enfatize que esses grupos de plantas, apesar de viverem em terra firme, ainda dependem da água para sua reprodução.

No final do item é interessante retomar conceitos e listar as principais semelhanças e diferenças entre a reprodução das plantas estudadas, destacando quais novidades adaptativas estão presentes em cada um dos grupos. É importante enfa-

MODERNA

tizar que as angiospermas, apesar de seu sistema reprodutor mais complexo, não devem ser consideradas mais evoluídas do que os demais grupos, pois foi a história evolutiva diferente que levou às adaptações particulares aos ambientes em que vivem.

Atividade prática

A atividade de dissecação de flores possibilita que os estudantes compreendam melhor os conceitos relativos à reprodução das angiospermas, além de ressaltar a variedade de soluções reprodutivas adotadas por esses seres vivos. Incentive-os a comparar o material analisado com as estruturas mostradas no Livro do Estudante.

Na elaboração do relatório dessa atividade, estimule os estudantes a trabalhar com desenhos, fotografias e esquemas. Oriente-os a coletar flores completas, isto é, que apresentem todos os verticilos florais. Explique que nem sempre é fácil identificar os elementos reprodutivos, devido à sua grande diversidade. Ajude os estudantes em suas dúvidas indicando livros e *sites* confiáveis na internet.

A atividade estimula o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302** e **EM13CNT303** e da **competência geral 2** da BNCC, que versa sobre os procedimentos próprios das ciências em investigações.

Dialogando com o texto

A polinização pode ocorrer por meio de diversos agentes polinizadores. Geralmente, o formato, a cor e o perfume das flores está associado ao tipo de polinizador.

Quando a polinização ocorre pelo vento, fala-se em anemofilia. A maioria das gimnospermas é polinizada dessa maneira. Em angiospermas polinizadas por anemofilia, as flores geralmente são pequenas, possuem estigmas plumosos e produzem grande quantidade de pólen, como ocorre no milho e em diversas gramíneas.

Quando o transporte do pólen é feito por animais (abelhas, borboletas, morcegos ou aves, entre outros) fala-se em zoofilia. Plantas polinizadas por abelhas geralmente são brancas ou amarelas ou possuem um guia de nectário ultravioleta, que as atrai. O girassol, as margaridas, a mangueira, a jabuticabeira, entre outras, são exemplos de plantas polinizadas pelas abelhas.

Em suas pesquisas, é possível que os grupos se deparem com termos como "síndrome de polinização" ou "síndrome floral". Esses termos referem-se ao conjunto de características morfológicas florais naturalmente selecionadas, que coevoluíram com os polinizadores. Se julgar pertinente, explique aos estudantes que coevolução é a evolução simultânea de duas ou mais espécies que interagem entre si; comente que ela ocorre também na relação parasita-hospedeiro, por exemplo.

Aproveite a oportunidade para levantar uma discussão a respeito da importância dos polinizadores para a preservação da biodiversidade, trabalhando assim a habilidade **EM13CNT206**. A atividade também possibilita explorar as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT302** e **EM13CNT303** e a **competência geral 2** da BNCC.

Atividade em grupo

Nessa atividade, os estudantes são convidados a formar grupos e a apresentar, apenas em texto e sem utilizar desenhos, os ciclos de vida das plantas estudadas no capítulo. A atividade pode ser explorada de modo a auxiliar os estudantes no entendimento da história evolutiva das plantas pela análise das diferenças e semelhanças entre os ciclos de vida estudados.

Se houver tempo e interesse, reserve uma parte de sua aula para comentar e discutir os cartazes produzidos por cada grupo, trabalhando assim o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT302** e **EM13CNT303** da BNCC.

Aplicando conhecimentos

1. Alternativa C. Os esporófitos ($2n$) produzem esporos haploides por meiose, enquanto os gametófitos (n) produzem os gametas (n) por mitose.
2. Alternativa D. O gametófito é a fase predominante no ciclo das briófitas, é muito reduzido nas pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.
3. Alternativa E. A formação do tubo polínico foi um dos fatores que possibilitou que a fecundação pudesse ocorrer independente da água, pois os gametas masculinos não precisam nadar para atingir a oosfera.
4. Alternativa A. A dupla-fecundação das angiospermas consiste na fecundação, por núcleos espermáticos do pólen, da oosfera e dos núcleos polares do óvulo.
5. Alternativa C. Relembre aos estudantes que os frutos desempenham papel importante na dispersão das sementes.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT206**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13LGG703**
- **Competência geral 2**

O item *Reprodução em alguns tipos de plantas* e as atividades propostas ao longo de seu estudo favorecem o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT202**, ao abordar a diversidade do ciclo de vida das plantas e sua importância adaptativa; **EM13CNT206**, ao relacionar a polinização com a preservação e conservação da biodiversidade; **EM13CNT301**, na elaboração de hipóteses durante a atividade prática de observação e análise das flores; **EM13CNT302**, na comunicação de resultados da pesquisa em grupo sobre as adaptações das plantas à vida em terra firme; e **EM13CNT303**, na interpretação de textos durante as pesquisas solicitadas. Além disso, na atividade em grupo de pesquisa sobre as adaptações das plantas à vida em terra firme, a habilidade **EM13LGG703** da área de Linguagens e suas Tecnologias também é explorada, ao utilizar ferramentas ou mídias digitais em processos de produção coletiva. A **competência geral 2** é favorecida por meio da atividade *Dialogando com o texto* e da *Atividade prática* ao estimular os estudantes no exercício da curiosidade intelectual, recorrendo à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação e elaboração e teste de hipóteses.

MODERNA

2. Hormônios vegetais e controle do desenvolvimento

Neste item são tratados os principais grupos de hormônios vegetais, os fitormônios, com ênfase na ação que exercem nas respostas de ajustamento das plantas a variáveis ambientais. Entre elas são mencionados o fototropismo e o gravitropismo, respostas de crescimento das plantas à luz e à gravidade, respectivamente.

Se possível realize em sala de aula uma atividade prática para mostrar o geotropismo negativo e o geotropismo positivo em plantas de feijão. Mais informações podem ser acessadas no endereço eletrônico: <https://ensinopraticodebotanica.furg.br/fisiologia/experimento-04.html>. Acesso em: 12 maio 2020.

Atividade em grupo

Alguns exemplos de usos comerciais dos fitormônios são:

- Auxinas: a aplicação de auxinas no ovário de certas plantas estimula o desenvolvimento do fruto sem fecundação, produzindo frutos sem semente, de grande valor comercial;
- Giberelinas: também são capazes de estimular o desenvolvimento de certos frutos sem que ocorra fecundação, como uvas e tangerinas;
- Citocininas: são utilizadas em floriculturas para manter as plantas vivas por mais tempo, retardando o envelhecimento vegetal.
- Etileno: estimula o amadurecimento dos frutos, sendo utilizado no comércio de frutas.

Sugestões de uso de mídias digitais estão presentes no início do Livro do Estudante; avalie em conjunto com a turma qual será o formato da apresentação, de acordo com os recursos disponíveis na escola.

A atividade pode ser desenvolvida antes do estudo do tema, ou ao seu final, como atividade de retomada de conhecimentos.

Atividade prática

Estimule os grupos a realizar a tarefa seguindo o padrão das comunicações científicas, com uma hipótese claramente formulada, a atividade experimental e a discussão dos resultados. Peça aos grupos que cubram os frutos com dois tipos de material diferentes (saco plástico e saco de papel, por exemplo). Outra sugestão é pedir-lhes que utilizem frutos diferentes dos escolhidos pelos colegas, de modo a testar se o efeito será o mesmo.

Espera-se que os frutos cobertos amadureçam mais rapidamente do que os frutos descobertos, pois o etileno ficará retido próximo ao fruto coberto. Na comparação entre os frutos cobertos com plástico e os cobertos com papel, espera-se que os primeiros amadureçam mais rapidamente do que os cobertos com papel, pois o gás pode se dispersar mais facilmente através da porosidade do papel.

Ao final, os trabalhos podem ser apresentados e discutidos com toda a turma. Discuta com os estudantes qual a melhor maneira de apresentar os resultados.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT307**

Os conteúdos e as atividades estudados nesse item possibilitam o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT202**, por compreender o papel dos hormônios vegetais como fatores favoráveis ao desenvolvimento da vida; **EM13CNT301**, na elaboração de hipóteses e interpretação de resultados, na observação do amadurecimento de frutos; **EM13CNT302**, na comunicação dos resultados obtidos na atividade prática; **EM13CNT303**, na pesquisa e interpretação de textos de divulgação científica, selecionando fontes confiáveis, e **EM13CNT307**, ao analisar materiais e verificar sua adequação na atividade de amadurecimento dos frutos.

3. Fitocromos e desenvolvimento

O destaque do item 3 fica por conta da relação entre luz, fitocromos e floração, que ilustra como as plantas respondem a algumas variáveis ambientais. Os estudantes poderão reconhecer o papel da luz e dos fitocromos na floração.

Pergunte aos estudantes o que aconteceria com uma planta caso ela fosse colocada para crescer num ambiente escuro, levando em consideração a importância da luz para as plantas, estudada no capítulo. Converse com os estudantes sobre o fato de que plantas que crescem no escuro desenvolvem estiolamento. Essas plantas irão apresentar caule alongado, folhas pequenas e coloração amarelada, pois não há produção de clorofila na ausência de luz. Essas características estão associadas à ausência do fitocromo $\mathbf{F_{vl}}$, sintetizado apenas na presença de luz.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**

Os conteúdos estudados nesse item possibilitam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202** da BNCC, ao explorar a importância adaptativa dos pigmentos das plantas.

CAPÍTULO 5 Anatomia e fisiologia dos animais

Metas do capítulo

- Estar informado sobre a chamada "explosão cambriana", ocorrida no período geológico Cambriano, que se refere à velocidade relativamente rápida com que se diversificaram os animais, com o surgimento de todos os filos de animais atuais.

MODELO

- Conhecer os aspectos gerais dos nove filos animais apresentados no texto e alguns de seus representantes.
- Caracterizar animais diblásticos e animais triblásticos.
- Caracterizar animais acelomados, pseudocelomados e celomados e reconhecer os filos correspondentes a cada tipo.
- Caracterizar animais protostômios e animais deuterostômios e reconhecer os filos correspondentes a cada tipo.
- Conhecer e compreender os critérios que levaram os sistematas a elaborar um cladograma que relaciona os principais grupos animais.
- Conhecer os aspectos gerais dos principais sistemas corporais presentes nos animais – digestivo, respiratório, circulatório e excretor – relacionando sua estrutura e função e os grupos animais em que cada tipo de sistema ocorre.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo aborda soluções adaptativas desenvolvidas pelos diferentes grupos animais. Entre elas veremos como foram solucionados os problemas de digestão de alimento, de distribuição de substâncias pelo corpo, de eliminação de produtos residuais do metabolismo (excreções) etc. Estudar a diversidade animal permite conhecer melhor nossos parceiros de reino. A origem de nossos ancestrais cordados remonta aos mares do período Ediacarano, quando essa estratégia animal de vida estava sendo testada. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia.

A **abertura do capítulo** introduz a diversidade dos grupos animais sob a perspectiva de sua origem evolutiva. Chame a atenção dos estudantes para a figura de abertura do capítulo, que trata de uma reconstrução artística de um cenário marinho baseada no documentário fóssil do período Ediacarano. Informe que a vida ficou restrita ao ambiente aquático até o surgimento das plantas, que modificaram o ambiente e possibilitaram a vida em terrra firme.

Retome o conceito de evolução biológica, lembrando que os grupos de animais encontrados no período Cambriano descenderiam de ancestrais que viveram no período Ediacarano. Relembre que a evolução e a especiação são eventos que ocorrem em grandes escalas de tempo. Comente que o termo "explosão cambriana" pode passar a ideia de que a diversidade da vida no período Cambriano se desenvolveu de forma repentina; na perspectiva da história da vida, a explosão cambriana refere-se a muitos milhões de anos de evolução.

Ao longo do capítulo, o estudante será estimulado a comparar a estrutura de certos órgãos em diversos grupos animais, correlacionando-os às suas características funcionais e justificando sua origem e classificação, atitude que permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202** da BNCC.

Atividade em grupo

A atividade propõe aos estudantes relembrar, um a um, os grupos de animais estudados. Reserve um período de aula para que os estudantes leiam sobre suas experiências e apresentem as placas de identificação dos animais escolhidos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **Competência geral 4**

Esta atividade propõe a utilização de diferentes linguagens para comunicação de dados e informações, estimulando o desenvolvimento da **competência geral 4** e da habilidade **EM13CNT302**. Para adquirir as informações, os estudantes deverão buscar fontes confiáveis de pesquisa, estimulando-se assim, a habilidade **EM13CNT303**.

1. Principais grupos animais

O estudo sistemático dos animais é desafiador. O objetivo mais importante é chamar a atenção para o fato de que, apesar da grande diversidade de animais, eles podem ser agrupados em poucas dezenas de filos, que exibem estratégias evolutivas bem-sucedidas, que começaram a surgir há mais de 600 milhões de anos.

Ao estudar cada filo dê exemplos de animais que os estudantes conheçam. Compare as diferentes estratégias que ajudaram na sobrevivência de cada grupo animal. Mencione também alguns animais que podem causar doenças e as formas de evitá-las.

Observar animais vivos na natureza ou em zoológicos é importante, por tornar a Zoologia mais prática e o aprendizado mais significativo. Utilize também animais preservados, preparações para microscopia, filmes, vídeos, fotografias, CD-ROMs etc.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**

Os conteúdos desse item possibilitam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, ao estudar as diversas formas de manifestação da vida animal.

2. A diversificação no Reino Animal

Este item apresenta as principais tendências observadas na evolução animal e utilizadas como base da classificação. Entre elas destacam-se a multicelularidade, o número de folhetos germinativos etc. Compreender o significado das tendências evolutivas facilita o estudo sistematizado dos animais.

Converse com os estudantes sobre possíveis vantagens da multicelularidade em relação à unicelularidade. Discuta também que tanto a estratégia unicelular quanto a multicelular são viáveis, haja vista a quantidade e diversidade de seres unicelulares e pluricelulares existentes.

Oriente os estudantes a fazer uma tabela-resumo das principais características dos animais estudados. Sugira-lhes que escrevam, na linha superior da tabela, os nove filos animais. Na coluna da esquerda podem entrar informações como presença ou não de tecidos corporais, se o animal é diblástico ou triblástico, presença e tipo de cavidade corporal, se é protostômio ou deuterostômio, e assim por diante. Sugira que façam as tabelas

MODERNA

em tamanho grande, em uma folha de cartolina, por exemplo, o que pode ajudá-los na consulta durante os estudos. Estimule os estudantes a apresentar suas tabelas em classe e discutir com os colegas as diferentes escolhas.

Dialogando com o texto

A atividade propõe aos estudantes cortar uma laranja para avaliar seu tipo de simetria. Pode ser sugerido que tentem estabelecer o tipo de simetria de flores, frutos etc. Leve-os a concluir que a simetria predominante no reino Animal é a bilateral. Discuta as supostas vantagens da simetria bilateral, caracterizada por apresentar uma região posterior e uma anterior. A atividade estimula a representação e interpretação de modelos para compreender o conceito de simetria.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

Os conteúdos e atividades desse item, em especial a atividade *Dialogando com o texto* sobre noções de simetria, possibilitam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**da BNCC, ao propor que os estudantes levantem questões sobre o tipo de simetria presente em uma laranja, por exemplo.

Retome os conceitos de simetria, do número de folhetos embrionários e da presença e origem do celoma, sempre que estudar os grupos de animais em que tais características ocorrem.

Aproveite a filogenia apresentada na Figura 7 para trabalhar as relações filogenéticas entre os animais. Ao interpretar a filogenia, os estudantes podem concluir, por exemplo, que os animais são reunidos em um grande grupo (reino Animalia) com base em características herdadas do ancestral comum e que, portanto, estão na base da árvore filogenética: a multicelularidade é a novidade evolutiva. Os poríferos se separam de todos os outros animais por não apresentarem tecidos corporais verdadeiros; o ramo da árvore que se separa do dos poríferos caracteriza-se pela presença de tecidos verdadeiros. Dentre os animais desse grupo, os cnidários separam-se dos demais por apresentarem apenas dois tecidos embrionários (diblásticos) e terem simetria radial; todos os outros animais são triblásticos e apresentam simetria bilateral. Os platelmintos distinguem-se dos demais animais por terem mesoderma maciço, isto é, não possuem celoma (acelomados). O grupo Protostomia compreende os animais em que o blastóporo origina a boca, enquanto o grupo Deuterostomia agrupa aqueles em que o blastóporo dá origem à boca (equinodermos e cordados). O grupo Ecdysozoa, um ramo dos Protostomia, caracteriza-se por seus membros apresentarem muda (ecdise) periódica do exoesqueleto; esse grupo reúne nematódeos e artrópodes. O outro ramo dos Protostomia, que reúne moluscos e anelídeos, caracteriza-se por englobar espécies com desenvolvimento indireto e larva ciliada do tipo trocófora. Conduza um debate em classe sobre as conclusões a que cada grupo chegou.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

Os conteúdos e atividades desse item possibilitam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** da BNCC, uma vez que os estudantes podem relacionar a interpretação de filogenias para compreender o processo evolutivo dos animais.

3. Sistemas corporais dos animais

Este item apresenta de forma comparativa os sistemas corporais básicos dos animais, desde o sistema digestivo até o sistema excretor. Compreender comparativamente os principais sistemas dos animais nos permite reconhecer a originalidade da estratégia animal, da qual fazemos parte.

Dialogando com o texto

Incentive os estudantes a pesquisar as principais soluções adaptativas que permitiram que diversos grupos de animais passassem a habitar a terra firme. O trabalho pode ser iniciado fazendo uma tabela com representantes dos filos animais e o ambiente em que vivem. A partir daí a pesquisa pode se desenvolver em busca dos sistemas corporais mais relacionados à conquista da terra firme. Essa atividade, ao trabalhar com novidades evolutivas e relacionar as características funcionais à classificação dos animais, favorece a habilidade **EM13CNT202** da BNCC.

Dialogando com o texto

A atividade estimula a comparação entre diferentes tipos de respiração em animais a partir da reflexão sobre a ação de inseticidas aerossóis. É importante que os estudantes percebam que, nos animais que apresentam respiração traqueal, as microgotículas contendo inseticida penetram facilmente pelos espiráculos e chegam diretamente a todas as células do corpo, o que pode explicar sua ação rápida para matar insetos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CHS103**
- **Competência geral 2**

Ao promover a elaboração de hipóteses, previsões e estimativas, e a interpretação de dados para construir, avaliar e justificar conclusões, a atividade colabora para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** e para a habilidade **EM13CHS103**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. A **competência geral 2** também é favorecida ao incentivar os estudantes a exercitar a curiosidade e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação e a reflexão para investigar e elaborar hipóteses sobre a relação dos inseticidas aerossóis e o sistema de respiração dos insetos.

Nossa sugestão é que seja perguntado aos estudantes se eles conhecem a prática de observar as brânquias (guelras) dos peixes vendidos no comércio para avaliar se estão frescos. Converse sobre a coloração intensamente vermelha das brânquias e sua forma filamentosa; tente fazê-los chegar à conclusão de que a anatomia das brânquias reflete sua função. Devido à delicadeza desses órgãos, eles são os primeiros a deteriorar,

MODERNA

daí serem usados como parâmetros do frescor do pescado.

Sugira aos estudantes que formem grupos para dividir as tarefas de pesquisa sobre os tipos de coração e de sistema circulatório presentes em peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Chame a atenção para o fato de aves e mamíferos serem animais homeotérmicos e peixes, anfíbios e répteis serem animais heterotérmicos. Sugira também que os grupos elaborem desenhos grandes, em folhas de cartolina, dos diversos tipos de circulação. A partir da anatomia do sistema, questione os estudantes sobre a eficiência de cada tipo de sistema em enviar sangue oxigenado às células. Oriente uma discussão sobre os trabalhos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **Competência geral 4**

O estímulo à pesquisa em diferentes mídias, selecionando fontes confiáveis de informação, contribui para o trabalho com a habilidade **EM13CNT303**. A apresentação dos resultados em forma de desenho estimula o desenvolvimento da **competência geral 4**.

Ao comentar sobre a organização de metanefrídios da minhoca, retome o conceito de metâmeros com a ajuda da figura 6. Pergunte aos estudantes se nós, seres humanos e animais cordados, apresentamos metameria. A resposta é afirmativa; ela se manifesta durante a vida embrionária, na formação dos somitos (como são chamados os blocos de mesoderme que se formam no início do desenvolvimento embrionário). Leve-os a concluir que a musculatura segmentar do abdome, o popular "tanquinho" de certos esportistas, representa resquícios evidentes da metameria.

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa A.
2 Alternativa C.
3 Alternativa B.
4 Alternativa E.
5 Alternativa D.

Os estudantes devem relacionar corretamente os tipos de sistemas respiratórios de alguns grupos animais com os processos e estruturas descritos.

CAPÍTULO 6 Compostos inorgânicos

Metas do capítulo

- Reconhecer as interações íon-dipolo e as ligações de hidrogênio como forças envolvidas entre partículas do soluto e moléculas de água na formação de soluções aquosas.
- Perceber a diferença entre dissociação iônica e ionização.
- Ter noção de algumas propriedades de ácidos e bases que eram empregadas, antes da definição de Arrhenius, na distinção entre esses dois grupos de substâncias.
- Saber a utilidade de um indicador ácido-base.
- Conhecer a definição de ácido segundo Arrhenius e ser capaz de equacionar alguns exemplos de ionização de ácidos em água.
- Reconhecer a fórmula molecular de alguns ácidos relevantes.
- Conhecer a definição de base segundo Arrhenius.
- Ser capaz de representar um hidróxido a partir do conhecimento da carga do cátion metálico nele presente.
- Conhecer a fórmula molecular da amônia e saber que esse composto se ioniza em água produzindo solução alcalina.
- Ter noção da escala de *pH* e sua utilidade.
- Saber que ácidos e bases de Arrhenius reagem em solução aquosa em um processo de neutralização ácido-base e ser capaz de equacionar casos simples desse tipo de processo.
- Reconhecer a fórmula de casos importantes de sais e ser capaz de nomeá-los.
- Compreender como se faz a formulação de um sal sendo conhecidos o cátion e o ânion que o constituem.
- Reconhecer a fórmula de um óxido e saber que três categorias importantes desse tipo de composto são: óxidos ácidos, óxidos básicos e óxidos neutros.
- Pesquisar características relevantes de compostos inorgânicos, sua aplicação no cotidiano, sua periculosidade e demais aspectos pertinentes, visando à elaboração de um vídeo de divulgação científica que mostre a importância da Química Inorgânica para a sociedade e também os cuidados que devem ser tomados em relação às substâncias que apresentem periculosidade ao indivíduo ou ao ambiente.

Sugestões didáticas e comentários

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

A Química Inorgânica é um campo de atuação extremamente amplo e o capítulo fornece aos estudantes uma visão introdutória a alguns dos inúmeros compostos estudados por essa área da Ciência.

As fotos e o texto de abertura podem ser aproveitados para a sondagem de concepções prévias dos estudantes. Questione, por exemplo, se eles já ouviram falar dos íons mencionados no texto e se sabem por que algumas pessoas se referem à presença desses íons em solução aquosa como *sais* dissolvidos. Você também pode perguntar se eles já ouviram falar em eletrólito. É possível que alguns dos estudantes já tenham escutado que eletrólitos estão presentes em algumas bebidas, como os repositores eletrolíticos usados por pessoas que praticam esportes ou os adquiridos em farmácia, median-

MODERNA

te receita médica, destinados a pessoas que se encontram desidratadas. Pode ser que alguns estudantes comentem também que sabem da presença de eletrólitos no sangue humano e em outros líquidos corporais.

Registre as opiniões e aproveite-as para elaborar as aulas subsequentes, especialmente a abordagem de dissociação iônica e ionização. Incentive os estudantes a registrarem suas respostas e, ao final do capítulo, retorne a elas com o objetivo de que eles reavaliem tais respostas e façam nelas as devidas alterações, refletindo o que aprenderam ao estudar o capítulo. A expectativa é de que os estudantes, ao estudar o capítulo, compreendam que algumas substâncias inorgânicas, ao se dissolverem em água, originam íons em solução aquosa. É o caso dos ácidos, das bases e dos sais.

Este capítulo ajuda os estudantes a compreender modelos químicos para formação de soluções aquosas. Esses modelos são importantes não apenas no estudo de ácidos, bases, sais e óxidos, mas também para diversos aspectos da Química que envolvem soluções. No capítulo seguinte, essa discussão sobre formação de soluções aquosas será retomada, ampliada e acrescida de aspectos quantitativos. No Capítulo 10, tanto os aspectos qualitativos discutidos neste capítulo e no seguinte quanto os aspectos quantitativos introduzidos no Capítulo 7 serão empregados para um entendimento mais amplo do conceito de solubilidade e para a compreensão de processos de precipitação de compostos iônicos a partir de reações que ocorram em meio aquoso.

A contextualização e a problematização iniciais, bem como a sondagem de concepções prévias, serão enriquecidas se você optar pela sugestão de atividade descrita a seguir. Com ela, você poderá verificar que conhecimentos pregressos os estudantes trazem acerca de condutividade elétrica de soluções.

Sugestão de atividade complementar

Em princípio, espera-se que os estudantes tragam do Ensino Fundamental 2 noções a respeito da existência de materiais condutores e materiais isolantes elétricos. Contudo, pode ser que eles não tenham uma visão acerca da possibilidade de soluções aquosas serem ou não condutoras de corrente elétrica. Nesse sentido, proponha aos estudantes a construção da montagem da Figura 1, elaborada com três fios flexíveis de cobre com as extremidades desencapadas, uma pilha de 1,5 V e um soquete com lâmpada compatível com essa tensão elétrica (ou um LED equivalente, que seja apropriado para uso em *dimmer*).

Sugira que eles coloquem, em três pires, diferentes soluções aquosas: uma de sal de cozinha, outra de açúcar e, como terceira solução, vinagre (solução aquosa que contém ácido acético). A primeira pode ser preparada dissolvendo uma colher (de café) de sal em um terço de copo de água (copo de requeijão de 250 mL). A segunda pode ser preparada da mesma maneira, mas com açúcar em vez de sal. No caso da terceira solução, pode-se utilizar diretamente o vinagre, pois este já é uma solução aquosa que contém ácido acético (há outros solutos presentes em menor quantidade e estes são irrelevantes para a presente discussão).

A testagem deve ser feita mergulhando as duas extremidades livres dos dois fios de cobre (indicadas por A e B na Figura 1) na solução, com um distanciamento de aproximadamente 0,5 cm entre eles. Oriente os estudantes para que, após cada teste, enxuguem as duas extremidades com um pedaço limpo de toalha de papel absorvente ou papel higiênico antes de mergulhá-las na solução seguinte. Isso visa impedir a contaminação de uma solução com resíduos da anterior.

A expectativa é de que ocorra o acendimento da lâmpada no caso da solução de sal de cozinha e acendimento com brilho menos intenso no caso da solução contendo ácido acético (vinagre). Não se espera acendimento no caso da solução de açúcar.

Pergunte aos estudantes qual é, na concepção deles, a razão pela qual duas dessas soluções são condutoras de corrente elétrica e uma não é. Sugira a eles que acrescentem essas respostas à lista já elaborada na abertura do capítulo. Retorne a essas respostas no final do capítulo para que os estudantes possam revisá-las e aprimorá-las. A expectativa é de que eles relacionem a condutividade elétrica da solução de sal de cozinha com o fato de o principal constituinte desse material, o cloreto de sódio (NaCl), dissociar-se ionicamente em meio aquoso, originando íons com mobilidade para conduzir corrente elétrica. No caso do vinagre, espera-se que eles percebam se tratar de um ácido, que, portanto, ioniza-se em água, também originando íons. Você poderá, a seu critério, comentar no final do capítulo que o ácido acético é fraco e ioniza-se em pequena extensão, apesar de não ser essa a tônica nesse momento. No caso do açúcar, espera-se que os estudantes associem o processo de dissolução em água com o apresentado para a ureia no capítulo, ou seja, é uma dissolução que não envolve dissociação iônica nem ionização, com preservação das moléculas em meio aquoso, que apenas são solvatadas pela água (hidratadas) devido ao estabelecimento de interações intermoleculares entre grupos — OH existentes no açúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$, sacarose) e as moléculas de água.

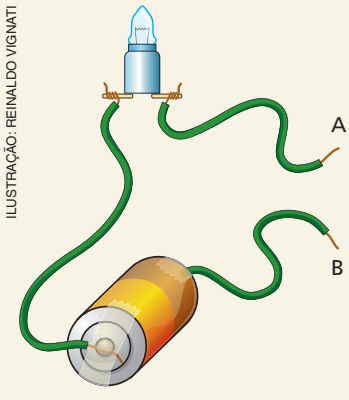


ILUSTRAÇÃO: REINALDO VIGNATI

Figura 1 Montagem experimental que pode ser utilizada para verificar a condutividade elétrica de soluções aquosas de cloreto de sódio e ácido acético e também para verificar a não condutividade elétrica, nas condições do experimento, de uma solução aquosa de sacarose (açúcar de cana). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Atividade prática

A realização do experimento proposto permite que os estudantes, antes de entrar em contato com aspectos referentes a ácidos e bases, percebam que indicadores como

EM ABERTA

a solução alcoólica de fenolftaleína, o papel de tornassol vermelho e o papel de tornassol azul possibilitam a divisão de alguns materiais em duas categorias. No caso, espera-se que eles percebam que o vinagre, o suco de limão e o refrigerante constituirão um grupo e o pedaço de sabão em barra, a cinza vegetal e a pasta de dente constituirão outro. No primeiro grupo, que posteriormente eles aprenderão se tratar de materiais ácidos, os resultados são que a fenolftaleína permanecerá incolor, o papel de tornassol vermelho manterá sua cor e o papel de tornassol azul ficará vermelho. No segundo grupo, que é constituído de materiais básicos, a fenolftaleína adquirirá cor róseo-avermelhada, o papel de tornassol vermelho ficará azul e o papel de tornassol azul manterá sua coloração. Caso não seja possível utilizar papel de tornassol ou solução de fenolftaleína, pode-se empregar extrato de repolho roxo. Para prepará-lo, coloque 1 litro de água e duas folhas de repolho roxo em um liquidificador. Triture as folhas por 30 segundos. Com uma peneira, separe o líquido dos sólidos restantes e utilize pequenas alíquotas para o experimento. Caso o líquido resultante esteja muito concentrado, dilua com água até atingir o ponto desejado. Com isso, os estudantes estarão preparados para compreender o uso de indicadores ácido-base na classificação de materiais em ácidos e básicos, assunto que será tratado no Item 2 do capítulo.

De olho na BNCC

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

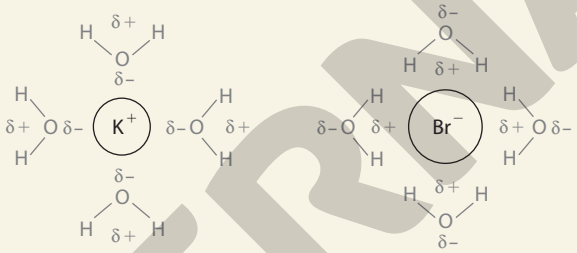
A *Atividade prática* que acabamos de comentar proporciona oportunidade de desenvolvimento para a habilidade **EM13CNT301** da BNCC, pois os estudantes poderão elaborar hipóteses, bem como representar e interpretar resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. A atividade também possibilita o desenvolvimento da **Competência geral 2** ao exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão e a análise crítica para investigar os resultados obtidos.

1. Dissociação iônica e ionização

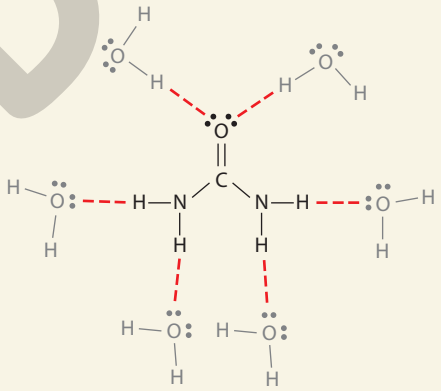
O item utiliza o cloreto de sódio (NaCl), a ureia (CH_4N_2O) e o cloreto de hidrogênio (HCl) como exemplos para introduzir os conceitos de dissociação iônica e ionização. O cloreto de sódio representa o caso de todas as substâncias iônicas solúveis em água, que têm seus íons dissociados ionicamente em meio aquoso, resultando soluções eletrolíticas. A ureia representa substâncias que, ao se dissolverem em água, têm apenas suas moléculas separadas sob ação do solvente aquoso, mas não originam íons. Assim, uma solução aquosa de ureia não é eletrolítica, o mesmo acontecendo com soluções aquosas de glicose ($C_6H_{12}O_6$), sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) e etanol (C_2H_5OH), exemplos que você pode usar em sala de aula para complementar as informações do item. O cloreto de hidrogênio representa as substâncias que, dissolvidas em água, têm suas moléculas participando de reação com o solvente aquoso originando íons. O fenômeno que acontece com o HCl, a ionização, também acontece com todos os ácidos de Arrhenius e com a amônia (NH_3). A ionização desses compostos será comentada mais à frente, no capítulo.

Aplicando conhecimentos

1 O composto iônico brometo de potássio (KBr) é formado por íons K^+ e Br^-. Quando este composto é dissolvido em água, acontece a dissociação de seus íons em um meio aquoso, resultando K^+ (aq) e Br^- (aq). A dissociação iônica ocorre, entre outros fatores, devido às intensas interações íon-dipolo estabelecidas entre cada um desses íons e as moléculas de água. Na solvatação dos íons K^+, as moléculas de água que os rodeiam têm o átomo de oxigênio voltado para o cátion, pois a interação atrativa ocorre entre a carga positiva do íon e a extremidade negativa do dipolo da água, situada no átomo de oxigênio. Na solvatação dos ânions Br^-, as moléculas de água que os rodeiam têm os átomos de hidrogênio voltados para os ânions, como resultado da interação atrativa entre a parte positiva do dipolo da água, situada nos hidrogênios, e a carga negativa do íon Br^-. Uma possível esquematização que os estudantes podem fazer é a seguinte:



2 As interações atrativas entre as moléculas do solvente água e as moléculas do soluto ureia são do tipo ligações de hidrogênio. Uma esquematização possível é a seguinte:



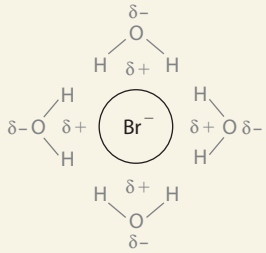
ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

Um comentário ao docente: o par eletrônico não ligante dos átomos de nitrogênio da ureia está comprometido em ressonância com o grupo carbonila, como ocorre de modo geral em amidas (a ureia pertence à classe funcional das amidas), e, por isso, é praticamente indisponível para o estabelecimento de ligações de hidrogênio. Essa é a razão pela qual ele não foi representado nesse esquema.

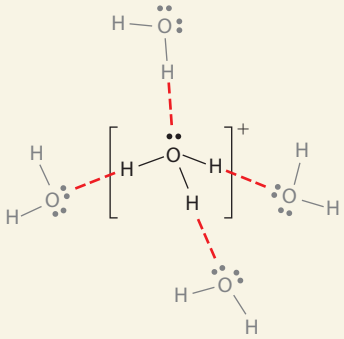
3 O brometo de hidrogênio (HBr) ioniza-se em água, originando cátions H_3O^+ (aq) e ânions Br^- (aq). O ânion Br^- é solvatado por efeito das interações íon-dipolo (que se devem à interação atrativa de origem eletrostática) entre a carga do Br^- e a extremidade positiva do dipolo da água, localizada nos átomos de hidrogênio. Essas interações podem ser representadas assim:

MODERNA

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES



As interações responsáveis pela solvatação do cátion H_3O^+ são do tipo ligações de hidrogênio e podem ser assim representadas:



4 As equações químicas apresentadas têm a seguinte interpretação:

I. Representação da dissolução do etanol em água, em que suas moléculas, que constituíam inicialmente uma fase líquida, passam a ser componentes de uma solução aquosa;

II. Representação da dissolução da glicose em água, na qual as moléculas dessa substância passam da fase sólida para a fase aquosa;

III. Representação da reação do ácido acético com água originando íons (ionização);

IV. Representação da reação de amônia com água originando íons (ionização);

V. Representação da desassociação dos íons (dissociação iônica) do KBr quando essa substância sólida se dissolve em água.

Assim, temos:

a) São soluções aquosas eletrolíticas aquelas que apresentam íons, ou seja, III e IV.

b) Ocorre dissociação iônica no caso V, pois a equação química evidencia a separação dos íons em fase aquosa, e ocorre ionização nos casos III e IV, pois moléculas reagem originando íons dissolvidos em meio aquoso.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

Estudar a dissociação iônica do cloreto de sódio, a dissolução da ureia e a ionização do cloreto de hidrogênio em solvente aquoso no Item 1, bem como realizar as atividades do *Aplicando conhecimentos* a ele referentes, auxilia no desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** da BNCC, pois requer analisar e representar transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas.

2. Algumas propriedades de ácidos e bases

Aqui o capítulo aborda algumas propriedades do grupo de substâncias genericamente denominadas ácidos e do grupo de substâncias genericamente denominadas bases. São apresentados alguns indicadores ácido-base importantes e suas cores em meio ácido e em meio básico. Isso permite revisitar a atividade em grupo feita na abertura do capítulo e favorecer a compreensão dos estudantes acerca dos dois grupos de substâncias investigados naquele procedimento.

Um ponto de grande relevância que merece sua atenção na abordagem desse item são as medidas de segurança referentes a reagentes químicos de laboratório, não somente ácidos ou bases. Conforme comentado no Livro do Estudante, um reagente nunca deve ser manipulado sem autorização e supervisão do professor nem sem conhecer suas características, quais riscos oferece, que procedimentos devem ser adotados para sua manipulação e seu descarte e quais providências tomar em caso de acidente.

3. Ácidos

Inicialmente o item apresenta a definição de ácido feita por Arrhenius. A respeito dela, você pode comentar que a ressalva "único cátion" feita na frase "ácido é um composto que, dissolvido em água, origina H^+ como único cátion", deve-se ao fato de existirem compostos que, dissolvidos em água, até liberam H^+ como cátion, mas não como único cátion. Para conhecimento do docente, um exemplo é o bissulfato de sódio, $NaHSO_4$. Esse sal, quando dissolvido em água, dissocia-se em Na^+ (aq) e HSO_4^- (aq), e este último se ioniza em H^+ (aq) e SO_4^{2-} (aq). Assim, não classificamos o bissulfato de sódio como ácido de Arrhenius. De fato, esse composto é incluído no grupo dos sais.

A seguir, o capítulo comenta um aspecto importantíssimo: **o íon H^+ (aq) não tem existência individual**. Ele se liga a uma molécula de água e constitui um íon H_3O^+ (aq), denominado **íon oxônio**. A não estabilidade do íon H^+ isolado pode ser atribuída à tendência de o hidrogênio apresentar, em seus compostos, dois elétrons na eletrosfera (que fica, portanto, similar à do elemento químico hélio); contudo, no H^+, não existe nenhum elétron. O íon H^+ corresponde apenas ao núcleo de um átomo de hidrogênio, que, na maioria dos casos, é o núcleo do isótopo hidrogênio-1 (abundância 99,99%). Por esse motivo, o íon H^+ é frequentemente denominado **próton**, no contexto em que é transferido entre espécies químicas. Assim, uma espécie que cede H^+ é uma espécie doadora de prótons (espécie que é desprotonada) e uma espécie que recebe H^+ é uma espécie receptora de prótons (espécie que é protonada). Esse linguajar é comentado aqui para que o docente perceba a relevância de enfatizar aos estudantes que, numa visão mais moderna, a definição de ácido de Arrhenius pode ser apresentada da seguinte maneira: **ácido é um composto que, dissolvido em água, origina H_3O^+ como único cátion**; o ânion varia de ácido para ácido.

MODERNA

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) recomenda a denominação **oxônio** para o íon H_3O^+ (cf. IUPAC Golden Book, disponível em <https://goldbook.iupac.org>, acessado em jul. 2020, ou CONNELLY, N. G. *et al*. *Nomenclature of Inorganic Chemistry: IUPAC Recommendations 2005*. Cambridge: IUPAC/RSC Publishing, 2005). Anteriormente esse íon recebeu as denominações hidrônio e hidroxônio.

Não deixe de apresentar em sala de aula as equações de ionização da maneira como estão no Livro do Estudante, com o ácido reagindo com água e produzindo H_3O^+ aquoso e ânion aquoso. Quanto à nomenclatura, é oportuno que você apresente aqueles ácidos que estão na Tabela 1 do Livro do Estudante. Mais importante do que fazer um trabalho exaustivo e abrangente na cobertura de nomes e fórmulas, é relevante que o estudante tenha a capacidade de localizar, mediante busca em fontes confiáveis de informação, os nomes e as fórmulas desejados em determinado contexto.

Finalizando o item, comente que **ácidos em geral apresentam grande periculosidade e sua manipulação deve ser feita apenas por profissionais treinados, utilizando equipamentos de proteção individual e seguindo rigorosamente as normas de segurança**. Contudo, existem ácidos que, em concentrações suficientemente baixas, são encontrados em alguns alimentos, conforme comentado no Livro do Estudante, e, ao ingeri-los, temos a percepção sensorial de sabor azedo em função da interação do H_3O^+ (aq) com quimiorreceptores presentes nas papilas gustatórias da língua.

Dialogando com o texto

A atividade solicita aos estudantes que interpretem e traduzam em palavras as equações existentes na página, incluindo as fases em que cada uma das substâncias se encontra. Embora se trate de uma atividade relativamente simples, é de grande importância para a fixação da simbologia empregada em Química para representar fase sólida, fase líquida, fase gasosa e fase aquosa. Assim, por exemplo, espera-se que uma equação como

$$HCl\,(g) + H_2O\,(l) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

seja interpretada assim: HCl gasoso reage com água líquida em uma ionização que produz íon H_3O^+ aquoso e íon Cl^- aquoso.

4. Bases

Diferentemente dos ácidos, que são compostos moleculares que se ionizam em água, os hidróxidos são compostos iônicos que se dissociam ionicamente em água. A solubilidade desses compostos é bastante variável, desde bases muito solúveis, como as de metais alcalinos, até aquelas pouquíssimo solúveis, como, por exemplo, hidróxido de ferro(III) e hidróxido de alumínio. Este é, portanto, um aspecto de diferenciação estrutural entre ácidos e bases que, desde logo, deve ser exposto com clareza aos estudantes: fora da água, os ácidos de Arrhenius têm natureza molecular e as bases de Arrhenius (hidróxidos de cátions de elemento químico metálico) têm natureza iônica.

O capítulo apresenta inicialmente o hidróxido de sódio e sua dissociação iônica representada por meio de uma equação química. A seguir, apresenta a definição de Arrhenius de que base é um composto que, dissolvido em água, origina OH^- (íon hidróxido) como único ânion. Aqui é oportuno ao docente um comentário a respeito da expressão "único ânion". Existem compostos que, dissolvidos em água, liberam hidróxido como ânion, mas não como único ânion. É o caso, por exemplo, do hidroxinitrato de cálcio, $Ca(OH)NO_3$. Ao se dissolver em água, esse composto origina íons Ca^{2+} (aq), OH^- (aq) e NO_3^- (aq). Contudo, é classificado como sal, e não como base, posto que o hidróxido não é o único ânion liberado por ele em sua dissociação iônica.

Com relação a fórmulas e nomes, a tônica deve estar na elaboração da fórmula unitária do hidróxido a partir do conhecimento de seu cátion metálico, como é feito na Tabela 2 do Livro do Estudante. Os estudantes devem perceber que, muito mais importante do que conhecer de forma memorística os cátions e as bases, deve-se saber como proceder para encontrar as informações necessárias em fontes confiáveis.

Também a exemplo do que foi feito para ácidos, o item alerta para os potenciais riscos à saúde na manipulação de hidróxidos. **Bases só devem ser manipuladas por profissionais capacitados, com equipamento de proteção individual e obedecendo às normas de segurança. Mesmo os hidróxidos relativamente pouco solúveis podem oferecer risco não só em decorrência do caráter alcalino, mas também em função da toxicidade do cátion metálico, principalmente no caso de metais pesados**.

O item se encerra apresentando a amônia, que **não** é uma base de acordo com a definição de Arrhenius, mas que, dissolvida em água, ioniza-se produzindo solução alcalina. A equação da ionização da amônia é mostrada no Livro do Estudante e o nome do cátion NH_4^+ resultante desse processo, amônio, também é apresentado. Saliente aos estudantes que o termo amôni**a** designa a substância de fórmula NH_3, e o termo amôni**o** refere-se ao cátion NH_4^+.

5. A escala de *pH*

Este item apresenta noções acerca da utilização da escala de *pH* para expressar o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa, a 25 °C. A pretensão aqui não é se aprofundar nos aspectos físico-químicos da escala, mas em sua importância semiquantitativa para expressar o caráter ácido-básico de soluções aquosas, a 25 °C.

Aplicando conhecimentos

5 **a)** A pesquisadora desejava solução ácida no frasco 3, pois dissolveu em água uma substância (HBr) que, ao se ionizar em meio aquoso, liberou H_3O^+ (aq) como único cátion. Ela desejava solução alcalina no frasco 4, pois dissolveu em água um hidróxido que, ao se dissociar ionicamente em água, liberou OH^- (aq) como único ânion. No frasco 3, haverá uma solução aquosa de ácido bromídrico e, no frasco 4, uma solução aquosa de hidróxido de cálcio.

b) Os frascos 1 e 2 não contêm nem ácido nem base.

c) No frasco 1, a pesquisadora dissolveu sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), que é o principal constituinte do açúcar de cana. Portanto, dos quatro processos listados, o que é frequente em cozinhas é o que aconteceu no frasco 1, correspondente à dissolução da sacarose em água.

d) Os frascos que contêm solução eletrolítica são o 2, o 3 e o 4. Uma solução eletrolítica é aquela que contém íons dissolvidos. A seu critério, aproveite para comentar com os estudantes que uma substância que produz solução eletrolítica ao ser dissolvida em água é denominada **eletrólito**. Assim, $CaBr_2$, HBr e $Ca(OH)_2$ são eletrólitos e $C_{12}H_{22}O_{11}$ não é.

e) Ao fazer os testes referidos, não haveria mudança de cor do indicador ácido-base utilizado no caso dos frascos 1 e 2, pois as soluções não são ácidas nem básicas. No frasco 3, em que há uma solução aquosa ácida, o papel de tornassol azul mudaria de cor para vermelha, o papel de tornassol vermelho manteria sua coloração e a fenolftaleína permaneceria incolor. No frasco 4, que contém uma solução aquosa alcalina, o papel de tornassol azul permaneceria com sua coloração, o papel de tornassol vermelho mudaria de cor para azul e a fenolftaleína adquiriria coloração róseo-avermelhada.

6 Um efluente é um líquido produzido em instalações como indústrias, laboratórios ou usinas produtoras de energia e que não é o objeto de interesse, precisando ser corretamente descartado ou reaproveitado de alguma maneira. Um efluente com *pH* menor que 5 é muito ácido para ser descartado em um corpo d'água. Quanto mais baixo o *pH* de um efluente, maior a sua acidez e a sua periculosidade às formas de vida no que diz respeito à acidez da solução aquosa. Um efluente com *pH* maior que 9 é, ao contrário, muito alcalino para ser despejado em um meio aquático. Quanto maior o *pH*, maior a alcalinidade do efluente e maior sua periculosidade quanto ao quesito alcalinidade.

7 O suco de maracujá é mais ácido que o suco de goiaba, pois apresenta *pH* menor.

8 O líquido das baterias de automóvel (solução aquosa de H_2SO_4) apresenta *pH* muito baixo (de acordo com o esquema fornecido na Figura 13 do Livro do Estudante, esse *pH* é inferior a 1). Isso evidencia sua periculosidade por se tratar de uma solução aquosa extremamente ácida, podendo causar sérias lesões na pele e nos olhos, em caso de contato com eles. A acidez desse líquido deve-se à ionização do ácido sulfúrico em meio aquoso, equacionada da seguinte maneira:

$$H_2SO_4(l) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HSO_4^-(aq)$$
$$HSO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

Já a solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio apresenta um *pH* muito alto (de acordo com o esquema fornecido na Figura 13, esse *pH* é superior a 13). Essa elevada alcalinidade torna esse material também perigoso devido ao risco de corrosão da pele e danos aos olhos, caso haja contato com eles. Nesse caso, a alcalinidade se deve à dissociação iônica do hidróxido de sódio em meio aquoso, equacionada da seguinte maneira:

$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

6. Neutralização ácido-base e sais

A reação entre ácido e base em solução aquosa é apresentada com ênfase na transformação química que necessariamente ocorre nesses casos, que é a reação de H_3O^+ (aq) com OH^- (aq), cujo produto é água. Com a utilização dos exemplos mencionados no item e da Figura 14, você pode mostrar aos estudantes que o sal de fato só se forma com a evaporação da água (salvo se for um sal insolúvel que precipitará no momento da mistura das soluções, contudo a precipitação é um tema a ser abordado no Capítulo 10). Assim fazendo, você estará auxiliando os estudantes a formarem corretamente o conceito de que um ácido e uma base em solução reagem devido à alta tendência de H_3O^+ (aq) e OH^- (aq) a reagirem formando água.

O item também possibilita trabalhar a formulação e a nomenclatura de sais. Com o auxílio da Figura 15, enfatize que os índices que expressam a proporção entre cátion e ânion na fórmula unitária de um sal são deduzidos a partir do princípio da neutralidade elétrica. Assim, o índice que expressa a quantidade relativa de cátions multiplicado pela carga do cátion deve resultar um total de cargas positivas igual ao módulo do total de cargas negativas, resultante da multiplicação do índice que expressa a quantidade de ânions pelo módulo da carga do ânion. Evite, portanto, apresentar aos estudantes regras práticas do tipo usar a carga de um íon como índice do outro, pois isso induz à confusão conceitual entre o significado dos números que expressam carga elétrica e dos números que expressam a quantidade relativa de cátions e ânions na fórmula unitária. Encaminhe a explicação por meio da neutralidade elétrica do composto iônico salino.

Assim como no caso dos ácidos e das bases, aqui também é conveniente mostrar aos estudantes os princípios envolvidos na formulação e na nomenclatura, e não enfatizar a memorização de ânions. Fórmulas e cargas de íons podem ser encontradas em fontes confiáveis de informação, que podem e devem ser consideradas instrumentos de consulta, inclusive em avaliações (nas quais você pode fornecer tabelas com esses dados, o que favorece a habilidade procedimental de consulta e utilização de informações).

Aproveite a Figura 16 para comentar com os estudantes que a "água" do mar filtrada é uma solução aquosa que contém não apenas cloreto de sódio, mas diversos outros sais dissolvidos.

Dialogando com o texto

Esta atividade tem por meta desenvolver nos estudantes um raciocínio semiquantitativo de como varia o *pH* em função da adição de ácido a um meio básico. O fato de o produtor que utiliza cultura hidropônica constatar que o *pH* da solução

EM MODERNA

nutritiva era próximo de 8 deve ser interpretado como: o meio aquoso é ligeiramente alcalino. Para que seja possível modificar esse *pH* para que fique entre 5,5 e 6,5, é necessário adicionar uma substância ácida ao meio, mas não extremamente ácida, promovendo apenas ligeira acidificação. Assim, espera-se que os estudantes concluam que a possibilidade de adicionar vinagre à solução é uma possibilidade para solucionar o problema.

Você pode aproveitar essa atividade para enfatizar que medições de *pH* são rotineiras na verificação da acidez de meios aquosos em diversas situações, como tratamento municipal de água, controle de qualidade da água de piscinas e aquários, produção de medicamentos que estejam em solução aquosa, correção da acidez de solos destinados à agricultura, verificação da acidez ou alcalinidade de soluções nutritivas em culturas hidropônicas e diversas outras aplicações industriais e laboratoriais.

Aplicando conhecimentos

9 O valor constatado pelo técnico, que é de 6,5, corresponde a um meio mais ácido do que deveria ser (7,2 a 7,8). Assim, é necessário acrescentar à piscina um produto que neutralize a ligeira acidez do meio e o faça ficar com o *pH* resultante ligeiramente maior que 7 (meio ligeiramente alcalino). Para isso, o técnico deve escolher, portanto, o produto básico dentre os dois que tem à sua disposição.

10 $2\,HCl(aq) + Ca(OH)_2(s) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l)$

11 **a)** Segurança alimentar é ter acesso permanente a alimentos em quantidade suficiente e de qualidade adequada, sendo um direito de todo cidadão. O ideal é que a segurança alimentar esteja fundamentada em práticas de alimentação que promovam a saúde, respeitem e valorizem a diversidade cultural e sejam sustentáveis do ponto de vista ambiental, econômico, cultural e social.

b) Quando a água contendo sais dissolvidos é usada para irrigar uma plantação, a evaporação subsequente dessa água não é acompanhada pela evaporação dos sais, que permanecem no solo. Assim, a irrigação excessiva promove um aumento exagerado da quantidade de sais no solo, sendo esse processo denominado salinização do solo. A concentração de sais na água usada em irrigação é um fator importante a se considerar quando se fala nesse problema, pois quanto maior for essa concentração e mais frequente for a irrigação, maior será a tendência de ocorrer salinização do solo.

c) Nas regiões onde há chuvas regulares não há necessidade de irrigação, pois o solo recebe naturalmente quantidade suficiente de água. Como a concentração de sais na chuva é baixíssima ou nula, quando essa água evapora do solo, não deixa nele resíduos apreciáveis de substâncias salinas. Considerando-se o ciclo da água, podemos dizer que a água da chuva não apresenta sais porque, quando a água de mares, rios e lagos evapora (resultando vapor de água que posteriormente condensará e formará nuvens), os sais não evaporam junto. A única exceção a isso é em regiões próximas ao mar, pois nessas áreas existe maresia, que consiste de gotículas de água do mar dispersas na atmosfera por ação do vento. Quando chove, essas gotículas suspensas no ar são arrastadas pela chuva e se incorporam a ela, fazendo com que passe a conter baixa concentração de sais.

12 **a)** Espera-se que os estudantes concluam, fundamentados também na atividade anterior, que a aplicação de quantidades elevadas de fertilizante sem orientação adequada pode acarretar salinização do solo, pois os compostos presentes nos fertilizantes químicos são sais, como se deduz do enunciado. A salinização do solo prejudica a absorção de água pelas raízes das plantas, dificultando ou impedindo o desenvolvimento dessas formas de vida no local. Assim, a salinização do solo pode torná-lo infértil.

b) KNO_3: cátion K^+ e ânion NO_3^-.
$NaNO_3$: cátion Na^+ e ânion NO_3^-.
$CaSO_4$: cátion Ca^{2+} e ânion SO_4^{2-}.
$Ca_3(PO_4)_2$: cátion Ca^{2+} e ânion PO_4^{3-}.
NH_4Cl: cátion NH_4^+ e ânion Cl^-.
NH_4NO_3: cátion NH_4^+ e ânion NO_3^-.
$(NH_4)_2SO_4$: cátion NH_4^+ e ânion SO_4^{2-}.
$(NH_4)_3PO_4$: cátion NH_4^+ e ânion PO_4^{3-}.

c) KNO_3: nitrato de potássio
$NaNO_3$: nitrato de sódio
$CaSO_4$: sulfato de cálcio
$Ca_3(PO_4)_2$: fosfato de cálcio
NH_4Cl: cloreto de amônio
NH_4NO_3: nitrato de amônio
$(NH_4)_2SO_4$: sulfato de amônio
$(NH_4)_3PO_4$: fosfato de amônio

d) Espera-se que os estudantes, em sua pesquisa, descubram que na agricultura orgânica os fertilizantes químicos são substituídos por restos de organismos em decomposição. Ocorrendo sob a catálise enzimática de grande diversidade de seres decompositores, essa decomposição libera no solo nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, sendo uma alternativa que se aproxima dos ciclos naturais de matéria, diferentemente dos fertilizantes químicos, que fornecem os nutrientes geralmente em uma forma absorvível, em solução aquosa, pelas raízes. Assim sendo, os adubos de origem orgânica, por não serem constituídos de sais, não contribuem para a salinização do solo. Além disso, favorecem a produção de húmus e a retenção de umidade pelo solo, aspectos que também favorecem a fertilidade.

Estimule os estudantes a pesquisar diferentes opiniões acerca da utilização de fertilizantes químicos *versus* adubos orgânicos que estejam adequadamente embasadas em aspectos científicos, tecnológicos e legais. Saliente para atentarem a aspectos como produtividade, viabilidade de uso em larga escala e consequências ambientais.

MODERNA

Julgando conveniente, proponha a eles que, em equipes, elaborem um vídeo tratando desse tema, no qual distingam diferentes pontos de vista sobre o assunto e se posicionem a respeito dessa polêmica, com ética e responsabilidade. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do Livro do Estudante.)

13 **a)** $(Fe^{2+})_1(OH^-)_2 \Rightarrow Fe(OH)_2$
$(Fe^{3+})_1(OH^-)_3 \Rightarrow Fe(OH)_3$

b) A transformação do hidróxido de ferro(II) e do hidróxido de ferro(III) em sais solúveis favorece sua remoção da peça. As equações representativas são:
$2\,HCl(aq) + Fe(OH)_2(s) \rightarrow FeCl_2(aq) + 2\,H_2O(l)$
$3\,HCl(aq) + Fe(OH)_3(s) \rightarrow FeCl_3(aq) + 3\,H_2O(l)$

14 **a)** Antes de equacionar a reação, vamos deduzir as fórmulas das substâncias mencionadas. A fórmula do reagente é:
Bicarbonato de sódio: $(Na^+)_1(HCO_3^-)_1 \Rightarrow NaHCO_3$
As fórmulas dos produtos são:
Carbonato de sódio: $(Na^+)_2(CO_3^{2-})_1 \Rightarrow Na_2CO_3$
Gás carbônico ou dióxido de carbono: CO_2
Água: H_2O
A equação balanceada é:
$2\,NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(g) + CO_2(g)$

b) Espera-se que os estudantes concluam que o extintor não é apropriado para uso quando o fogo já superou a fase de pequeno foco inicial, pois não há possibilidade de extinção usando esse tipo de equipamento, o que coloca o operador em risco. Assim, a recomendação do enunciado se justifica em razão de o extintor ser apropriado apenas para debelar o fogo em casos em que ele é bem pequeno.

15 **a)** Hidróxido de cálcio: $(Ca^{2+})_1(OH^-)_2 \Rightarrow Ca(OH)_2$
Hidróxido de sódio: $(Na^+)_1(OH^-)_1 \Rightarrow NaOH$

b) $Na_2CO_3(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow$
$\rightarrow CaCO_3(s) + 2\,NaOH(aq)$

c) O $CaCO_3$ é denominado carbonato de cálcio.

d) O $CaCO_3$ ocorre naturalmente como componente de calcário, mármore, pérolas, conchas de moluscos e casca de ovos de aves e de répteis.

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**
- **EM13CNT304**

As atividades 11 e 12 do *Aplicando conhecimentos* possibilitam trabalhar a habilidade **EM13CNT205** da BNCC, pois requerem interpretar resultados e realizar previsões sobre fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo-os como pertinentes aos limites explicativos das ciências.

A atividade 12 também possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT304** porque estimula os estudantes a analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza, no caso a diferença entre aplicar fertilizantes químicos ou adubos orgânicos, com base em argumentos consistentes e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

7. Óxidos

Este item apresenta a conceituação de óxido e comenta inicialmente dois grandes grupos: os óxidos moleculares e os óxidos iônicos. No caso dos óxidos moleculares, alguns exemplos são apresentados, dada a dificuldade de, neste nível de escolaridade, prever tais fórmulas. No caso dos óxidos iônicos, é mencionada a presença do ânion O^{2-} (íon óxido), o que possibilita aos estudantes formular o óxido com fundamentação na carga do cátion e na neutralidade elétrica do composto iônico.

A seguir, o item comenta a existência de óxidos ácidos, óxidos básicos e óxidos neutros, exemplificando-os. A Figura 18 é bastante ilustrativa, apresentando dois experimentos clássicos, um referente ao dióxido de carbono e outro ao óxido de cálcio. Algumas das implicações ambientais dos óxidos serão trabalhadas pelos estudantes no *Aplicando conhecimentos* mais à frente.

Neste item, são apresentadas duas *Atividades em grupo*, comentadas a seguir.

Atividade em grupo

Ao realizarem a pesquisa sugerida na primeira *Atividade em grupo* do Item 7, espera-se que os estudantes descubram que Florence Bascom nasceu em 1862 nos Estados Unidos. Ela foi a primeira mulher a obter um grau de doutorado (Ph. D.) na Universidade Johns Hopkins. Devido às atitudes discriminatórias em relação ao sexo feminino naquela época, ela foi forçada a assistir às aulas atrás de um anteparo. Este é um episódio emblemático de uma série de dificuldades enfrentadas pelas mulheres no passado, algumas das quais ainda existem na sociedade atual, em várias partes do mundo. Apesar das dificuldades, Florence Bascom, a segunda mulher a obter um doutoramento na área de Geologia nos Estados Unidos, realizou diversas conquistas profissionais e tornou-se símbolo de determinação na conquista pela igualdade de gênero na sociedade.

A pesquisa a respeito da vida dessa cientista é, no caso, um pretexto para que os estudantes possam se expressar acerca da discriminação em relação à mulher no mercado de trabalho e outras formas de discriminação contra o sexo feminino na sociedade atual. A atividade deixa à escolha da equipe a forma de manifestação (cartaz digital, *blog*, *podcast* ou vídeo), que se espera poder levar esse debate para a comunidade.

Incentive os estudantes a procurarem – na Constituição, nos regulamentos profissionais e nos códigos de ética dos conselhos federais ligados às diversas profissões e/ou nos códigos de conduta de diversas empresas – citações que explicitem a igualdade entre homens e mulheres em todos os aspectos, o que inclui oportunidades educacionais, profissionais, sociais e econômicas, entre outras.

Estimule-os também a perceber, em sua pesquisa, eventuais discursos discriminatórios fundamentados em argumentos inválidos e em dados científicos incorretos ou propositalmente distorcidos, o que contribui para que desenvolvam a capacidade de perceber discursos enganosos e argumentações falaciosas.

MODERNA

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **EM13CNT305**
- **EM13CHS502**

A *Atividade em grupo* comentada anteriormente possibilita que a habilidade **EM13CNT302** da BNCC seja desenvolvida, por se tratar de um trabalho em que os estudantes devem comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises e pesquisas, interpretando e elaborando textos, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de tema de relevância sociocultural.

Também entra em cena aqui a percepção de que diferenças biológicas entre indivíduos não podem ser usadas como pretexto para atitudes discriminatórias e que discursos falaciosos, que pretensamente se fundamentam em fatos científicos, não podem ser aceitos como justificativa para tais atitudes. Assim, a atividade contribui também para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT305**, já que envolve 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, e **EM13CHS502**, pois estimula os estudantes a analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação.

Atividade em grupo

Nesta segunda *Atividade em grupo* do Item 7, cada equipe está incumbida de fazer um ou mais vídeos de divulgação científica referentes à importância da Ciência e da tecnologia para os indivíduos e a sociedade, destacando exemplos da Química Inorgânica e das tecnologias a ela associadas. Essa modalidade de trabalho vai ao encontro do preconizado na BNCC, que afirma ser atribuição da escola possibilitar aos estudantes "apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos e apropriar-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluentes em sua utilização" (BNCC, 2018, p. 467).

O engajamento na produção desse tipo de vídeo gera comprometimento dos estudantes com a atividade e pretende motivar a busca por informações referentes às substâncias inorgânicas, suas características, importância, produção e aplicabilidade. Procure despertar o interesse de cada um para conhecer a presença dessas substâncias no cotidiano, sobre o que cabe lembrar que a "contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas. Sendo assim, a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras" (BNCC, 2018, p. 549).

Estimule os estudantes a também investigar a toxicidade de alguns compostos inorgânicos e/ou decorrentes de sua produção ou descarte incorreto, bem como a propor soluções para os problemas decorrentes das tecnologias associadas às substâncias inorgânicas, argumentando em favor de suas propostas. Valorize as iniciativas nesse sentido e ressalte, na discussão em sala, que as evoluções tecnológicas frequentemente trazem vantagens e desvantagens, o que torna necessária permanente atenção da sociedade aos prós e contras de todas as inovações tecnológicas.

De olho na BNCC

- **EM13CNT104**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT306**
- **EM13CNT307**
- **EM13CNT309**

A segunda *Atividade em grupo* do Item 7, em que as equipes deverão produzir vídeos de divulgação científica sobre a importância da substâncias inorgânicas propicia oportunidade pedagógica para desenvolver várias habilidades da BNCC: **EM13CNT104**, pois envolve 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; **EM13CNT203**, já que requer, no caso de substâncias que podem ter efeito ambiental deletério, avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano; **EM13CNT303**, posto que é necessário interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações; **EM13CNT306**, uma vez que envolve avaliar os riscos envolvidos em algumas atividades cotidianas, como exposição a produtos tóxicos, 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; **EM13CNT307**, haja vista que a atividade permite analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações; e **EM13CNT309**, porque os estudantes podem 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 de materiais.

Aplicando conhecimentos

16 Das quatro substâncias apresentadas, SiO_2 e B_2O_3 são óxidos, pois são constituídos de dois elementos químicos em que um deles é o oxigênio e o outro não é o flúor. As outras duas substâncias apresentadas, Na_2CO_3 e $CaCO_3$, não são óxidos, pois são constituídas de três elementos químicos. Esses dois compostos são classificados como sais.

17 **a)** O dióxido de carbono é constituído de moléculas, que apresentam a composição CO_2, ou seja, cada molécula é constituída de três átomos, sendo um do elemento químico carbono e dois do elemento

EM NEGRITO

químico oxigênio.

b) O óxido de cálcio é um composto iônico, constituído de íons Ca^{2+} e O^{2-}.

c) O dióxido de carbono confere caráter ácido quando dissolvido em água, o que se deve à sua reação com esse solvente, produzindo íons $H_3O^+(aq)$. A equação dessa reação é:

$CO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$

O óxido de cálcio confere caráter alcalino a uma solução aquosa devido à reação com o solvente, assim equacionada:

$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$

18 a) Pensando estritamente no *pH* mencionado, a chuva é ligeiramente ácida, pois apresenta $pH < 7$.

b) Diante das informações apresentadas, espera-se que os estudantes concluam que uma precipitação atmosférica considerada chuva ácida é aquela que apresenta *pH* menor que 5,6. Em decorrência do texto citado e das equações apresentadas, os estudantes devem mencionar como ácidos responsáveis pelo fenômeno da chuva ácida o H_2SO_4 (ácido sulfúrico) e o HNO_3 (ácido nítrico). Convém que o docente esteja ciente de que existem mais dois ácidos responsáveis pela acidez da chuva, que são o H_2SO_3 (ácido sulfuroso) e HNO_2 (ácido nitroso). Contudo, são ácidos semifortes (ou moderados), ao contrário dos dois citados anteriormente, que são ácidos fortes.

19 a) $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$ (equação III)

b) $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$ (equação IV)

c) $SO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HSO_3^-(aq)$ (equação V)

$SO_3(g) + 3H_2O(l) \rightarrow 2H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ (equação VI)

d) $Na_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2Na^+(aq) + 2OH^-(aq)$ (equação I)

$K_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2K^+(aq) + 2OH^-(aq)$ (equação II)

20 O monóxido de carbono (CO) é um poluente extremamente tóxico porque, uma vez inalado, liga-se ao íon Fe^{2+} presente na hemoglobina, justamente o sítio de ligação onde o O_2 deveria se combinar para formar a oxi-hemoglobina, por meio da qual a circulação distribui O_2 aos tecidos do organismo (para que as células realizem respiração celular). Quando a hemoglobina está ligada à molécula de CO, conjunto denominado carboxi-hemoglobina, deixa de haver funcionalidade da proteína no transporte de gás oxigênio aos tecidos corporais. Assim, o envenenamento por CO pode causar uma série de consequências decorrentes da baixa oxigenação, que vão desde dor de cabeça, turvação da visão e irritabilidade até estado de coma e morte. Como parte das ações que se espera que os estudantes proponham, estão não permanecer em locais poluídos, não deixar motores de automóveis ligados em garagens mal ventiladas ou túneis com trânsito parado e não permanecer próximo ao cano de escapamento de veículos automotores ligados.

CAPÍTULO 7 Concentração de soluções

Metas do capítulo

- Saber o que é um balão volumétrico e sua função.
- Conhecer o método de preparo de uma solução aquosa.
- Reconhecer a importância de interações dos tipos íon-dipolo e ligação de hidrogênio na dissolução de substâncias em água.
- Expressar a concentração de uma solução em massa do soluto por volume de solução.
- Saber a relação entre título em massa e porcentagem em massa, bem como entre título em volume e porcentagem em volume.
- Perceber a utilidade de expressar concentração de solução em partes por milhão no caso de soluções muito diluídas.
- Interpretar corretamente informações de concentração presentes em rótulos de produtos que sejam soluções, por exemplo água mineral.
- Operacionalizar cálculos fundamentais envolvendo concentração de soluções.
- Compreender o que é diluição de uma solução, qual é a utilidade desse procedimento e como determinar a concentração de uma solução após ser diluída.

Sugestões didáticas e comentários

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

A abertura do capítulo apresenta uma situação-problema referente a uma médica que prescreveu um fármaco (princípio ativo medicamentoso) que deverá ser administrado a um paciente, por via endovenosa, em dose de 250 mg a cada 8 horas. O medicamento está disponível, para essa via de administração, em solução aquosa de concentração 50 g/L. A pergunta aos estudantes é: Qual é o volume de solução que deve ser administrado a cada 8 horas? E se a dose for aumentada para 1.000 mg, qual será o novo volume?

Estimule os estudantes a responder e a registrar as respostas. Retorne a elas após trabalhar o Item 3 do capítulo, no qual se apresenta o raciocínio que conduz à resposta.

MODELO

Solução é qualquer mistura homogênea. Já que o soluto está homogeneamente distribuído em todo o volume da solução, ao se retirar uma amostra dela, a quantidade de soluto presente nessa amostra será proporcional ao volume da amostra. (Também a quantidade de solvente existente na amostra é proporcional ao volume dela.) Assim, pode-se dizer que, em uma dada solução, há uma relação constante entre a quantidade de soluto e a quantidade de solvente (ou, também, entre a quantidade de soluto e a quantidade de solução). A meta do capítulo é trabalhar algumas das maneiras de expressar essa relação, que pode envolver as quantidades de soluto e de solução expressas, respectivamente, em massa e volume, massa e massa ou volume e volume, conforme a conveniência da situação. É justamente por meio desse tipo de relação que é possível responder aos questionamentos da abertura, o que é feito no final do Item 3.

A fim de conduzir uma discussão inicial a respeito da existência de uma proporcionalidade entre soluto e solução, sugira aos estudantes que considerem uma limonada que foi bem homogeneizada após o preparo e não contém sólidos em suspensão. Se retirarmos uma amostra dela com uma colher de chá e a experimentarmos, sentiremos o mesmo gosto que sentiríamos ao provar uma amostra um pouco maior, retirada com uma colher de sopa. Por quê? Uma amostra dessa limonada retirada da metade inferior do copo tem o mesmo sabor que outra amostra proveniente da metade superior. Isso tem a ver com qual característica das soluções?

As respostas permitem verificar quais ideias prévias, cientificamente plausíveis ou não, os estudantes têm sobre o tema concentração das soluções, o que ajudará a planejar a intervenção pedagógica necessária ao seu desenvolvimento. Na retomada dessa conversa inicial, ao longo do capítulo, espera-se que os estudantes associem a intensidade do sabor doce e azedo da limonada à concentração de solutos e que saibam que, em uma solução, a relação entre a quantidade de determinado soluto e a quantidade de solução é constante, qualquer que seja a porção considerada. Assim, uma amostra retirada com colher de chá e outra, retirada com colher de sopa, têm o mesmo gosto. Pela mesma razão, sabores idênticos são sentidos quer se retire a amostra da metade superior do copo, quer da metade inferior.

Na Figura 1, utilizamos expedientes de pensamento computacional (por exemplo, divisão em partes, tomada de decisões e estruturação do raciocínio de forma algorítmica) para organizar algumas ideias introdutórias e expressá-las em um fluxograma. (Veja texto sobre *pensamento computacional* na parte inicial deste Suplemento do Professor.) Se julgar oportuno, discuta-o com os estudantes, o que ajuda a desenvolver a capacidade de interpretar esse tipo de representação, muito usada em algumas áreas da Ciência e tecnologia para automação e/ou tomada de decisões em cenários que se repetem.

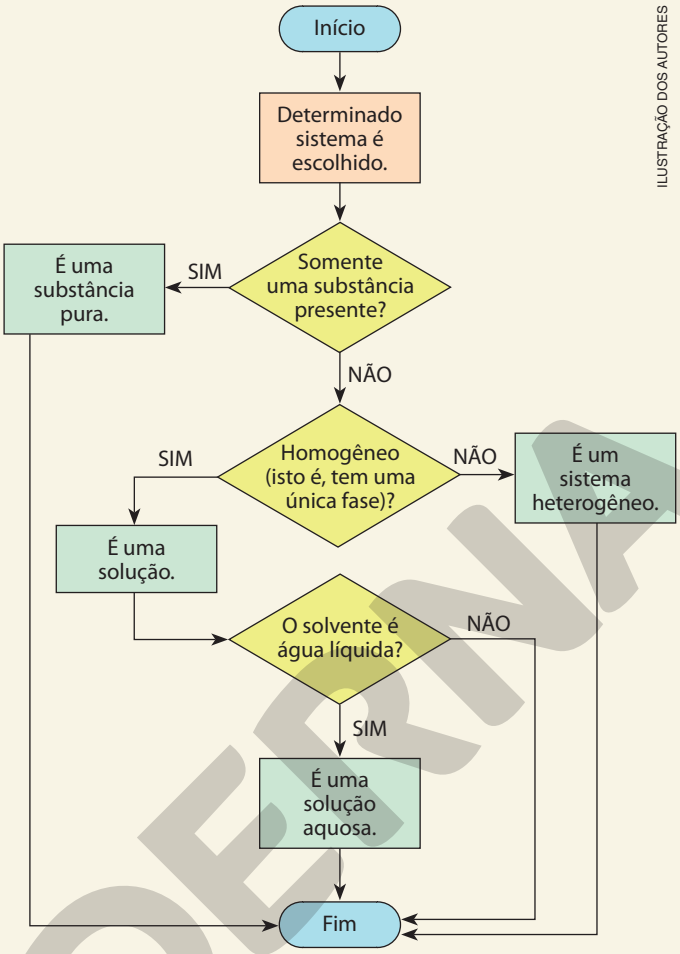


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Figura 1 Organização de ideias introdutórias ao capítulo por meio de um fluxograma.

1. Aspectos introdutórios

Neste item, são apresentados alguns equipamentos de vidro que possibilitam medidas de volume. A parte mais importante dessa apresentação refere-se ao balão volumétrico e à pipeta volumétrica. Explique para que serve o traço de aferição (marca indicativa que existe nos instrumentos mencionados) e a razão de a temperatura de utilização estar indicada nessas vidrarias: a dilatação ou a contração térmicas do vidro fariam o volume medido ser inexato.

O item é finalizado com uma sequência de cinco fotografias que ilustram a preparação de uma solução aquosa de sulfato de cobre(II). Discuta detalhadamente com eles esse preparo, pois é essencial para, no Item 3, propiciar a compreensão de como expressar a concentração de uma solução por meio da massa de soluto em certo volume de solução.

Em destaque

Esse texto aparece antes da sequência de fotografias que encerra o Item 1. Sua leitura e interpretação em sala possibilitam discutir o procedimento de preparo de uma solução aquosa em laboratório. Como parte da interpretação do texto, são propostas duas perguntas aos estudantes cujas respostas estão a seguir.

MODERNA

1. A adição de água a soluções concentradas de ácidos ou a bases sólidas geralmente provoca desprendimento de quantidade significativa de calor (a dissolução dessas substâncias em água é um processo exotérmico), o que aquece muito a solução e pode comprometer a calibração do balão volumétrico.
2. A liberação de calor no preparo dessas soluções é tão grande que pode provocar a violenta ebulição, espirrando solução ácida ou básica no indivíduo, o que pode causar lesões graves na pele e nos olhos.

2. Soluções e interações intermoleculares

Aqui, o capítulo discute a formação de soluções aquosas, ressaltando a importância do estabelecimento de interações atrativas entre as moléculas de água e as partículas de soluto que se dispersam nesse solvente.

Convém retomar com os estudantes o que foi discutido sobre interações íon-dipolo no Capítulo 6, enfatizando que partículas como os íons Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cl^-, Br^- e I^- provêm de solutos iônicos que se dissociam em água (por exemplo, hidróxidos de metais e sais) ou de solutos que se ionizam em meio aquoso (por exemplo, ácidos). A solvatação desses íons requer o estabelecimento de interações íon-dipolo com moléculas de água, sendo, nesses casos, denominada hidratação. Comente que outros líquidos polares (por exemplo, metanol, CH_3OH, etanol, CH_3CH_2OH, e dimetilsulfóxido, $(CH_3)_2SO$) também podem dissolver alguns compostos iônicos, solvatando seus íons porque também estabelecem esse tipo de interação. No caso desses outros solventes, contudo, a solvatação não é denominada hidratação. Use na discussão a Figura 4 do capítulo, que mostra uma representação genérica das interações íon-dipolo.

Também é importante uma retomada do tema ligações de hidrogênio, abordado no Capítulo 3. Isso facilita discutir que, no caso de partículas de soluto que apresentem átomo do elemento químico hidrogênio ligado a átomo de flúor, oxigênio ou nitrogênio e/ou que apresentem átomo de um ou mais desses três elementos com par eletrônico não compartilhado, ocorre estabelecimento de ligações de hidrogênio com as moléculas de água. É o caso de moléculas como CH_3OH (metanol), CH_3CH_2OH (etanol), CH_4N_2O (ureia), H_3CCOCH_3 (propanona, ou acetona), H_3COCH_3 (éter dimetílico) e $C_6H_{12}O_6$ (glicose), ou de íons (provenientes de ionização de dissociação iônica) como NO_3^- (nitrato), SO_4^{2-} (sulfato), hidróxido (OH^-), amônio (NH_4^+) e oxônio (H_3O^+). Aproveite a Figura 5 do capítulo para exemplificar a ocorrência dessas interações.

Sugestão de atividade complementar

Um experimento clássico da Química que permite que os estudantes elaborem hipóteses relacionadas aos modelos de formação de soluções é descrito em SIMONI, J. A.; TUBINO, M. Chafariz de amônia com materiais do dia a dia: uma causa inicial... quantos efeitos? *Química Nova na Escola*, n. 16, nov. 2002, p. 45-49. Esse texto é disponibilizado na internet e pode ser encontrado buscando pelo nome dos autores e título.

O artigo descreve um experimento para demonstrar vários fenômenos relacionados ao experimento "chafariz de amônia", que foi adaptado para realização com materiais de baixo custo. Em função da periculosidade de um dos reagentes empregados (NaOH) e do gás produzido (NH_3), sugerimos que seja **realizado de modo demonstrativo** pelo professor. Os autores indicam os **cuidados experimentais** necessários e comentam diversas opções para o encaminhamento didático, explorando diferentes possibilidades que o experimento oferece.

Um ponto de grande relevância na realização desta atividade é que os estudantes podem elaborar hipóteses fundamentadas na grande solubilidade da amônia em água, que se deve ao estabelecimento de ligações de hidrogênio entre o soluto e o solvente. Além desse fator, eles podem também considerar que a fração da amônia dissolvida que se ioniza produz íons (amônio e hidróxido) que também são muito eficientemente solvatados pela água devido à formação de ligações de hidrogênio.

De olho na BNCC

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

O papel das interações intermoleculares em diferentes fenômenos já foi explorado nos Capítulos 3 e 6. O Item 2 deste capítulo amplia o tratamento feito no Capítulo 6 acerca de fatores envolvidos na solubilização e possibilita desenvolver a habilidade **EM13CNT101** da BNCC, pois permite aos estudantes analisar e representar transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria; no caso, a formação de soluções a partir de soluto e solvente puros.

A *Sugestão de atividade complementar* também propicia o trabalho com a habilidade **EM13CNT101**, permitindo ainda o desenvolvimento da **EM13CNT301**, já que se trata de uma situação para construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, representar e interpretar modelos explicativos e resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

3. Concentração de uma solução

Um ponto importante neste capítulo é capacitar os estudantes à correta interpretação de informações contidas em rótulos que expressem concentração de soluções. Esse será o tema do *Dialogando com o texto* e da *Atividade em grupo* que aparecem neste item. Em função disso, antes de iniciar a abordagem deste Item 3, proponha aos estudantes que, utilizando fontes confiáveis de informação, recordem as relações existentes entre as principais unidades de massa (mg, g, kg, t) e registrem-nas no caderno; depois, peça-lhes que façam o mesmo para as principais unidades de volume (mL, cm^3, L, dm^3, m^3). Essas relações serão importantes para todo o desenvolvimento do capítulo. Como um modo possível de organizar essas relações, temos, para unidades de massa:

$1\ mg = 10^{-3}\ g$
$1\ kg = 10^3\ g$
$1\ t = 10^3\ kg = 10^6\ g$

E, para unidades de volume:

$1\ mL = 1\ cm^3$
$1\ L = 1\ dm^3 = 10^3\ mL = 10^3\ cm^3$
$1\ m^3 = 10^3\ L$

Retomando o que se sugeriu abordar na abertura do capítulo, este item formaliza a ideia de que, em uma dada solução, há uma relação constante entre a quantidade de soluto e a quantidade de solução, possibilitando entender frases como "há 50 g de soluto em 1 L de solução". Referimo-nos frequentemente ao volume de solução (e não ao volume de solvente) como decorrência do modo como as soluções são preparadas. É oportuno que o professor demonstre em aula a preparação de uma solução, usando o procedimento descrito no Item 1. Dissolva uma amostra de 50 g de cloreto de sódio, inicialmente, com um pouco de água destilada em um béquer. Transfira essa solução integralmente para um balão volumétrico de 1 L e adicione mais água destilada até a marca indicativa no pescoço do balão. Mostre aos estudantes essa marca e comente que a leitura correta deve ser feita de acordo com a Figura 2 do Livro do Estudante. Tampe o balão e agite-o algumas vezes para homogeneizar.

Feita a solução, pode ser elaborada uma frase que descreve sua composição – "há 50 g de cloreto de sódio dissolvidos em um litro de solução aquosa" –, e essa frase pode ser passada para uma linguagem científica: "NaCl (aq) 50 g/L".

Quando os estudantes acompanham o preparo dessa solução, percebem com muito mais facilidade como estaria incorreta, referindo-se a essa solução, uma descrição como "há 50 g de cloreto de sódio em um litro de água". Todo o restante do desenvolvimento do item é facilitado a partir dessa compreensão inicial.

Em seguida, sugerimos mostrar aos estudantes a equivalência entre 50 g/L e 50 mg/mL (veja essa demonstração no Livro do Estudante) e, por fim, resolver com o grupo a situação-problema proposta na página de abertura do capítulo da maneira apresentada no final do item. Saliente que o raciocínio envolvido fundamenta-se na proporcionalidade entre massa de soluto e volume de solução, tal como indicado no cabeçalho (em azul) das regras de três realizadas.

Dialogando com o texto

Nesta atividade, os estudantes deverão pesquisar a composição química de uma água mineral e registrar a concentração dos íons presentes. A atividade possibilita a retomada de assuntos tratados no Capítulo 6 (sais e dissociação iônica) e a busca pelas denominações desses íons. Além disso, com base em uma situação concreta, trabalharão a conversão de mg/L para g/L. Isso porque, na grande maioria dos casos, a composição de águas minerais é expressa (no rótulo ou no *site* do produtor) em mg/L e a atividade solicita as concentrações em g/L.

Caso precise auxiliar os estudantes na sistemática da conversão, você pode exemplificar assim: digamos que a concentração de íons sódio em determinada água mineral seja 6,34 mg/L. Isso significa que, em um litro de solução, há 6,34 mg desse íon. Assim:

Massa de Na^+ (em mg)		**Massa de Na^+ (em g)**		
1.000 mg	——	1 g	}	$\Rightarrow \quad x = 0{,}00634$ g
6,34 mg	——	x		

Então, a concentração 6,34 mg/L de íons Na^+ equivale a 0,00634 g/L.

Espera-se que os estudantes apresentem na atividade um resultado como o exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplificação de resultado esperado para a atividade proposta no *Dialogando com o texto* do Item 3.

Íon	Fórmula	C (mg/L)	C (g/L)
Bicarbonato	HCO_3^-	41,21	0,04121
Sódio	Na^+	6,34	0,00634
Cálcio	Ca^{2+}	5,82	0,00582
Nitrato	NO_3^-	2,67	0,00267
Potássio	K^+	2,64	0,00264
Magnésio	Mg^{2+}	1,58	0,00158
Sulfato	SO_4^{2-}	0,96	0,00096
Cloreto	Cl^-	0,68	0,00068
Fluoreto	F^-	0,10	0,00010
Fosfato	PO_4^{3-}	0,05	0,00005

Fonte consultada: Serviço Geológico do Brasil, Laboratório de Análises Minerais (Lamin), Boletim 5 jul. 2017.

Atividade em grupo

Assim como o *Dialogando com o texto*, esta atividade visa ao desenvolvimento da capacidade de interpretar rótulos.

Como os dados apresentados aos estudantes para interpretação incluem a densidade da solução, está criada a oportunidade para que você esclareça que essa grandeza não é propriamente uma unidade para expressar a concentração da solução, mas é influenciada por ela. A densidade é a relação entre duas propriedades da solução como um todo – a massa e o volume –, que dependem do solvente, do(s) soluto(s) e da concentração desse(s) soluto(s).

Conhecer a densidade, a uma certa temperatura, permite avaliar a massa total de solução em um dado volume, medido nessa mesma temperatura. Por sua vez, conhecer a massa total de solução em certo volume é essencial para realizar a conversão entre certas unidades, por exemplo entre porcentagem em massa do soluto e concentração em g/L (realizada mais à frente, por exemplo na atividade 6 do *Aplicando conhecimentos*). A presente atividade é essencial nesse contexto.

Ressalte aos estudantes que, embora densidade e concentração em g/L sejam relações de massa por volume, são grandezas distintas. A densidade relaciona a **massa total** de uma amostra de solução e o volume dessa amostra. Já a concentração em g/L relaciona a **massa de soluto** presente em uma amostra de solução e o volume dessa amostra.

EDITORIA

No tocante às perguntas feitas na atividade, espera-se que as equipes cheguem ao seguinte:

- O solvente é água (H_2O) e o soluto é nitrato de potássio (KNO_3).
- A massa de soluto em 500 cm^3 (0,5 L) da solução é 42,0 g (que é metade da massa presente em 1 L de solução).
- O volume de solução que contém 21,0 g de soluto é 250 mL (ou 0,250 L), conforme a proporcionalidade:

Soluto		Solução
84,0 g	——	1.000 mL
21,0 g	——	V

$\Rightarrow \quad V = 250$ mL

- A densidade informa que 1 cm^3 dessa solução tem massa 1,050 g. Assim, 1,0 L (1.000 cm^3) tem massa 1.050 g, ou 1,050 kg.
- A concentração informa que cada litro de solução contém 84,4 g de soluto.
- Sendo conhecida a massa de 1,0 L de solução (1.050 g) e a massa de soluto presente nesse volume (84 g), deduzimos que a massa de água é igual a 1.050 g menos 84 g, ou seja, 966 g.

A seu critério, inclua na atividade a pergunta: que porcentagem da massa da solução deve-se ao soluto? Ao refletirem sobre a resposta, os estudantes já poderão perceber a possibilidade de expressar a concentração de outro modo (porcentagem em massa de soluto, tema abordado mais à frente, neste capítulo). Além disso, estarão debatendo um modo de converter de g/L para porcentagem em massa. Como são conhecidas a massa de 1,0 L de solução (1.050 g) e a respectiva massa de soluto presente (84 g), temos:

Massa		Porcentagem
1.050 g	——	100%
84,0 g	——	p

$\Rightarrow \quad p = 8{,}0\%$

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**

A *Atividade em grupo* permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303** da BNCC, pois, ao se tornarem capazes de interpretar as informações de rótulos de frascos de laboratório, adquirem também a habilidade de fazer o mesmo tipo de interpretação com dados sobre concentração de soluções apresentados em textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando que esses dados possam ser apresentados de diferentes modos. Isso contribui também para construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informação.

Atividade prática

Nesse experimento, os estudantes construirão, com uma tampa de caneta esferográfica e massa de modelar, um dispositivo que pode comparar semiquantitativamente a densidade de soluções aquosas.

No copo 4, no qual esse dispositivo flutuará na água líquida, apenas pequena porção da extremidade ficará acima do líquido, conforme ilustra a Figura 7 do capítulo. Nos demais copos, em que haverá água com sal, os estudantes observarão que uma porção maior do dispositivo ficará acima do nível da solução, sendo essa porção tanto maior quanto mais concentrada for a solução aquosa de sal.

Assim, a expectativa é de que concluam, por meio da análise dos resultados, que, quanto maior a concentração de sal na solução, maior a densidade da mistura, o que acarreta maior volume do dispositivo acima do nível do líquido. Dessa maneira, terão condições de deduzir que a sequência crescente de densidade dos líquidos é copo 4 < copo 1 < copo 2 < copo 3. Isso responde parte dos questionamentos propostos na atividade.

Os outros questionamentos feitos referem-se ao instrumento de medida chamado densímetro. Após pesquisarem sobre esse instrumento, os estudantes poderão concluir que o experimento consiste, de fato, na construção de um densímetro.

Existe mais de um modo de determinar a densidade de uma porção de matéria. Podemos, por exemplo, medir a massa e o volume e dividir uma grandeza pela outra. No caso de amostras líquidas, como é o caso das soluções aquosas, um método bastante conveniente é usar o densímetro. Trata-se de um tubo que flutua nos líquidos em geral. Quanto maior a densidade do líquido, maior a parte do densímetro que fica acima da superfície. A densidade do líquido é lida, em uma escala graduada que existe no densímetro, observando-se que valor da escala corresponde ao nível do líquido.

Vamos exemplificar a utilização desse dispositivo, considerando a urina, uma solução aquosa em que há diversos solutos, entre os quais alguns dos mais abundantes são a ureia, o ácido úrico, a creatinina (esses três provenientes da metabolização de substâncias que contêm o elemento químico nitrogênio – como é o caso dos aminoácidos – e subsequente excreção renal) e o cloreto de sódio. A densidade da urina de um indivíduo saudável, medida a 25 °C, situa-se na faixa de 1,01 g/cm^3 a 1,03 g/cm^3. Algumas doenças, como o diabetes, podem provocar alterações nessa densidade. Pacientes diabéticos produzem urina contendo concentração apreciável de glicose, o que faz com que a densidade dessa solução seja maior que a normal. Essa densidade pode ser determinada com um densímetro apropriado (Fig. 2).

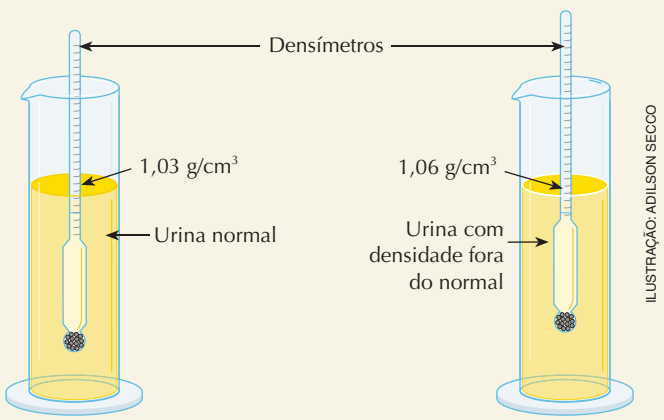


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 2 Exemplificação do uso de densímetro na determinação de densidade de líquidos; no caso, amostras de urina. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: BETTELHEIM, F. A. *et al. Introduction to General, Organic and Biochemistry*. 10. ed. Belmont: Brooks/Cole, 2013.

MANUAL DO PROFESSOR

Uma importante aplicação dos densímetros é averiguar se combustíveis líquidos estão fora do padrão de composição definido pelas normas. A adulteração dos combustíveis é feita misturando a eles outros líquidos de menor valor agregado. Como a densidade do adulterante é diferente da do combustível, a densidade da mistura é distinta da que o produto não adulterado deve apresentar. Assim, um densímetro é útil em postos de combustível porque a determinação da densidade do combustível é um dos meios de identificar a fraude.

Estimule as equipes para que elaborem o relato sugerido no livro, a fim de compartilhar com a comunidade esse conhecimento.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **Competência geral 2**

O experimento executado na seção *Atividade prática* possibilita o desenvolvimento de duas habilidades da BNCC: **EM13CNT301**, pois requer construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica; e **EM13CNT302**, porque envolve comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de experimento e pesquisas, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar de e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental. Além disso, o experimento permite desenvolver a **Competência geral 2** da BNCC, uma vez que exercita a curiosidade intelectual dos estudantes e recorre à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão e a análise crítica para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

Aplicando conhecimentos

1 Inicialmente, determina-se a massa de 11,9 g de KBr, usando uma balança. Depois, essa amostra é transferida para um béquer e dissolvida em um pouco de água, agitando-se bem com bastão de vidro. Essa solução, em seguida, é integralmente transferida para um balão volumétrico de 1.000 mL, completando-se com água destilada até a marca no pescoço do balão. Tampa-se o frasco (com a sua tampa apropriada) e agita-se, invertendo o balão algumas vezes. O cálculo do volume pedido é:

Massa de soluto		Volume de solução
11,9 g	——	1 L
9,52 g	——	x

$\Rightarrow x = 0{,}800\ \text{L} = 800\ \text{cm}^3$

2

Massa de soluto		Volume de solução
27 g	——	1 L
$1 \cdot 10^6$ g	——	x

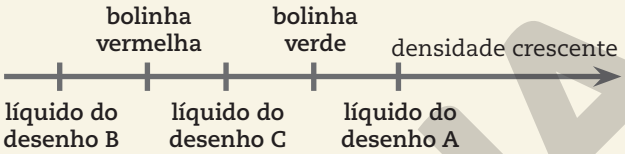
$\Rightarrow x = 3{,}7 \cdot 10^4\ \text{L}$

Volume (em L)		Volume (em m^3)
$1 \cdot 10^3$ L	——	1 m^3
$3{,}7 \cdot 10^4$ L	——	y

$\Rightarrow y = 3{,}7\ \text{m}^3$

Assim, 1 t (uma tonelada) de cloreto de sódio é obtida a partir de 37 m^3 de água do mar.

3 As duas bolinhas são menos densas que o líquido do desenho A e mais densas que o líquido do desenho B. A bolinha verde é mais densa e a vermelha é menos densa que o líquido do desenho C. Assim, podemos elaborar o seguinte esquema:



Decorre que o líquido do desenho A é água, o do desenho B é álcool e o do desenho C é uma mistura de ambos. Professor, aproveite esta atividade para retomar a importância do uso de medidas de densidade em postos de combustível.

4 O solvente é água e o soluto é ácido sulfúrico. A massa de soluto em 200 mL de solução pode ser determinada por meio da seguinte proporcionalidade:

Massa de soluto		Volume de solução
165 g	——	1.000 mL
m_{soluto}	——	200 mL

$\Rightarrow m_{soluto} = 33\ \text{g}$

Note que, como 200 mL representam um quinto (ou seja, 20%) de um litro (1.000 mL), a massa de soluto contida nesse volume é um quinto da massa contida em um litro.

A densidade informa que 1 cm^3 (ou seja, 1 mL) dessa solução tem massa 1,100 g. Assim, um litro (1.000 mL = 1.000 cm^3) tem massa 1.100 g. A massa total de 200 mL de solução pode ser assim determinada:

Massa de solução		Volume de solução
1.100 g	——	1.000 mL
$m_{solução}$	——	200 mL

$\Rightarrow m_{solução} = 220\ \text{g}$

Note que essa massa é um quinto (20%) da massa de um litro de solução.

Sendo conhecida a massa de 200 mL de solução (220 g) e a massa de soluto presente nesse volume (33 g), deduzimos que a massa de solvente (água) é igual a 220 g menos 33 g, ou seja, 187 g. Portanto:

$$m_{solvente} = 187\ \text{g}$$

5 Alternativa C.

Uma maneira interessante de resolver é por semelhança de triângulos em um gráfico de densidade da mistura de água e solução aquosa de NaCl em

função do volume da solução de NaCl. Note que, no eixo das abscissas, o volume vai de 0 L a 1.000 L porque as alternativas propõem valores que, somados, resultam 1.000 L.

Deseja-se uma solução final com densidade maior que 1,10 kg/L e menor que 1,14 kg/L, ou seja, deve-se usar um volume de NaCl (aq) maior que x e menor que y.

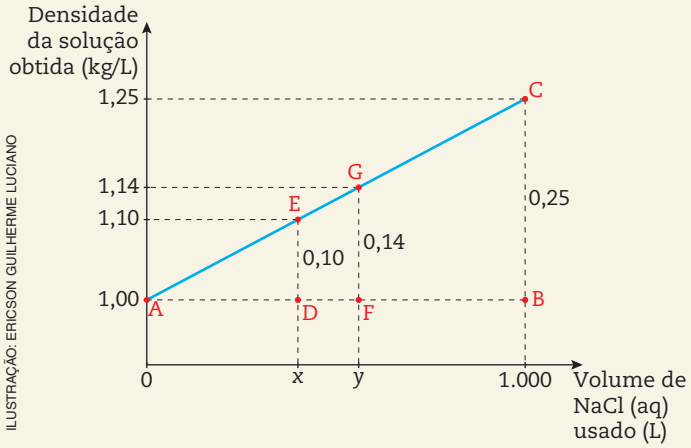


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Semelhança dos triângulos ABC e ADE:

$$\frac{1.000}{0,25} = \frac{x}{0,10} \Rightarrow x = 400$$

Semelhança dos triângulos ABC e AFG:

$$\frac{1.000}{0,25} = \frac{y}{0,14} \Rightarrow y = 560$$

Então, o volume de NaCl (aq) usado deve ser maior que 400 L e menor que 560 L. Consequentemente, o volume de água usado deve ser menor que 600 L e maior que 440 L.

Assim, a única opção cabível é C.

4. Título e porcentagem

Neste item, discutem-se quatro maneiras de expressar a concentração de soluções, que são título em massa, porcentagem em massa, título em volume e porcentagem em volume.

O tratamento conjunto é favorecido pelas semelhanças conceituais envolvidas. Inicialmente, sugerimos que, empregando o exemplo mencionado no livro (solução com 10 g de sacarose dissolvidos em 90 g de água), seja apresentado aos estudantes que o título em massa ($\mathcal{T}_m$) é um número adimensional, entre zero e um, que expressa a fração da massa da solução que se deve a determinado componente. Quando expresso em porcentagem, expressa a porcentagem m/m (isto é, porcentagem em massa) desse componente.

Em seguida, aborde o outro exemplo do livro (solução de heptano em octano, feita com 2,5 mL de heptano e 7,5 mL de octano ou quaisquer outros volumes que estejam nessa proporção) e faça a transposição das ideias anteriores para título em volume ($\mathcal{T}_V$) e porcentagem v/v (porcentagem em volume). Ao docente, cabe salientar que se optou pelo exemplo de heptano em octano porque, dada a similaridade desses dois hidrocarbonetos, os volumes são aditivos quando a solução é preparada. Se escolhêssemos um caso como etanol e água, teríamos o complicador didático da contração de volume causada pelas intensas ligações de hidrogênio estabelecidas ao misturar essas duas substâncias.

Atividade em grupo

Uma vez que os estudantes conheçam porcentagem em massa, pode ser trabalhada esta atividade, na qual se apresenta uma situação-problema contextualizada no cenário da pandemia de COVID-19. A pergunta é: em que proporção **de massas** devem-se misturar etanol 46 °INPM (isto é 46% m/m) e etanol 92,8 °INPM (92,8% m/m) a fim de obter etanol 70 °INPM (70% m/m)? Optou-se por um trabalho com porcentagem em massa (e não em volume) em razão do complicador da contração de volume, comentada anteriormente, que também pode ser observada ao misturar soluções aquosas de etanol com diferentes concentrações. Como a atividade envolve porcentagem em massa, o volume resultante é irrelevante, já que apenas as massas de etanol nas misturas e as massas totais de cada uma são necessárias ao cálculo.

Com sua intervenção pedagógica, espera-se que os estudantes percebam que a massa de etanol na mistura final é igual à soma das massas desse composto nas soluções A e B misturadas. Assim, podemos escrever:

$$m_{\text{etanol f}} = m_{\text{etanol A}} + m_{\text{etanol B}}$$

em que:

$m_{\text{etanol f}}$ = massa de etanol na mistura final (solução 70 °INPM)

$m_{\text{etanol A}}$ = massa de etanol na mistura A (solução 46 °INPM)

$m_{\text{etanol B}}$ = massa de etanol na mistura B (solução 92,8 °INPM)

Considerando a relação entre título em massa (de etanol) e porcentagem m/m (também de etanol), a solução final tem $\mathcal{T}_f = 0,70$, a solução A tem $\mathcal{T}_A = 0,46$ e a solução B tem $\mathcal{T}_B = 0,928$.

Segundo a definição de título em massa, podemos expressar a massa de etanol por $m_{\text{etanol}} = \mathcal{T}_{\text{etanol}} \cdot m_{\text{solução}}$. Assim, partindo da expressão anterior, temos:

$$\mathcal{T}_f \cdot m_{\text{solução f}} = \mathcal{T}_A \cdot m_{\text{solução A}} + \mathcal{T}_B \cdot m_{\text{solução B}}$$

Como, nessa expressão, a massa da solução final ($m_{\text{solução f}}$) é igual à soma das massas das soluções A e B misturadas ($m_{\text{solução A}} + m_{\text{solução B}}$), chegamos a:

$$\mathcal{T}_f \cdot (m_{\text{solução A}} + m_{\text{solução B}}) = \mathcal{T}_A \cdot m_{\text{solução A}} + \mathcal{T}_B \cdot m_{\text{solução B}}$$

A partir desse ponto, podemos substituir os valores numéricos e resolver para encontrar a relação entre as massas das soluções:

$$0,70 \cdot (m_{\text{solução A}} + m_{\text{solução B}}) = 0,46 \cdot m_{\text{solução A}} + 0,928 \cdot m_{\text{solução B}}$$

$$0,70 \cdot m_{\text{solução A}} + 0,70 \cdot m_{\text{solução B}} = 0,46 \cdot m_{\text{solução A}} + 0,928 \cdot m_{\text{solução B}}$$

$$0,24 \cdot m_{\text{solução A}} = 0,228 \cdot m_{\text{solução B}}$$

$$\frac{m_{\text{solução A}}}{m_{\text{solução B}}} = \frac{0,228}{0,24} = 0,95 = \frac{95}{100}$$

Assim, a mistura deve ser feita na proporção massa de A : massa de B igual a 0,95, ou seja, 95 : 100. Por exemplo, pode-se misturar 95 kg de A com 100 kg de B, ou 190 kg de A com 200 kg de B, e assim por diante.

MODERNA

O fato de ser solicitado aos estudantes que apresentem uma aula em vídeo provoca maior comprometimento com a atividade e uma busca ativa pela resolução da situação-problema envolvida.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**

A *Atividade em grupo* comentada anteriormente também possibilita o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT302** da BNCC, já comentadas neste capítulo do Suplemento do Professor.

5. Partes por milhão, em massa e em volume

Uma maneira conveniente de encaminhar a apresentação dessas duas formas de expressar a concentração de soluções – ppm em massa e ppm em volume – é por meio da extensão dos raciocínios desenvolvidos com os estudantes no Item 4.

Da mesma forma que o título em massa é a fração da massa total da solução que se deve a determinado componente e que a porcentagem em massa indica a massa do componente em cada 100 unidades de massa total, a concentração expressa em ppm em massa indica a massa do componente em um milhão de unidades (10^6) de massa total da solução. O item apresenta esse encaminhamento por meio de um raciocínio de proporcionalidade (regra de três) e, em seguida, mostra a relação com porcentagem m/m, usando como exemplo o limite para a eventual presença de íons chumbo(II) na água potável. A abordagem do conceito de ppm em volume pode ser realizada de maneira análoga. O exemplo apresentado no item é o limite da presença de monóxido de carbono no ar.

Ao final do item, é feito um comentário sobre a extensão dessa ideia para ppb (partes por bilhão) e ppt (partes por trilhão). Não deixe de enfatizar que a conveniência de utilizar ppm, ppb ou ppt relaciona-se a quão baixa é a concentração da solução.

Atividade em grupo

Aproveitando que a discussão sobre ppm em massa foi exemplificada com um cálculo referente ao limite para a presença de íons chumbo(II) na água, esta atividade propõe a busca de informações acerca de metais pesados e os problemas que acarretam à saúde humana e ao meio ambiente.

Diga para os estudantes que não deixem de investigar, entre outros, o chumbo, o mercúrio e o cádmio, e que incluam na pesquisa os efeitos sobre o sistema nervoso e a razão de esses metais se acumularem em nosso organismo. Incentive-os a buscar não apenas informações a respeito do assunto, mas também recursos digitais – como simuladores, animações e vídeos – que possam auxiliar a demonstrar, no vídeo produzido, a periculosidade dos metais pesados.

Não deixe também de enfatizar a solicitação de que, no vídeo, **expliquem** à comunidade o problema dos metais pesados e de que se **posicionem criticamente** em relação às diversas aplicações desses metais e **proponham** medidas individuais e coletivas para o correto uso e descarte de materiais que possam ser fonte de contaminação.

De olho na BNCC

- **EM13CNT104**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT306**

O trabalho proposto para realização em equipes a respeito dos metais pesados auxilia no desenvolvimento de algumas das habilidades expressas na BNCC: **EM13CNT104**, pois requer 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; **EM13CNT203**, uma vez que envolve 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); **EM13CNT303**, porque estimula os estudantes a 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; e **EM13CNT306**, já que, ao considerar a eventual presença de materiais com metais pesados em nossa vida, convida a 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.

6. Diluição de soluções

Este item apresenta o conceito de **diluição** de uma solução, termo empregado para designar a adição de solvente a uma solução. É importante ressaltar aos estudantes que o uso da palavra *diluição* pressupõe a existência prévia de uma solução, à qual se acrescenta uma quantidade adicional do mesmo solvente originalmente usado em seu preparo.

Ao abordar este item, é conveniente revisar dois outros termos que os estudantes frequentemente confundem com *diluição*. São eles *dissolução* – ato de dissolver, fazer uma solução – e *dissociação* – separação, desassociação, termo que pode ser empregado, sem adjetivação, como sinônimo de ionização (de ácidos ou de amônia em água) ou, acompanhado do adjetivo *iônica*, para designar a separação de íons que ocorre quando uma substância iônica se dissolve em solvente polar (por exemplo, quando sais se solubilizam em água).

O item deduz a expressão $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$ a partir da ideia de que a massa de soluto é a mesma antes e depois da diluição. Com ela, você pode mostrar que, na diluição, a concentração (C) e o volume (V) são inversamente proporcionais: quando o volume é multiplicado por um número, a concentração é dividida por esse mesmo número. O exemplo numérico apresentado no item exemplifica essa conclusão. Nele, o volume é aumentado dez vezes e, como consequência, a concentração final é dez vezes menor. Aproveite as fotos da Figura 10 do Livro do Estudante ao discutir esse exemplo e reforce que, nesse procedimento, a aspiração do líquido para a pipeta volumétrica **NUNCA** é feita com a boca, mas com uma pera de borracha (pera de sucção).

MANUAL DO PROFESSOR

Dialogando com o texto

A atividade aborda o problema do descarte no ambiente aquático de dejetos não tratados, conduzindo à reflexão de que essa dispersão no ambiente aquático não é uma forma adequada de lidar com o problema causado por eles. Usando a contaminação das praias como mote, a atividade solicita aos estudantes que pesquisem por que a concentração de coliformes fecais na água do mar é usada pelas autoridades sanitárias como um dos indicadores para decidir sobre a balneabilidade das praias.

É relevante acompanhar o progresso dos estudantes – por exemplo, por meio de uma roda de discussão em sala, na qual eles podem expor os resultados de sua investigação –, a fim de verificar se eles descobriram e compreenderam que coliformes fecais (também chamados coliformes termotolerantes, em alusão à sua resistência a temperaturas um pouco superiores à do organismo humano) são seres unicelulares que habitam o intestino humano e estão presentes nas fezes. A presença desses microrganismos na água é um dos indicadores empregados para avaliar a qualidade de praias porque sua presença na água do mar indica que ela recebeu esgotos *in natura* (não tratados) e, portanto, pode também conter microrganismos patogênicos (do grego *pathós*, "sofrimento", e *génos*, "que origina"), ou seja, microrganismos causadores de doenças (por exemplo, vibrião colérico e salmonelas).

A atividade visa a estimular os estudantes que moram em (ou frequentam) regiões litorâneas para que estejam atentos à qualidade das praias, procurem sempre que necessário informações em fontes confiáveis e desenvolvam atitudes de cautela em relação a praias impróprias. Além disso, a atividade convida os estudantes a estabelecer uma relação entre a qualidade das praias (das proximidades ou do Estado, se for o caso) e as condições de saneamento básico da região, o que permite a conscientização da relação entre políticas públicas de saneamento ambiental e saúde da população.

A seu critério, caso trabalhe em município litorâneo, proponha que os resultados da atividade sejam utilizados pelas equipes para produzir um vídeo de divulgação – ou outras formas de publicação, conforme a conveniência – visando à conscientização da população sobre os riscos das praias impróprias da região e propondo atitudes de segurança com relação ao banho de mar. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do Livro do Estudante.)

De olho na BNCC

- **EM13CNT306**
- **EM13CNT310**

A atividade sugerida no *Dialogando com o texto* dá margem a desdobramentos referentes a duas habilidades da BNCC: **EM13CNT306**, pois incentiva os estudantes a avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental; e **EM13CNT310**, já que sugere investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e saneamento 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.

Aplicando conhecimentos

6 Um modo de resolver o problema é descobrir a massa de soluto presente em um litro de solução.

A densidade informa que a massa de cada mililitro de solução é 1,05 g. Disso decorre que a massa de 1 L (1.000 mL) é 1.050 g. E a porcentagem em massa de soluto informa que, dessa massa total, 10% é massa de soluto. Assim:

Massa		Porcentagem
1.050 g	——	100%
x	——	10%

$\Rightarrow x = 105$ g

Como um litro da solução contém 105 g de soluto, podemos afirmar que a concentração desse soluto é 105 g/L.

Assim, a solução é adequada ao procedimento a ser realizado pelo biólogo.

7 Empregando a definição de título em volume, temos:

$$\mathcal{T}_V = \frac{V_{soluto}}{V_{solução}} = \frac{10{,}5\text{ L}}{50\text{ L}} \Rightarrow \mathcal{T}_V = 0{,}21$$

A porcentagem de gás oxigênio na amostra de ar em questão é, portanto, 21%.

8 Volume de perfume = $10.000 \cdot 0{,}3$ L = 3.000 L

Volume de essência líquida = 1,5% de 3.000 L = $= 0{,}015 \cdot 3.000$ L = 45 L

9 Alternativa C.

A amostra coletada durante a inspeção tem densidade 0,90 g/cm^3, resultado proveniente da divisão da sua massa (45,0 g) pelo seu volume (50,0 cm^3). A leitura do gráfico informa que, a uma densidade de 0,90 g/cm^3 (lida no eixo y), corresponde uma fração porcentual de etanol (f_e, lida no eixo x) de 55%.

10 **a)** Vamos determinar quantos gramas de cádmio há em 1 milhão de gramas (10^6 g) de camarão:

Contaminante		Alimento
0,7 mg	——	100 g
x	——	10^6 g

$\Rightarrow x = 7.000$ mg = 7 g

Então, há 7 ppm (7 partes por milhão) em massa de cádmio no carregamento.

b) Por um raciocínio similar:

Contaminante		Alimento
0,5 mg	——	1.000 g
y	——	10^6 g

$\Rightarrow y = 500$ mg = 0,5 g

Então, o limite estabelecido pela Anvisa é 0,5 ppm em massa de cádmio.

c) O lote **não** deve ser liberado, o que se fundamenta no argumento de que está acima do limite seguro estabelecido pelo órgão regulador.

11 Determinar a concentração de SO_2 expressa em ppm (partes por milhão) em volume consiste essencialmente em determinar quantos litros de SO_2 estão presentes em 1 milhão de litros ($1 \cdot 10^6$ L) de ar. Assim:

Volume de ar		Volume de SO_2
100 L	——	$2 \cdot 10^{-8}$ L
$1 \cdot 10^6$ L	——	x

$\Rightarrow x = 2 \cdot 10^{-4}$ L

MODERNA

Então, se $2 \cdot 10^{-4}$ L de SO_2 estão presentes por milhão de litros de ar, a concentração desse poluente é de $2 \cdot 10^{-4}$ ppm em volume.

12 A concentração detectada na análise, 300 ppm em massa, significa que há 300 g de estanho em cada 10^6 g de salsicha. A partir dela, podemos descobrir a massa de estanho por quilograma (10^3 g) de alimento:

Contaminante		Alimento
300 g	——	10^6 g
x	——	10^3 g

$\Rightarrow x = 0{,}300 \text{ g} = 300 \text{ mg}$

Então, há 300 mg/kg, o que supera o limite estabelecido pela Anvisa (250 mg/kg). Espera-se que os estudantes, utilizando como argumentação esse raciocínio, concluam que o lote deve ser **reprovado** para venda.

13 Vamos considerar que cada copo contenha o volume V de líquido. Dentro dessa consideração, o volume inicial (que é o de três copos) é 3V. A concentração em g/L de determinado soluto presente na limonada deve-se reduzir a 60% da inicial. Isso é matematicamente expresso assim:

$C_f = 0{,}60 \cdot C_i$

Portanto:

$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$

$C_i \cdot 3V = 0{,}60 \cdot C_i \cdot V_f \Rightarrow V_f = 5V$

Concluímos, então, que o volume final é igual ao de cinco copos. Porém, como o volume inicial já é de três copos, **devem ser acrescentados dois copos de água**.

14 Alternativa D.

60% de 5,0 L = 0,60 · 5,0 L = 3,0 L

A solução de varfarina injetada será diluída do volume injetado (V_i) para o volume final de 3,0 L.

A concentração final (para que não ocorram hemorragias) será no máximo 4,0 mg/L, e é esse valor que vamos utilizar no cálculo.

A concentração inicial, 3,0 mg/mL, não está na mesma unidade que a final e, por isso, vamos convertê-la:

$$\frac{3{,}0 \text{ mg}}{1 \text{ mL}} = \frac{3{,}0 \text{ mg}}{10^{-3} \text{ L}} = \frac{3{,}0 \cdot 10^3 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = 3{,}0 \cdot 10^3 \text{ mg/L}$$

Então: $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$

$3{,}0 \cdot 10^3 \text{ mg/L} \cdot V_i = 4{,}0 \text{ mg/L} \cdot 3{,}0 \text{ L}$

$V_i = 4{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ L}$

$V_i = 4{,}0 \text{ mL}$

CAPÍTULO 8 Fluidos

Metas do capítulo

- Reconhecer que fluidos são substâncias essenciais e presentes em inúmeras formas de vida, apresentando-se como líquido ou gás.
- Compreender e correlacionar as grandezas densidade, volume e massa específica.
- Conhecer as unidades de pressão e suas relações para realizar transformações e utilizá-las adequadamente.
- Interpretar e ler corretamente tabelas, esquemas e equações apresentados em textos.
- Reconhecer a atuação das pressões atmosférica e hidrostática em processos e fenômenos, para utilizá-las corretamente.
- Compreender os diversos princípios físicos e o teorema tratados no capítulo, como os princípios de Arquimedes e de Pascal e o teorema de Stevin, e utilizá-los corretamente.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo destaca um exemplo de contenção de fluidos na forma líquida. O capítulo também trata dos fluidos na forma gasosa, como o ar. O exemplo da abertura é a água, que é processada e tratada em uma estação de tratamento de água (ETA) para se tornar adequada ao consumo. Utilize esse exemplo para discutir com os estudantes a pressão exercida pela água nas paredes dos dutos e reservatórios, e a própria pressão da água para sair de um ponto e chegar até outro, como seu deslocamento entre a estação de tratamento e a residência. Questione, por exemplo, por que a caixa-d'água fica numa posição mais elevada na casa. É possível que surjam respostas utilizando os conceitos de pressão, altura e força, sendo importante você anotar esses conhecimentos prévios e, ao final do capítulo, retomá-los para verificar a construção do conhecimento desses conceitos pelos estudantes. Além das características físicas do exemplo, tente discutir brevemente a importância para o ambiente e a saúde pública do tratamento físico-químico da água. Ao longo deste capítulo, o conceito de fluido em equilíbrio estático será abordado. É importante que os estudantes façam os exercícios propostos, para que possam utilizar corretamente os princípios de Arquimedes e de Pascal, o teorema de Stevin e os conceitos de densidade, massa específica, volume e empuxo. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

- **EM13MAT314**
- **Competência geral 2**
- **Competência geral 1**

Este capítulo provê o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT314**, da área de Matemática e suas Tecnologias, por meio da resolução e da elaboração de problemas que envolvem grandezas que são resultado de razão e produto de outras. Além disso, o capítulo desenvolve também as **competências gerais 1** e **2**, na medida em que incentiva o estudante a utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e a exercitar a curiosidade intelectual, recorrendo à abordagem própria das Ciências.

MODERNA

1. Conceito de fluido

Neste item, apresentam-se a definição de fluido e uma contextualização do tema por meio de alguns exemplos do cotidiano. É importante deixar claro que gases também são fluidos, visto que é comum os estudantes atribuírem essa denominação apenas aos líquidos. Aproveite para fazer um levantamento das concepções prévias dos estudantes acerca do conceito e peça que deem exemplos de fluidos.

Indique aos estudantes algumas aplicações tecnológicas de fluidos e suas ações sobre a transformação e modificação do clima e da superfície terrestre e de outros planetas, como as tempestades de areia em Marte ou a grande mancha vermelha na superfície de Júpiter; uma permanente tempestade anticiclônica.

2. O que diz a história – Arquimedes

A história da análise da coroa do rei Hierão, realizada por Arquimedes, é bastante utilizada como motivação ao estudo da densidade, uma vez que apresenta uma solução, ao mesmo tempo, simples e inusitada. Entretanto, historiadores da ciência acreditam que o método descrito nessa história é questionável. Dessa perspectiva, é interessante trabalhar a habilidade **EM13CNT303**, na busca de argumentos e evidências que avaliem a consistência e a coerência das informações apresentadas. Pode-se sugerir aos estudantes que façam uma busca em fontes confiáveis de informação sobre a história apresentada, investigando como tal medição poderia ter sido realizada na época.

Um ponto de importância neste item é evidenciar que parte das descobertas científicas pode ser realizada fora de um ambiente acadêmico ou de laboratórios, e que descobertas podem surgir como efeito colateral da resolução de problemas de naturezas diversas. Algo como "atirou no que viu, acertou o que não viu".

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**

Esta seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**, pois promove a interpretação de um texto de divulgação científica e a análise da consistência dos argumentos e fontes de informações.

3. Conceito de densidade

Usando como motivação a história da coroa do rei Hierão, é apresentado o conceito de densidade e de massa específica. Deve-se salientar aos estudantes que utilizamos grandezas físicas já conhecidas, como massa e volume, na construção de uma nova grandeza que descreve a matéria.

Nessa abordagem, podem surgir dúvidas referentes ao conceito de massa específica como, por exemplo, "Existem materiais distintos com massas específicas iguais?" Essas dúvidas permitem ao professor realizar uma discussão sobre o fato de diferentes materiais possuírem distintas configurações atômicas, ou seja, diferentes estruturas e ligações, impactando nos valores de volume e massa atômicos e moleculares. A discussão sobre esse tema contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**.

Solicite aos estudantes que analisem a tabela apresentada, comparando os valores de densidade de cada material, trabalhando assim a habilidade **EM13CNT302**. Destaque o fato de os valores indicados na tabela estarem em uma unidade que não é a do Sistema Internacional, justificando que, nessa unidade, fica mais fácil comparar e manipular matematicamente esse dados. Entretanto, deve-se salientar que diversas unidades também são utilizadas e propor um momento de prática de conversão de uma unidade em outra.

Indique que as unidades do Sistema Internacional para densidade devem ser utilizadas em cálculos que envolvam outras grandezas físicas, como no cálculo do empuxo, a ser apresentado no próximo item.

Sugestão de atividade complementar

Para entender melhor as unidades de densidade e suas relações, se julgar pertinente, trabalhe o exemplo seguinte junto com os estudantes.

Utilizando o dado sobre a densidade do alumínio (2,7 g/cm^3), disponibilizado na Tabela 1, converta-o para as unidades de kg/m^3 e kg/L.

Considerando que $1\ g = 10^{-3}\ kg$ e $1\ cm^3 = 10^{-6}\ m^3$, obtemos:

$$d = 2{,}7\ \frac{g}{cm^3} = 2{,}7\ \frac{10^{-3}\ kg}{10^{-6}\ m^3} = 2{,}7 \cdot 10^3\ \frac{kg}{m^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = 2.700\ kg/m^3$$

Enfatize que 1 g/cm^3 é igual a 1.000 kg/m^3. Por isso, o valor da densidade em g/cm^3 é um milésimo do valor da densidade em kg/m^3.

Entretanto, como $1\ cm^3 = 1\ mL = 10^{-3}\ L$, temos:

$$d = 2{,}7\ \frac{g}{cm^3} = 2{,}7\ \frac{10^{-3}\ kg}{10^{-3}\ L} = 2{,}7\ kg/L$$

Concluímos, portanto, que as unidades g/cm^3 e kg/L são equivalentes. Então, a densidade pode ser expressa pelo mesmo valor numérico em uma ou outra dessas unidades.

Para a água líquida, sua densidade média é considerada:

$$d = 1\ \frac{g}{cm^3} = 1\ \frac{kg}{L} = 1.000\ kg/m^3$$

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13MAT102**

Esta seção possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT301**, por meio da construção de questões, levantamento de hipóteses e conclusões dos conceitos da seção em uma perspectiva científica; **EM13CNT302**, já que o estudante terá que comunicar e interpretar dados de tabelas e símbolos; e **EM13MAT102**, da área de Matemática e suas Tecnologias, pois incentiva o estudante a analisar tabelas e gráficos.

MODERNA

Aplicando conhecimentos

Na seção *Aplicando conhecimentos*, são propostos dois exercícios que consideram o cálculo de densidades de mistura de materiais. Estes exercícios são úteis para diferenciar os conceitos de densidade e massa específica de materiais.

1 Como 1 mL = 1 cm³, podemos escrever que o volume do líquido A e o do líquido B são, respectivamente, 400 cm³ e 300 cm³.

a) $d_{mistura} = \frac{m_{mistura}}{V_{mistura}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{d_A \cdot V_A + d_B \cdot V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow$

$\Rightarrow d_{mistura} = \frac{1{,}5 \cdot 400 + 0{,}8 \cdot 300}{400 + 300}$

$\therefore d_{mistura} = 1{,}20\ g/cm^3$

b) $d_{mistura} = \frac{d_A \cdot V_A + d_B \cdot V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow$

$V = 1{,}00 = \frac{1{,}50 \cdot 400 + 0{,}8 \cdot V_B}{400 + V_B}$

$\therefore V_B = 1.000\ cm^3 = 1.000\ mL$

2 a) Calculando a densidade d da coroa, temos:

$d = \frac{m}{V} \Rightarrow d = \frac{1.000\ g}{62{,}5\ cm^3} \Rightarrow d = 16{,}0\ g/cm^3$

A coroa não é de ouro maciço, pois tem densidade menor que a do ouro (20,0 g/cm³). Portanto, houve fraude do ourives.

b) Sabendo que a coroa é constituída por uma mistura de ouro e prata, cuja massa e volume total são, respectivamente, 1.000 g e 62,5 cm³, podemos montar o sistema de equações a seguir:

$$\begin{cases} m_{ouro} + m_{prata} = 1.000 \\ V_{ouro} + V_{prata} = 62{,}5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_{ouro} + m_{prata} = 1.000 \\ \frac{m_{ouro}}{20{,}00} + \frac{m_{prata}}{10{,}0} = 62{,}5 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m_{ouro} + m_{prata} = 1.000 \\ m_{ouro} + 2 \cdot m_{prata} = 1.250 \end{cases}$$

$\therefore m_{ouro} = 750\ g$ e $m_{prata} = 250\ g$

4. Princípio de Arquimedes

O conceito de empuxo, mesmo que novo aos estudantes, pode ser trabalhado de forma intuitiva, uma vez que é observado com facilidade em nosso cotidiano. Pode-se iniciar uma discussão questionando-os sobre a razão de corpos sólidos boiarem ou afundarem quando liberados em um líquido. Além do exemplo com sólidos, podemos verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre misturas heterogêneas de líquidos com duas ou mais fases. O conceito de densidades diferentes pode surgir na discussão, encaminhando o assunto para o enunciado do princípio de Arquimedes.

Pode-se explicar a flutuação dos corpos ou a "diminuição" do peso em corpos submersos pela presença de uma nova força, o empuxo, justificando que ele surge por uma força de reação do fluido, que tenta reocupar o volume do qual foi deslocado, ou seja, o espaço ocupado pela parte submersa do corpo.

Em um primeiro momento, a discussão e apresentação dos termos ocorre de forma conceitual, descrevendo mais os fenômenos do que as relações entre grandezas. Com a apresentação da relação do empuxo com a densidade do fluido, o conceito é sistematizado com equações e cálculos. Lembre os estudantes de trabalharem com unidades coerentes nos cálculos, dando preferência para o Sistema Internacional.

Atividade prática

Nesta atividade, podemos substituir os canudos de bebida por tubos flexíveis ou mangueiras. Note que a garrafa deve permanecer destampada, permitindo a entrada e a saída de água durante o experimento.

Instigue os estudantes a elaborarem uma previsão do resultado do experimento, registrando suas expectativas com o uso dos conceitos já trabalhados, para então realizarem o experimento e confrontarem as hipóteses iniciais com os resultados observados. Solicite aos estudantes que comuniquem suas observações aos colegas e incentive o uso de linguagem científica para a explicação de suas conclusões.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

A seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois permite, por meio da experimentação, que os estudantes construam questões, elaborem hipóteses, façam estimativas, interpretem modelos físicos do capítulo e utilizem a linguagem científica para explicar suas conclusões.

Aplicando conhecimentos

Na seção *Aplicando conhecimentos*, são propostos cinco exercícios para sistematizar os conhecimentos trabalhados. Todos os exercícios envolvem cálculos de forças de empuxo e densidades, portanto, é uma boa oportunidade para verificar a compreensão operacional desses conceitos. É importante ficar atento às interpretações dos estudantes para os resultados e incentivá-los a utilizar unidades do Sistema Internacional.

3 Alternativa A.

A intensidade do empuxo que atua sobre o corpo é igual ao peso da água deslocada.

$E = P_L \Rightarrow E = m_L \cdot g \Rightarrow E = 0{,}030\ kg \cdot 10\ m/s^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow E = 0{,}30\ N$

4 Alternativa E.

$E = d_{água} \cdot g \cdot V_{imerso} = d_{água} \cdot g \cdot \frac{m_{corpo}}{d_{corpo}} \Rightarrow$

$\Rightarrow 0{,}30 = 10^3 \cdot 10 \cdot \frac{0{,}120}{d_{corpo}}$

$\therefore d_{corpo} = 4{,}0 \cdot 10^3\ kg/m^3 = 4{,}0\ g/cm^3$

Ao trabalhar a seção de *Peso aparente*, no primeiro exemplo, espera-se que os estudantes sejam capazes de verificar que o empuxo independe da densidade do corpo submerso.

MODERNA

Posteriormente, com a introdução do peso aparente, vale destacar que materiais de mesmo volume, mas de diferentes densidades, têm pesos diferentes, que podem ser maiores ou menores que o empuxo, resultando em submersão ou flutuação, respectivamente.

Ao trabalhar o conceito de peso aparente, deixe claro aos estudantes que o peso aparente negativo corresponde a uma força resultante de sentido contrário ao da força peso. Nesse caso, o empuxo é maior que o peso. No segundo exemplo, é calculado o valor do peso aparente de um sistema. Ao final da abordagem do exemplo, pergunte aos estudantes sobre o comportamento da pedra em relação à sua flutuabilidade, indicando se ela afunda ou flutua. Retome com eles o princípio de Arquimedes descrito no texto:

> Todo corpo sólido mergulhado num fluido em equilíbrio sofre a ação de uma força vertical de baixo para cima, cuja intensidade é igual à do peso do fluido deslocado pela parte submersa do corpo.

Se achar conveniente, comente com os estudantes que esse enunciado só é verdadeiro quando o volume de fluido deslocado pela parte imersa do corpo é desprezível em relação ao volume do fluido no recipiente. O enunciado mais preciso é:

> Todo sólido mergulhado em um fluido em equilíbrio sofre uma força de direção vertical e sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual à intensidade do peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume da parte submersa do sólido.

Enunciado baseado em "O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes", artigo de Fernando L. da Silveira e Alexandre Medeiros. *Caderno Brasileiro do Ensino de Física*, v. 26, n. 2: p. 273-294, ago. 2009.

Enfatize que os enunciados parecem idênticos, porém, não são. Fica a critério do professor fazer ou não esse comentário em sala. Nas questões propostas nos concursos vestibulares, o volume submerso do corpo é muito menor que o volume total do líquido no recipiente. Portanto, não há necessidade de levantar essa discussão.

Aplicando conhecimentos

5 a) Sendo a aresta a do cubo igual a 4,0 cm, temos:
$V_{cubo} = a^3 = (4{,}0\ cm)^3 = 64{,}0\ cm^3$

b) Sabendo que a massa do cubo é igual a 32 gramas, podemos obter o valor de sua densidade.

$$d_{cubo} = \frac{m_{cubo}}{V_{cubo}} = \frac{32\ g}{64{,}0\ cm^3} = 0{,}5\ g/cm^3 =$$
$$= 5 \cdot 10^2\ kg/m^3$$

c) $P_{ap} = P - E = m \cdot g - d_{água} \cdot g \cdot V_{imerso} \Rightarrow$
$\Rightarrow P_{ap} = 32 \cdot 10^{-3} \cdot 10 - 10^3 \cdot 10 \cdot 64 \cdot 10^{-6}$
$\therefore P_{ap} = -0{,}32\ N$
Ou seja, o cubo flutua na água.

6 a) A nova indicação é a massa correspondente ao volume da água deslocada pela mão. A reação do empuxo sobre a mão do professor atua sobre um prato da balança, alterando sua indicação (Terceira lei de Newton).

b) Princípio de Arquimedes:
$E = P_L \Rightarrow E = m_L \cdot g \Rightarrow E = 0{,}5\ kg \cdot 10\ m/s^2 \Rightarrow$
$\Rightarrow E = 5{,}0\ N$

c) Princípio de Arquimedes:
$E = d_L \cdot g \cdot V_{mão} \Rightarrow 5{,}0\ N = 10^3\ kg/m^3 \cdot 10\ m/s^2 \cdot V_{mão} \Rightarrow$
$\Rightarrow V_{mão} = 5{,}0 \cdot 10^{-4}\ m^3 \Rightarrow V_{mão} = 500\ cm^3$

d) $m_{mão} = d_{corpo\ humano} \cdot V_{mão} \Rightarrow$
$\Rightarrow m_{mão} = 1{,}08\ g/cm^3 \cdot 500\ cm^3 \Rightarrow m_{mão} = 540\ g$

7 Alternativa C.
Analisando as afirmações:

I. **Incorreta**.
$P_{esfera} = E_{água} \Rightarrow d_{esfera} \cdot V_{esfera} = d_{água} \cdot V_{imerso} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{esfera} \cdot V_{esfera} = d_{água} \cdot \frac{1}{2} V_{esfera} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{esfera} = \frac{1}{2} \cdot d_{água} = 0{,}5 \cdot d_{água} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{esfera} = 50\%\ d_{água}$

II. **Correta**.
$P_{esfera} = E_{óleo} \Rightarrow d_{esfera} \cdot V_{esfera} = d_{óleo} \cdot V_{imerso} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{esfera} \cdot V_{esfera} = d_{óleo} \cdot \frac{3}{5} V_{esfera} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{esfera} = \frac{3}{5} \cdot d_{óleo} = 0{,}6 \cdot d_{óleo} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{esfera} = 60\%\ d_{óleo}$

III. **Correta**
$\Rightarrow d_{esfera} = \frac{3}{5} \cdot d_{óleo} \Rightarrow d_{óleo} = \frac{5}{3} \cdot d_{esfera} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{óleo} = 1{,}667\ d_{esfera} \Rightarrow d_{óleo} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{óleo} = (1 + 66{,}7\%)\ d_{esfera}$

IV. **Correta**.
$\Rightarrow d_{esfera} = \frac{1}{2} \cdot d_{água} = \frac{3}{5} \cdot d_{óleo} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{água} = \frac{6}{5} \cdot d_{óleo} = 1{,}2 \cdot d_{óleo} \Rightarrow$
$\Rightarrow d_{água} = (1 + 20\%)\ d_{óleo}$

Atividade em grupo

Nesta atividade, é importante orientar os estudantes a buscarem referências de fontes confiáveis para explicar o funcionamento de um submarino em grandes profundidades e as normas de segurança. Incentive-os a pesquisar o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub), que foi criado como um investimento industrial, naval, nuclear e científico no Brasil. Recomendamos um *site* que apresenta documentos e informações sobre a história, a regulamentação, a segurança e os projetos de submarinos: Ministério da Defesa. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/prosub/>. Acesso em: 23 maio 2020.

Indique aos estudantes a consulta a textos de divulgação científica, disponíveis em artigos, revistas, vídeos e plataformas digitais de fontes confiáveis. Incentive a elaboração de um material para que eles organizem as informações pesquisadas e encaminhem o diálogo entre os pares.

MODERNA

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT304**
- **EM13LGG703**
- **EM13LGG704**
- **EM13CHS106**
- **EM13CHS502**
- **EM13CHS504**
- **Competência geral 4**

Esta *Atividade em grupo* provê o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT302**, pois envolve a análise de pesquisas quantitativas e qualitativas sobre o funcionamento físico de um submarino e suas implicações em segurança; **EM13CNT303**, pois envolve a interpretação de textos de divulgação científica para promover o debate; e **EM13CNT304**, por tratar de um debate que envolve distintos pontos de vista de uma tecnologia de defesa e suas implicações legais e éticas. Além disso, evidencia também as habilidades **EM13LGG703** e **EM13LGG704**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, ao sugerir que o estudante faça uso de diferentes linguagens, mídias e ferramentas no processo de produção e apresentação dos seus resultados e que faça uma busca de informações de forma crítica, em diferentes fontes.

As habilidades **EM13CHS106**, **EM13CHS502** e **EM13CHS504**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, também são evidenciadas nesta seção, na medida em que ela incentiva o estudante a utilizar linguagens gráficas e iconográficas para se comunicar de forma crítica, analisar situações da vida cotidiana e avaliar impasses ético-políticos decorrentes de transformações científicas e tecnológicas.

Esta atividade também permite o desenvolvimento da **competência geral 4**, ao utilizar diferentes linguagens para partilhar informações e ideias e usar tecnologias digitais para promover uma pesquisa e apresentar seus resultados.

5. Conceito de pressão

Antes de iniciar este item, sugerimos realizar o experimento com a caneta proposto na Figura 4 e perguntar aos estudantes em qual das extremidades eles acreditam que a força é maior e quais são suas hipóteses. Apresente o conceito de pressão e reforce que, para uma mesma força, quanto menor for a área da superfície sobre a qual ela está aplicada, maior será a pressão exercida. Ressalte que a unidade de pressão do Sistema Internacional é o pascal (Pa), mas há outras unidades práticas que são utilizadas.

Aplicando conhecimentos

8 O exercício trata de unidades de pressão.

a) Inicialmente, note a conversão de unidades de Newton para kgf.

$98\ \text{N} = 10\ \text{kgf}$

$P = \frac{F}{A} = \frac{10\ \text{kgf}}{10\ \text{cm}^2} = 1\ \text{kgf/cm}^2$

b) $1\ \text{cm}^2 = 10^{-4}\ \text{m}^2$

$P = \frac{F}{A} = \frac{98\ \text{N}}{10 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} = 9{,}8 \cdot 10^4\ \text{N/m}^2 = 9{,}8 \cdot 10^4\ \text{Pa}$

c) Ao comparar a pressão exercida na placa com a pressão atmosférica, podemos observar que a pressão encontrada no item **b** é menor que a pressão atmosférica. Podemos calcular a razão entre as pressões, obtendo:

$\frac{9{,}8 \cdot 10^4}{1{,}013 \cdot 10^5} = 0{,}9674 = 96{,}74\%$

Ou seja, a pressão encontrada equivale a 96,74% da pressão atmosférica.

6. Pressão em um líquido em equilíbrio

Neste item, apresenta-se o conceito de pressão exercida por uma coluna de líquido, conhecida por pressão hidrostática. A lei de Stevin determina que, para um mesmo fluido, a pressão exercida em pontos em um mesmo nível é igual. Com base nesses conceitos, é possível, por exemplo, determinar a pressão hidrostática sobre um mergulhador, um peixe em um aquário, ou resíduos sólidos em uma estação de tratamento de esgoto, entre outros. Note que não estabelecemos ainda a pressão total, pois esta depende também da pressão externa sobre a superfície do líquido, assunto do próximo item.

O exemplo proposto aborda a pressão hidrostática experimentada por um mergulhador que desce a 30 m da superfície do mar.

De olho na BNCC

- **EM13MAT302**

Este item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT302**, da área de Matemática e suas Tecnologias, na medida em que constrói modelos de funções polinomiais para resolver problemas em diferentes contextos.

Aplicando conhecimentos

9 De acordo com o teorema de Stevin, a pressão hidrostática é maior na parte mais profunda da represa; portanto, a barragem deve ser mais reforçada nessa região.

10 O exercício envolve apenas uma aplicação numérica do teorema de Stevin. Convém alertar os estudantes sobre a necessidade do uso coerente das unidades de medidas.

a) A pressão na face inferior do cubo é igual à pressão exercida em qualquer ponto daquele líquido e que esteja no mesmo nível da face inferior do cubo.

b) A coluna líquida que exerce pressão no fundo do cubo tem altura igual à sua aresta, isto é, $h = 20\ \text{cm} = 0{,}20\ \text{m}$.

c) Sendo a densidade da água $d = 1{,}0\ \text{g/cm}^3 = 1{,}0 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$, e a aceleração da gravidade $g = 10\ \text{m/s}^2$, do teorema de Stevin, obtemos:

$p = d \cdot g \cdot h \Rightarrow p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}20$

$\therefore\ p = 2{,}0 \cdot 10^3\ \text{N/m}^2$

7. Pressão atmosférica

Ao tratar de pressão atmosférica, retome o conceito de fluido, uma vez que o ar é um fluido e seus efeitos são consideráveis em nosso cotidiano. Para explicar a pressão atmosférica, pode-se recorrer ao teorema de Stevin, considerando agora que a pressão que o ar exerce sobre um ponto em seu interior, por exemplo, na superfície terrestre ao nível do mar, é a pressão devida ao peso da coluna do ar atmosférico acima do ponto. Como a densidade da atmosfera varia com a altura, o cálculo de pressão atmosférica com base nas equações de hidrostática não pode ser feito

MODERNA

pela equação $p = d \cdot g \cdot h$, que pressupõe que a densidade seja constante. Portanto, é mais prático medir a pressão atmosférica por comparação, como fez Torriccelli.

É importante destacar a natureza escalar da pressão e dizer que, no caso dos fluidos, a pressão em um dado ponto desse fluido não depende da direção na qual medimos. Vale notar também que o experimento de Torriccelli foi possível, pois o tubo utilizado tem uma das extremidades fechada, impedindo, assim, a ação da pressão atmosférica no seu interior e permitindo a medição correta da pressão hidrostática do mercúrio.

O objetivo do exemplo proposto é que os estudantes percebam que a soma das pressões atmosférica e hidrostática é necessária para as medidas de pressão em um ponto submerso na água. Além disso, a pressão exercida por uma coluna de ar atmosférico de cerca de 300 km de altitude equivale a uma coluna de água de apenas 10 m de água. Cabe uma discussão sobre os efeitos da pressão nos seres vivos, citando mergulhadores de altas profundidades e seres abissais. Vale também uma breve discussão sobre câmaras pressurizadas em aviões e submarinos, a fim de simular a pressão atmosférica a quilômetros de altura e no fundo do mar, evitando prejuízos à saúde de seus tripulantes.

De olho na BNCC

- **EM13MAT302**

Este item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT302**, da área de Matemática e suas Tecnologias, na medida em que constrói modelos de funções polinomiais para resolver problemas em diferentes contextos.

Sugestões de atividades complementares

Se julgar pertinente, sugira aos estudantes a realização das atividades a seguir.

Com os estudantes faça um experimento para mostrar que, ao contrário do que muitos acreditam, não tem cabimento dizer que a pressão atmosférica age de cima para baixo, só porque é consequência do peso da coluna de ar acima do ponto considerado. Na verdade, os efeitos da pressão se fazem sentir independentemente do sentido considerado.

Encha um copo com água até a borda. Coloque sobre ele uma folha de papel não absorvente. Com cuidado, segurando o papel, inverta a posição do copo, mantendo-o com a boca para baixo. Retire a mão e observe que a água não cai.

Como explicar esse aparente contrassenso? É que a pressão atmosférica está sustentando a coluna de água, agindo na superfície do papel (Fig. 1). Perceba que essa situação seria inadmissível se considerássemos a pressão atmosférica agindo apenas de cima para baixo.

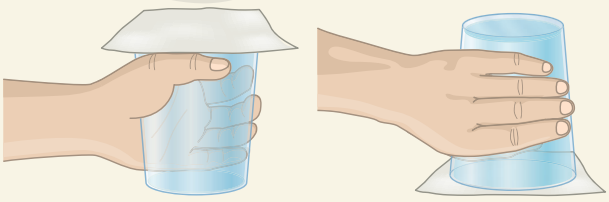


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 1 A pressão atmosférica equilibra a pressão exercida pela coluna de água.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

Esta *Atividade complementar* provê o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois envolve a construção de questões, levantamento de hipóteses e previsões, com a finalidade de representar e interpretar modelos explicativos sob uma perspectiva científica.

Resgate de embarcações naufragadas

Nesta segunda atividade, os estudantes vão realizar um estudo de caso. Esse tipo de trabalho tem como objetivo encontrar uma solução para uma dada situação utilizando os conhecimentos adquiridos até agora.

- Enuncie o problema: Um navio cargueiro naufragou, está tombado e uma empresa quer levar a embarcação de volta à superfície e recolocá-la na sua posição normal de flutuação. Um dado importante: há óleo nos porões inundados. Portanto, o barco deve ser trazido à tona sem derramar o óleo, evitando, assim, um acidente ecológico.
- Os estudantes devem estar de posse das informações acima para propor uma solução adequada para o problema.
- Os estudantes se reúnem em pequenos grupos e debatem rapidamente sobre possíveis soluções. Após um tempo razoável (uns dez minutos), apenas para iniciar a discussão, o(a) professor(a) organiza a classe num único círculo e dá início às discussões para a solução do problema, lembrando sempre que as soluções devem abranger os conceitos já trabalhados em aula. Os estudantes se pronunciam, apresentando soluções e justificativas, e você pode corrigir inadequações, aprofundando o conteúdo.
- Após um tempo, se a classe chegar a uma solução, comente os acertos e os enganos, à luz dos conceitos estudados. Se a turma não chegar a uma solução, você pode apresentar a "sua" solução.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301** • **EM13CNT104** • **EM13CNT306**

Esta *Atividade complementar* provê o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT301**, pois envolve a construção de questões, levantamento de hipóteses e previsões, com a finalidade de representar e interpretar modelos explicativos sob uma perspectiva científica; **EM13CNT104**, pois propõe ao estudante a avaliação de benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição e a toxicidade de materiais, fazendo com que o estudante se posicione criticamente e proponha soluções para o problema apresentado; **EM13CNT306**, pois propõe ao estudante a avaliação de riscos envolvidos em determinada atividade, 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.

Aplicando conhecimentos

11 Não. A bomba de aspiração, na verdade, só diminui a pressão interna do tubo do aparelho, em relação à pressão do ar ambiente. As partículas de poeira são lançadas para dentro do tubo pelo ar. Como na

EM ABERTURA

Lua a atmosfera é muito rarefeita a ponto de ser considerada desprezível, esse processo não ocorre.

12 Alternativa D.

A pressão total p no interior do líquido é dada por:

$p_{total} = p_{atm} + p_{água} = 101\ kPa + p_{água} = 513\ kPa \Rightarrow$

$\Rightarrow p_{água} = 412\ kPa$

Do teorema de Stevin, temos:

$p_{água} = d_{água} \cdot g \cdot h \Rightarrow 412 \cdot 10^3 = 1{,}03 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot h$

$\therefore\ h = 40\ m$

13 Alternativa D.

Da relação entre as unidades, temos:

$495\ ft = 1{,}5 \cdot (330\ ft) = 1{,}5 \cdot (100\ m) = 150\ m$

Portanto:

$p_{total} = p_{atm} + p_{ar} \Rightarrow p_{total} = 15\ atm + 1\ atm = 16\ atm$

8. Princípio de Pascal

O princípio de Pascal é aplicado em fluidos devido a sua capacidade de preencher um volume. Utilize a prensa hidráulica como exemplo de aplicação tecnológica, entretanto, é interessante fornecer outros exemplos, como amortecedores, êmbolos de escavadeiras, freios hidráulicos, máquinas a vapor etc.

É importante salientar que, em uma prensa hidráulica, a pressão em ambos os êmbolos é sempre a mesma e que a multiplicação de forças depende exclusivamente da relação entre as áreas dos êmbolos. Deixe claro também que, quanto maior a multiplicação de forças, menores serão os deslocamentos no êmbolo de força multiplicada.

CAPÍTULO 9 Máquinas simples

Metas do capítulo

- Estabelecer as condições de equilíbrio de uma alavanca ou de uma associação de polias, bem como analisar a transmissão de movimentos circulares por meio de engrenagens e correias.
- Reconhecer os três tipos de alavancas tratadas no capítulo – interfixa, inter-resistente e interpotente – e compreender suas aplicações na tecnologia, na sociedade, na saúde e no ambiente.
- Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia nos diversos campos e suas consequências na sociedade, no ambiente e na saúde, e relacionar a construção do conhecimento físico em máquinas simples ao desenvolvimento da tecnologia.
- Reconhecer e compreender que a característica mais importante de máquinas simples é a vantagem mecânica e interpretar sua relação com a conservação do trabalho.
- Reconhecer que sistemas de alavancas, polias e planos inclinados são máquinas simples.
- Interpretar que a grandeza física chamada de momento de uma força (ou torque) é uma medida da tendência de uma força provocar a rotação de um corpo em torno de um eixo.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo trata do desenvolvimento histórico de máquinas simples indicando sua aplicação no tratamento ou elevação da água e/ou do esgoto. Neste capítulo, alavanca, polia e plano inclinado são definidos como máquinas simples e, especificamente, o plano inclinado é abordado pelo parafuso de Arquimedes. Para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes, pode-se perguntar como eles definem máquinas simples e anotar no quadro algumas respostas. Após a leitura do texto de abertura, é interessante comparar as definições e as possíveis correlações entre elas. Sugerimos retomar essa discussão ao final do capítulo, para verificar se os estudantes desejam mudá-la. Ao longo do capítulo, aponte as aplicações das máquinas simples, tanto nos exemplos sugeridos no livro – como no uso da alavanca para facilitar o cotidiano de uma comunidade indígena – quanto no uso dos parafusos de Arquimedes em sistemas de tratamento de água. Outra sugestão é discutir a célebre frase de Arquimedes: "Deem-me uma alavanca e um ponto de apoio e eu moverei o mundo". O debate proposto deve conduzir os estudantes à reflexão sobre o uso das alavancas, concluindo que uma força de pequena intensidade pode equilibrar, por meio de uma alavanca, outra força muito mais intensa. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

- **EM13CHS106**
- **EM13MAT314**
- **Competência geral 2**
- **Competência geral 4**

Este capítulo permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS106** e da **competência geral 4**, por meio de atividades que incentivam a utilização de diferentes linguagens, gêneros textuais e tecnologias para a comunicação de resultados; da habilidade **EM13MAT314**, pois apresenta grandezas que são resultado da razão e do produto de outras; e também da **competência geral 2**, na medida em que apresenta atividades que incentivam o estudante a exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências para resolver problemas.

1. Máquinas simples

Uma máquina simples é um dispositivo de uma única peça, capaz de multiplicar uma força para facilitar a realização de determinada tarefa. Indique que alavancas, polias fixas e móveis e planos inclinados são alguns dos exemplos de máquinas simples.

Retome, por exemplo, o uso de uma roldana e do parafuso de Arquimedes para captar a água de um poço ou descartar esgoto. Note que ambos são peças ou máquinas simples distintas, mas podem realizar a mesma tarefa. Em um primeiro momento, essa análise oferece oportunidade para trabalhar parcialmente as habilidades **EM13CNT103**, **EM13CNT104**,

MODERNA

EM13CNT105, **EM13CNT203** e **EM13CNT309**, através do diálogo e de questões como: Por que o parafuso de Arquimedes pode ser mais vantajoso que um balde suspenso por uma roldana para a captação de água ou descarte de esgoto? Quais são os impactos ambientais e sanitários ao não tratar o esgoto e ao descartá-lo corretamente, entre outras que julgar pertinentes ao seu contexto escolar. Essas habilidades e a avaliação sobre a construção do conhecimento podem ser retomadas de forma mais significativa ao longo do desenvolvimento conceitual do tema e na última atividade em grupo do capítulo.

No diálogo anterior, que compara o parafuso de Arquimedes com um balde suspenso por uma corda e que passa por uma roldana para a captação de água ou descarte de esgoto, é possível que os estudantes apontem palavras como "mais útil", "mais vantajoso", "mais rentável", para explicar as vantagens do parafuso de Arquimedes em relação ao balde. Isso pode implicar a reflexão sobre o conceito de Vantagem Mecânica (VM), em que uma força de pequena intensidade (chamada de força potente) aplicada a uma máquina simples é capaz de equilibrar uma força mais intensa (chamada de força resistente): $VM = F_R/F_P$.

De olho na BNCC

- **EM13CNT103**
- **EM13CNT104**
- **EM13CNT105**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT309**

Esta seção possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT103**, pois exige uma análise dos riscos do descarte errôneo de materiais contaminados; **EM13CNT104**, pois avalia os benefícios e o risco à saúde e ao meio ambiente, ao considerar a toxidade dos resíduos no esgoto e na água; **EM13CNT105**, ao promover o debate sobre os efeitos da interferência humana no ciclo biogeoquímico da água; **EM13CNT203**, ao prever os efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano; **EM13CNT309**, pois sintetiza as questões socioambientais, políticas e econômicas relativas ao impacto da dependência mundial do uso de recursos não renováveis e as possíveis alternativas para produção de novos materiais.

2. Alavancas

A compreensão do princípio de funcionamento das alavancas baseia-se no entendimento da grandeza física momento. Após definir momento de uma força (ou torque), interprete-o como uma medida da tendência de uma força em provocar a rotação de um corpo em torno de um eixo. Assim, ao estabelecer as condições para o equilíbrio de rotação, devemos impor que a tendência de rotação em sentido horário deve anular a tendência de rotação em sentido anti-horário. A resolução do exemplo, a atividade com o simulador e a atividade em grupo elucidam a principal aplicação das alavancas, realçando o que já foi comentado na abordagem inicial: uma força de pequena intensidade pode equilibrar, por meio de uma alavanca, outra força muito mais intensa.

Sugestão de atividade complementar

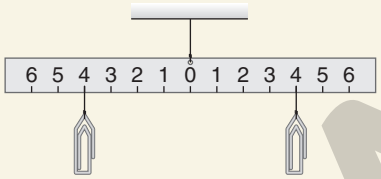
Experimento: construindo uma alavanca

Com uma tira de papelão ou uma haste de madeira, por exemplo, podemos construir uma alavanca. Vamos graduá-la em 12 partes iguais (como mostra a figura) e suspendê-la pelo ponto situado na mesma vertical que passa pelo centro de gravidade.

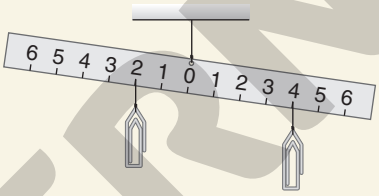
Pegamos vários clipes que servirão de "peso" e analisamos em que situações a alavanca fica em equilíbrio na posição horizontal.

(As ilustrações desta seção estão representadas sem escala.)

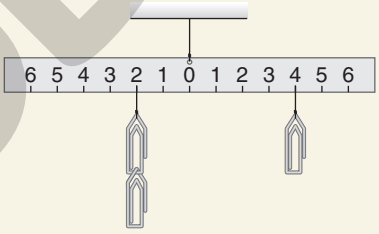
- Com um clipe de cada lado na posição 4, a alavanca fica em equilíbrio.



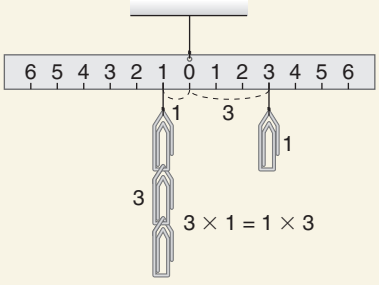
- Deslocando-se o clipe do lado esquerdo para a posição 2, a alavanca se desequilibra.

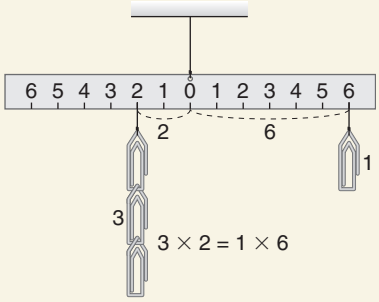


- Com dois clipes do lado esquerdo na posição 2, a alavanca volta ao equilíbrio na posição horizontal.



- Repare que, na situação de equilíbrio, é constante o produto do peso total dos clipes de cada lado pelo número de divisões até o ponto de suspensão.



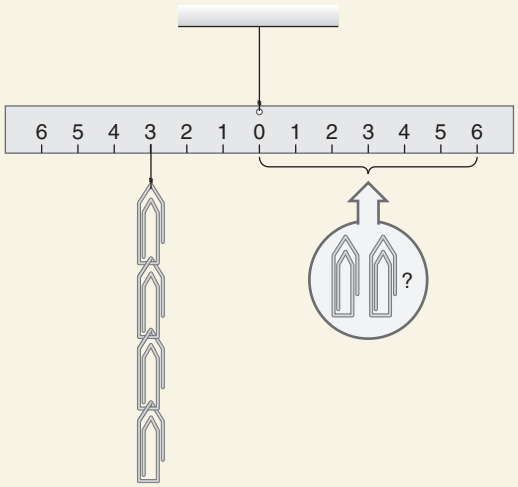


ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

Agora, um teste para os estudantes resolverem.

- Na posição 3, suspendemos quatro clipes. Em que ponto devemos suspender mais dois clipes para equilibrar a alavanca?



ADILSON SECCO

Faça a demonstração da atividade ou solicite aos estudantes que a façam. Em seguida, peça que associem as situações apresentadas a dispositivos da vida real, como um cabide cuja roupa pendurada apressadamente pende mais para um lado.

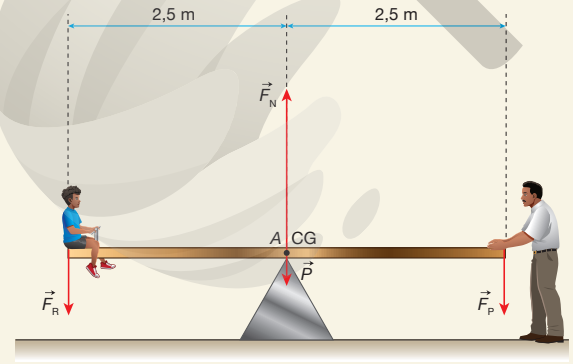
De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT204**

Esta *Sugestão de atividade complementar* possibilita o desenvolvimento das habilidades; **EM13CNT301**, pois promove a construção de questões, a elaboração de hipóteses, estimativas, interpretação de modelos e resultados; e **EM13CNT204**, pois permite que os estudantes elaborem explicações, previsões e cálculos sobre movimentos de objetos na Terra com base na análise das interações gravitacionais.

Aplicando conhecimentos

1 Considerando a nova configuração da alavanca mostrada no exemplo, temos:



NELSON MATSUDA

Assim, a alavanca representa uma gangorra, o peso do menino é a força resistente e tem intensidade de 500 N, a alavanca homogênea tem peso 200 N e os braços das forças potente e resistente valem $b_P = b_R = 2{,}5$ m. Da figura, concluímos que a distância entre A e CG é igual a zero, pois elas coincidem. Também sabemos que a alavanca está em equilíbrio na posição horizontal; assim, impondo a condição de equilíbrio de rotação, obtemos:

$F_R + b_R = F_P + b_P \Rightarrow 500 \cdot 2{,}5 = F_P \cdot 2{,}5$

$\therefore F_P = 500$ N

Dessa forma, podemos concluir que, quando CG coincide com A, as forças potente e resistente são iguais, ou seja, não há redução da intensidade da força necessária para estabelecer equilíbrio.

Por fim, impondo o equilíbrio de translação, podemos determinar a intensidade da força que o apoio exerce na alavanca:

$F_N = F_R + F_P + P \Rightarrow F_N = 500 + 500 + 200$

$\therefore F_N = 1.200$ N

Dialogando com o texto

A proposta desta atividade, de caráter investigativo, é os estudantes colocarem em prática seus conhecimentos sobre o funcionamento das alavancas. Pode-se realizar a atividade de duas formas: como um exercício de levantamento de conhecimentos prévios a aplicar antes do tópico "Equilíbrio de uma alavanca", ou como uma atividade de investigação científica após a finalização desse conteúdo.

Para trabalhar a habilidade **EM13CNT301**, destaque os indícios de uma metodologia científica (observação, hipótese e experimentação) empregados na resolução dos problemas propostos para equilibrar os pesos na balança, sempre questionando os estudantes para que levantem hipóteses e as testem. Se a atividade for realizada antes da aplicação do tópico, anote as sugestões dos estudantes para a resolução dos problemas, de forma a relacionar os seus conhecimentos com o conteúdo. No caso da aplicação após o tópico, reforce que o torque das forças que tendem a girar a alavanca em um sentido deve anular o torque das forças que tendem a girar a alavanca no outro sentido.

Discuta com os estudantes como é possível estabelecer o equilíbrio entre massas diferentes (ou iguais) a distâncias iguais ou distintas, retomando a relação com as condições de equilíbrio de rotação. As configurações de equilíbrio possíveis são:

- Para pesos iguais de cada lado: colocá-los à mesma distância, ou seja, sempre na mesma marca. Para o caso de dois extintores e uma lata de lixo, é possível configurar posições de equilíbrio, como os extintores nas marcas 6 e 8 e a lata na marca 7.
- Para pesos diferentes de cada lado: garantir que o braço da força resistente seja duas vezes o braço da força potente. Exemplo: extintor na marca 2 e lata de lixo na marca 1.

Note que não é possível equilibrar massas iguais a distâncias diferentes nem massas diferentes a distâncias iguais. Após a aplicação do módulo "Introdução" do simulador, incentive a aplicação do módulo "Jogo" para os estudantes testarem seus conhecimentos sobre o conteúdo com os colegas.

MODERNA

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

A seção *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois promove a construção de questões, a elaboração de hipóteses, estimativas, interpretação de modelos e resultados, para o enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Atividade em grupo

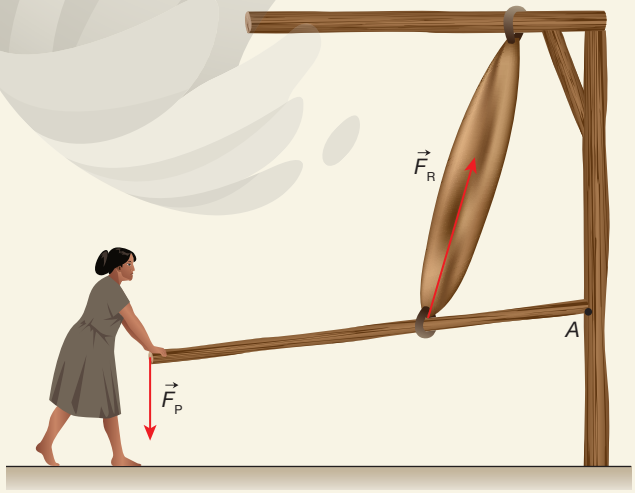
Esta atividade tem por objetivo classificar os tipos de alavancas, averiguar as forças resistentes e potentes e o ponto de apoio em utensílios de uso do dia a dia. Solicite aos grupos que produzam painéis ou cartazes com as ilustrações das alavancas, indicando a força resistente, a força potente e o ponto de apoio. Sugerimos que cada grupo relacione alavancas de determinados usos diários: na cozinha, em uma caixa de ferramentas, no material de jardim e de limpeza, em material esportivo etc. Como exemplos, citamos:

- Tesoura, quebra-nozes, pegador de gelo, abridor de garrafa, abridor de lata, espremedor de batata, talheres.
- Martelo, alicate, pé de cabra, grifo, pinça, grampeador.
- Carrinho de mão, pá, vassoura, balança.
- Vara de pesca, remo, gangorra.

Dialogando com o texto

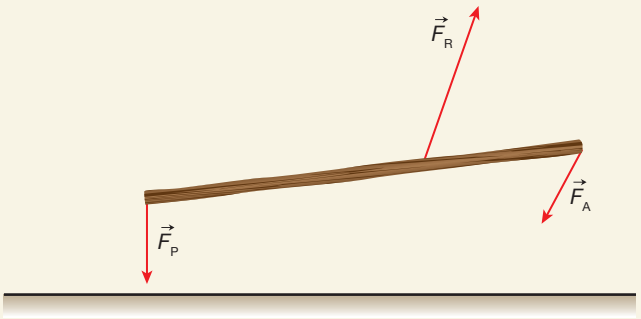
O texto mostra uma aplicação de alavanca na cultura indígena. A abordagem do texto é interdisciplinar e pode induzir à discussão de diferentes assuntos. Entre eles, destacamos os costumes indígenas, retomando a competência específica 3 da BNCC do eixo de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, a Física das alavancas (torque) e os processos químicos (diminuição de pH e deslocamento de reação) que retomam os conteúdos das Ciências da Natureza.

A alavanca por distensão é do tipo inter-resistente, sendo o fulcro a extremidade da estrutura de madeira; o ponto da força resistente é o cesto, e o ponto de força potente a aplicação de força realizada pela pessoa que utiliza o tipiti. A seguir, um diagrama de forças simplificado:



NELSON MATSUDA

ou



NELSON MATSUDA

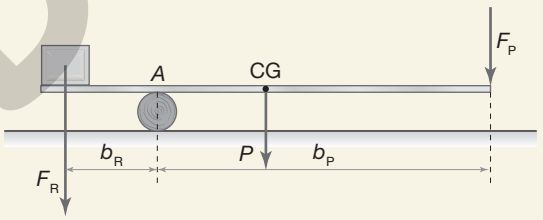
De olho na BNCC

- **Competência específica 3 de CHS**

A seção *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da **competência específica 3** da BNCC do eixo de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, pois promove a análise das relações dos povos indígenas com a natureza, através da produção e consumo da mandioca.

Aplicando conhecimentos

2 Carlos escolheu a terceira situação (veja a figura abaixo), pois o braço da força potente b_P é o maior possível e, consequentemente, o braço da força resistente b_R, o menor possível. O peso $\vec{P}$ da alavanca contribui para a diminuição da intensidade da força potente aplicada.



ADILSON SECCO

De fato, impondo a condição de equilíbrio de rotação em torno do ponto A, vem:

$$F_R \cdot b_R = F_P \cdot b_P + P \cdot a \Rightarrow F_P = \frac{F_R \cdot b_R - P \cdot a}{b_P}$$

O menor valor de F_P corresponde ao menor b_R e ao maior b_P.

1) A força $\vec{F}_N$ que o apoio exerce na barra tem torque (ou momento) nulo em relação ao ponto A, pois a força tem linha de ação que passa por A (braço nulo).

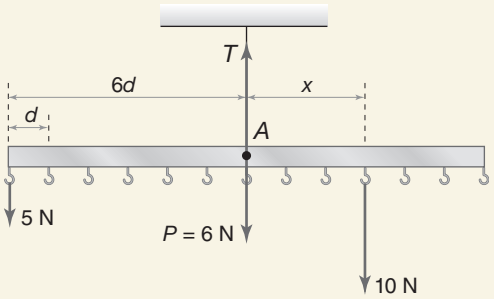
2) Na primeira situação, o peso $\vec{P}$ da alavanca não contribui para a diminuição da intensidade da força potente e, além disso, b_P é menor do que b_R.

3) Na segunda situação, as forças $\vec{F}_N$ e $\vec{P}$ têm torques nulos em relação ao ponto de apoio A. Nessa situação, temos: $F_P = F_R$

MODERNA

3 O exercício é uma boa oportunidade para fazer uma revisão das condições de equilíbrio de rotação e de translação.

A figura a seguir mostra as forças que atuam na alavanca.



Impondo a condição de equilíbrio de rotação em torno do ponto de apoio A, temos:

$5 \cdot (6 \cdot d) = 10 \cdot x \Rightarrow x = 3 \cdot d$

Tal posição corresponde ao gancho 10.

Os torques de *T* e *P* em torno de *A* são nulos (braços nulos).

Para obter a intensidade da força de tração *T* no fio que sustenta a alavanca e responder à pergunta final do exercício, devemos impor o equilíbrio de translação.

Nesse caso, temos:

$T = 5 + 6 + 10 \therefore T = 21\ \text{N}$

3. Polias ou roldanas

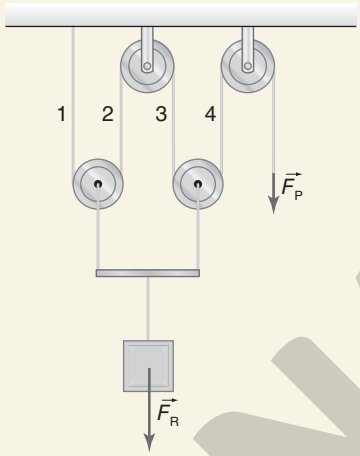
Nesse item, enfatize o uso de polias ou roldanas no cotidiano e solicite exemplos aos estudantes. Alguns exemplos possíveis são as roldanas dos equipamentos de ginástica, as utilizadas nas velas de um barco, nos guindastes, nos equipamentos de escalada, nos rolamentos de *skates* e bicicletas, nos elevadores de poço, entre outros. Inicie a abordagem com a definição de polias fixas, polias móveis e associações de polias. Apresente as condições de equilíbrio para as polias. A definição de Vantagem Mecânica (VM) é um conceito muito importante para máquinas simples e diretamente relacionado ao conceito de trabalho. Apresente a talha exponencial e indique a necessidade de uma configuração específica, com *n* polias móveis, de eixos distintos, e uma polia fixa. Compare a vantagem mecânica da talha exponencial com a da associação de polias, ressaltando que esse valor depende apenas da quantidade de polias móveis no sistema e que a VM da primeira tem um crescimento exponencial, enquanto o da associação de *n* polias fixas com *n* polias móveis é linear. Ao apresentar o tópico sobre conservação de trabalho, retome sua relação com vantagem mecânica.

Aplicando conhecimentos

O exercício 4 integra os conhecimentos da vantagem mecânica em uma associação de polias, enquanto o exercício 5 compõe o uso da conservação de trabalho em resolução de exercícios com polias.

4 O exercício explora o uso de múltiplas polias móveis. Recomende aos estudantes que façam um esquema com as forças.

a) A figura a seguir mostra o sistema de polias apresentado no enunciado.



Em cada trecho de fio, numerados de 1 a 4, a força de tração tem intensidade F_P.

Assim, $4 \cdot F_P$ equilibra F_R:

$4 \cdot F_P = F_R \Rightarrow 4 \cdot F_P = 100 \therefore F_P = 25\ \text{N}$

Observe que poderíamos ter resolvido este item aplicando a fórmula:

$F_P = \frac{F_R}{2 \cdot n}$, em que *n* é o número de polias móveis.

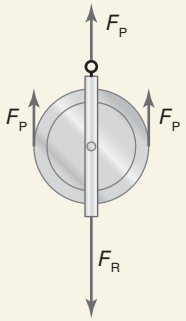
Assim, teríamos:

$F_P = \frac{100}{2 \cdot 2} \therefore F_P = 25\ \text{N}$

b) A vantagem mecânica VM é, por definição, a grandeza dada por:

$\text{VM} = \frac{F_R}{F_P} \Rightarrow \text{VM} = \frac{100\ \text{N}}{25\ \text{N}} \Rightarrow \text{VM} = 4$

5 O exercício é uma aplicação da conservação do trabalho. Pode-se lembrar aos estudantes que a aplicação de uma força menos intensa, ao usar um sistema de polias, não diminui o trabalho a ser realizado. A força a ser utilizada realmente é menor, mas o deslocamento que seu ponto de aplicação deve sofrer é maior.



A figura acima mostra as forças que atuam na polia móvel.

Do equilíbrio dessa polia, temos: $3 \cdot F_P = F_R$

Da conservação do trabalho, vem:

$\mathcal{C}_{FP} = |\mathcal{C}_{FR}| \Rightarrow F_P \cdot d_P = F_R \cdot d_R \Rightarrow$

$\Rightarrow F_P \cdot x = 3 \cdot F_P \cdot y \Rightarrow y = \frac{x}{3}$

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

EM MODERNA

4. Plano inclinado

Incentive os estudantes a apontarem exemplos do cotidiano que remetam ao plano inclinado e questione quando esses exemplos tornam as atividades mais simples ou mais difíceis; talvez eles relatem o uso da rampa para ajudar a transportar objetos para um caminhão de mudança ou as ruas de grande declividade. Explique que a classificação do plano inclinado como máquina simples advém do fato de que a intensidade da força aplicada para manter um corpo em equilíbrio sobre ele (sem atrito) é menor que a força peso do corpo. De fato, sendo $F = P_t \Rightarrow F = P \cdot \text{sen}\,\alpha$ e como $\text{sen}\,\alpha < 1$, vem $F < P$. Essa análise remete ao exemplo da rampa, em que a força exercida para erguer um objeto em um plano inclinado é menor que no caso em que a força é aplicada na vertical. Se for pertinente, questione: O que é mais fácil fazer: colocar tambores diretamente na carroceria do caminhão, ou rolá-los ao longo de um plano inclinado?. Após essa discussão, retome a abertura do capítulo e a estrutura do parafuso de Arquimedes, em que um parafuso pode ser entendido como um plano inclinado "torcido".

Acreditamos que a atividade em grupo proposta será uma boa oportunidade para os estudantes relacionarem o conceito de declividade com o de plano inclinado e utilizar as TDICs.

De olho na BNCC

- **EM13MAT308**

Este item permite o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT308**, da área de Matemática e suas Tecnologias, na medida em que propõe a utilização de relações métricas para resolver problemas em variados contextos.

Atividade em grupo

Esta atividade tem por objetivo aplicar os conhecimentos sobre plano inclinado na infraestrutura dos transportes automobilísticos e trabalhar a habilidade **EM13CNT302**. A declividade é o valor da tangente da inclinação de um plano inclinado. No Brasil, o órgão que estabelece as normas de declividade máxima de estradas é o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT). É comum que a declividade seja apresentada nos manuais dos fabricantes de veículos ou do DNIT com a terminologia denominada inclinação percentual. Por exemplo, se uma rampa tem uma inclinação de 10°, então sua declividade é cerca de 0,18 e o valor da inclinação percentual é de 18%. Para concretizar o trabalho com a habilidade **EM13CNT302**, incentive os estudantes a apresentarem os resultados da pesquisa por meio de TDICs – *podcasts*, vídeos de aplicativos de mídia, blogue da turma, entre outros recursos. Se julgar conveniente, sugira aos estudantes o vídeo de uma palestra ilustrativa sobre inclinação de ruas e estradas. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VYVpTBphHP0>. Acesso em: 19 jun. 2020.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302** • **EM13LGG603** • **EM13LGG703**

A *Atividade em grupo* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**, pois exige a interpretação de textos científicos e técnicos, para promover um debate através do uso de tecnologias de informação e comunicação (TDIC), e das habilidades **EM13LGG603** e **EM13LGG703**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, na medida em que incentiva o estudante a atuar em processos de criação autorais nas diferentes linguagens artísticas e a utilizar diferentes mídias, linguagens e ferramentas digitais em processos de produção coletiva e/ou individual.

Dialogando com o texto

O texto de abertura mostra uma aplicação de máquina simples para o tratamento de água e esgoto – o parafuso de Arquimedes. Ao retomar esse tipo de máquina, podemos estimar, para um caso hipotético, o volume de água transportado a cada rotação do parafuso.

A vantagem mecânica (VM) do parafuso de Arquimedes indica a razão entre a força exercida no parafuso ao girar a manivela e a força aplicada pelo parafuso ao empurrar a água. De acordo com o texto, VM = 16, isso significa que o módulo da força exercida (F_R) pelo parafuso é 16 vezes maior que a força nele aplicada (F_P).

O volume de água em uma rotação é igual ao volume de um cilindro. Sendo d a distância entre duas hélices sucessivas, temos: $V = \pi \cdot r^2 \cdot d$, em que $r = 2$ m, e a distância d pode ser obtida pelo cálculo da vantagem mecânica:

$$\text{VM} = \frac{2\pi \cdot r}{d} \Rightarrow \text{VM} = \frac{2\pi \cdot 2}{d} = 16 \Rightarrow d = \frac{4\pi}{16}$$

Ao considerar o volume de água em uma rotação igual ao volume de um cilindro de altura d, temos:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot d = \pi \cdot 2^2 \cdot \frac{4\pi}{16} = \pi^2 \ \therefore\ \text{V} \simeq 9{,}9\ \text{m}^3$$ de água a cada rotação

Pode-se fazer uma análise mais crítica ao indicar que, nesse caso, a vantagem mecânica depende exclusivamente da propriedade geométrica da máquina, ou seja, do raio r e da distância d entre as hélices. Pelo princípio de conservação do trabalho, podemos notar que:

$$F_R \cdot b_R = F_P \cdot b_P \ \therefore\ \text{VM} = \frac{b_P}{b_R}$$

Para uma rotação completa do parafuso, temos $b_P = 2\pi r$ e o valor da "distância" b_R é a própria distância entre as hélices d. Portanto, $\text{VM} = 2\pi\frac{r}{d}$. A depender da configuração geométrica, é possível adequar o parafuso de Arquimedes a distintas aplicações. Essa análise provê o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT307**.

De olho na BNCC

- **EM13CNT307**

A seção *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT307**, pois propõe a análise de propriedades geométricas dos materiais, para verificar sua adequação no setor tecnológico.

MODERNA

5. Transmissão de movimentos circulares – engrenagens

A transmissão de movimentos circulares é um tema importante para o entendimento de diversas aplicações de engrenagens; por exemplo, no câmbio de veículos, nos portões elétricos, no sistema de câmbio da bicicleta, no sistema giratório de ventiladores, motores, entre outros. Destaque para os estudantes que a velocidade linear em todos os pontos periféricos da engrenagem é a mesma.

Você pode abordar esse tema ao questionar os estudantes sobre o que ocorre ao aumentar ou diminuir as marchas de uma bicicleta. A marcha "mais pesada" corresponde às coroas maiores (isto é, de maior raio) e catracas menores (isto é, de menor raio), enquanto as marchas "mais leves" correspondem às coroas menores e catracas maiores. As coroas estão ligadas aos pedais e as catracas à roda traseira. A velocidade angular da roda traseira é a mesma da catraca.

Aplicando conhecimentos

6 Mostre aos estudantes que, nesse caso, devido ao contato direto entre as engrenagens, elas giram em sentidos opostos.

Mais uma vez, como as engrenagens giram sem escorregar, devemos ter uma mesma velocidade linear no ponto de contato entre elas.

Então:

$v_A = v_B \Rightarrow \omega_A \cdot R_A = v_B \cdot R_b \Rightarrow 30 \cdot 25 = \omega_B \cdot 10$

$\therefore \omega_B = 75$ rad/s

A engrenagem *B* gira em sentido contrário ao da engrenagem *A*; portanto, no sentido anti-horário.

Atividade em grupo

Os quatro setores presentes na rede de tratamento de esgoto podem ser compreendidos como máquinas simples capazes de formar um sistema de automação de tratamento de esgoto. A função de um emissário submarino é ser um sistema de reconhecimento e lançamento de esgoto doméstico no mar. É importante ressaltar que o emissário não elimina a necessidade de tratamento do esgoto em uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), antes de passar pela rede do emissário. Portanto, é possível que os estudantes apontem os processos químicos no tratamento de esgoto, a contaminação do esgoto por agentes poluentes ou tóxicos, os esgotos irregulares e os danos ambientais e à saúde gerados pela falta do tratamento, pelas irregularidades da rede de esgoto ou pelo impacto da própria matéria orgânica lançada no ambiente marinho. Assim, essa proposta de atividade interdisciplinar em grupo provê subsídios para que os estudantes desenvolvam as habilidades **EM13CNT103**, **EM13CNT104**, **EM13CNT105**, **EM13CNT203** e **EM13CNT309**.

Os estudantes devem ser capazes de apontar os impactos ambientais e à saúde pública gerados pela falta do tratamento de esgoto. Propomos, se for pertinente, que seja realizada uma colaboração interdisciplinar com os componentes curriculares de Biologia e Química, para fundamentar e ampliar ainda mais a atividade. A forma de apresentação da pesquisa fica a critério do professor – cartazes, feira de ciências, *podcast*, *slides*, maquetes, entre outros. Para auxiliá-lo, simplificamos o funcionamento de cada setor, em uma perspectiva da Física:

- Estação elevatória: o esgoto domiciliar recolhido nas residências litorâneas é direcionado por meio da diferença de pressão na água das tubulações residenciais, que são encaminhadas aos dutos de esgotos e chegam à estação elevatória.
- Estação de pré-condicionamento (EPC): etapa de tratamento do esgoto. Em diversos sistemas, o esgoto passa por gradeamento para reter grandes sólidos e depois por um sistema de filtragem mais fina para resíduos mais finos. Por fim, em alguns casos, a filtragem, por exemplo, por meio da areia é realizada para retirar substâncias como óleos. Alguns emissários utilizam a etapa para realizar a desinfecção, por exemplo, por cloro. Nessa etapa, o processo físico mais corriqueiro é a movimentação desse volume de água entre tanques, destacando-se então a transformação de energia potencial em cinética durante o processo. Se julgar conveniente, sugira aos estudantes os vídeos indicados a seguir, no primeiro temos o tratamento da água desde a captação até a distribuição e o segundo aborda o tratamento de esgotos.

  <https://www.youtube.com/watch?v=YcLtPJBjdAc>

  Acesso em: 19 jun. 2020.

  <https://www.youtube.com/watch?v=w2gnqPq5NBU>

  Acesso em: 19 jun. 2020.
- Câmara de carga ou chaminé de equilíbrio: estrutura de segurança auxiliar projetada para levar o esgoto até o emissário submarino através da gravidade. Seu objetivo é garantir a estabilidade do bombeamento do esgoto pré-condicionado.
- Emissário submarino: são tubulações dentro do mar com propriedades específicas para receber grande fluxo de água. Nessa etapa final, a transformação da energia potencial em energia cinética permite que a água seja lançada no fundo mar. Havendo possibilidade, indique aos estudantes a leitura de um texto sobre o funcionamento de um emissário submarino.

  <https://cetesb.sp.gov.br/praias/emissarios-submarinos/>

  Acesso em: 9 abr. 2021.

De olho na BNCC

- **EM13CNT103**
- **EM13CNT104**
- **EM13CNT105**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT309**
- **EM13LGG704**

A *Atividade em grupo* possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT103**, pois exige uma análise dos riscos do descarte errôneo de materiais radioativos; **EM13CNT104**, pois avalia os benefícios e os riscos à saúde e ao meio ambiente ao considerar a toxidade dos resíduos no esgoto e na água; **EM13CNT105**, ao promover o debate sobre os efeitos da interferência humana no ciclo biogeoquímico da água; **EM13CNT203**, ao prever os efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano; **EM13CNT309**, pois sintetiza as questões socioambientais, políticas e econômicas relativas ao impacto da dependência mundial do uso de recursos não renováveis e as possíveis alternativas para produção de novos materiais; e **EM13LGG704**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, pois incentiva o estudante a apropriar-se criticamente de processos de pesquisa e busca de informações.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

CAPÍTULO 10 Solubilidade e precipitação

Metas do capítulo

- Compreender o conceito de solubilidade.
- Classificar uma solução em saturada, insaturada ou supersaturada.
- Relacionar a variação da solubilidade de um soluto com a temperatura da solução.
- Prever a possibilidade de, ao misturar soluções aquosas, ocorrer precipitação de compostos iônicos inorgânicos praticamente insolúveis em água.
- Avaliar a solubilidade de compostos orgânicos em água, baseando-se em características das espécies químicas.
- Relacionar a solubilidade das vitaminas em meios polares ou apolares com suas características estruturais.
- Identificar a estrutura de sabões e detergentes e suas propriedades emulsificantes e tensoativas.
- Compreender as consequências do uso de poluentes orgânicos persistentes como os PCBs e o DDT.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Química. Inicie a abordagem questionando os estudantes sobre a dissolução de substâncias e misturas em água. É possível que eles tenham conhecimento de que a água e o óleo de cozinha, por exemplo, são imiscíveis entre si. Pergunte aos estudantes se eles já tiveram sensação de mal-estar por terem feito uma refeição com grande quantidade de alimentos gordurosos e, em seguida, mencione o processo de digestão dos alimentos, destacando a ação da bile no processo digestivo.

A abertura do capítulo contextualiza a solubilidade dos compostos em água e a ação de tensoativos, presentes na bile, no processo de digestão. A água é a substância existente em maior quantidade no organismo humano e participa de muitos processos vitais, atuando como solvente em muitos deles. No entanto, materiais de caráter apolar, como os óleos e as gorduras, não se dissolvem na água. No processo de digestão, por exemplo, as substâncias tensoativas presentes na bile possibilitam a formação de emulsões de substâncias apolares em água, facilitando a ação de enzimas digestivas que atuam em meio aquoso.

Deixe claro que, apesar da diferença de polaridade entre a água e os óleos ou gorduras, a ação de substâncias tensoativas possibilita a dispersão das substâncias apolares no meio aquoso. Para aproximar o conteúdo da realidade dos estudantes, cite o uso de sabões ou detergentes, que também possibilitam esse tipo de dispersão visando à limpeza da louça engordurada.

Questione qual é a concepção dos estudantes para essa dispersão das substâncias oleosas ou gordurosas em água sob a ação de sabões ou detergentes. Proponha que registrem suas explicações, a fim de que seja possível retornar a elas ao final do capítulo, buscando aprimorá-las e perceber o aprendizado realizado.

Outro exemplo que você pode mencionar, nessa abertura de capítulo, é um interessante caso relacionado à pesquisa realizada pela química estadunidense Alice Ball (Fig. 1). Ela formou-se em Química na Universidade de Washington e, a seguir, mudou-se para continuar seus estudos no programa de mestrado da Universidade do Havaí. Em 1915, tornou-se uma dupla referência: foi a primeira mulher e a primeira afrodescendente a concluir o mestrado naquela instituição.

REPRODUÇÃO – COLEÇÃO PARTICULAR

Figura 1 Alice Augusta Ball (1892-1916), em foto de 1915, ao concluir seu mestrado. Ela morreu com apenas 24 anos, antes que o resultado de sua pesquisa fosse empregado em pacientes. Os extratos produzidos por seu método foram usados durante muitos anos no tratamento da hanseníase.

Naquela época, a doença bacteriana hanseníase (então conhecida como lepra), que causa lesões na pele e perda de sensibilidade tátil, não tinha cura, e os doentes eram obrigados a se isolarem do convívio social para evitar a transmissão. A cura só foi possível a partir da década de 1940, com a introdução terapêutica do antibiótico sulfanilamida. O que prevalecia no combate à hanseníase, antes disso, era um tratamento com o óleo das sementes de chaulmoogra, árvore de origem asiática. Contudo, a ingestão do óleo causava dores de estômago, vômitos e diarreia. A injeção intramuscular provocava inflamação e dor intensa no local de aplicação, embora eliminasse o problema de vômitos e náuseas.

Para amenizar o sofrimento dos doentes, Alice Ball procurou uma maneira de melhorar o tratamento injetável. Ela estudou o óleo e realizou reações químicas apropriadas para transformar as substâncias terapêuticas nele presentes em outras substâncias que, mantendo a propriedade terapêutica, eram menos viscosas e relativamente mais fáceis de se dispersar na água corporal, o que tornaria o tratamento por injeções mais suportável.

Esse foi um dos muitos importantes passos no tratamento da doença. O feito da cientista tem relação com princípios de solubilidade de substâncias químicas em água, tema que estudaremos neste capítulo.

Atualmente, a hanseníase tem cura. O tratamento é feito, sob orientação médica, com antibióticos sintéticos apropriados e está entre os serviços oferecidos gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde do Brasil. Ao docente, cabe a informação de que as substâncias obtidas por Ball foram ésteres etílicos dos ácidos graxos dos triacilgliceróis do óleo de chaulmoogra. Uma narrativa do uso desse óleo no Brasil, escrita por pesqui-

EM ABERTA

sadores da Fiocruz e disponibilizada na internet (busque pelo título), está em SANTOS, F. S. D. *et al*. O óleo de chaulmoogra como conhecimento científico: a construção de uma terapêutica antileprótica. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*. Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 29-47, jan.-mar. 2008.

1. Solubilidade e curva de solubilidade

Para abordar as soluções saturadas e insaturadas, sugerimos que realize, durante a aula, uma demonstração com o uso de uma solução de cloreto de sódio em água. Inicialmente, adicione uma colher de sopa de sal a um copo transparente com 200 mL de água e misture até que a dissolução total do soluto ocorra. Em seguida, pergunte aos estudantes se há um limite na quantidade de sal que pode ser dissolvido na água. Adicione mais uma colher de sal, tente dissolvê-lo e vá colocando soluto aos poucos, até que parte dele não se dissolva. É importante agitar a mistura durante essa demonstração. (Se houver disponibilidade de cloreto de sódio para uso laboratorial, dê preferência a utilizá-lo. Isso porque o sal de cozinha comercial às vezes contém pequena quantidade de sílica – acrescida para atuar como antiumectante –, que, sendo insolúvel em água, pode induzir à falsa conclusão de se tratar de corpo de fundo constituído de cloreto de sódio.)

Explique aos estudantes que existe um limite de sal que pode ser dissolvido em uma dada quantidade de água (sob determinada temperatura e pressão). A Figura 1 do Livro do Estudante também auxilia nessa apresentação (no caso, ela se refere ao cloreto de potássio). Esse limite, ou seja, a máxima quantidade de um soluto que dissolve em uma quantidade específica de solvente, a dada pressão e temperatura, formando uma solução estável, é chamado de solubilidade. Em seguida, defina e diferencie solução insaturada e solução saturada.

Caso considere válido, em outro copo com 200 mL de água, adicione quantidades de açúcar até que parte do soluto misturado não se dissolva. Com base nessa demonstração, será possível mostrar aos estudantes que materiais diferentes têm solubilidades distintas em determinado solvente. Para isso, utilize a balança, a fim de comparar as massas de sal de cozinha e açúcar que dissolvem em um mesmo volume de água.

Ao falar sobre soluções supersaturadas, ou seja, aquelas com concentração superior ao limite estável, deixe claro que elas são instáveis e tendem a formar precipitado (que corresponde ao excesso de soluto dissolvido) mesmo quando uma mínima perturbação é aplicada ao sistema (Figura 2 do Livro do Estudante).

Peça aos estudantes que observem a Tabela 1 do Livro do Estudante. Questione-os sobre a variação da solubilidade em função da temperatura. Eles perceberão que a solubilidade do sal cloreto de potássio (KCl) aumenta com a elevação da temperatura. Com base na Tabela 2, mostre que nem todos os solutos apresentam aumento em sua solubilidade em água com a elevação da temperatura. Exemplo disso é a solubilidade do sal carbonato de lítio (Li_2CO_3), que decresce à medida que a temperatura aumenta.

Usando o gráfico da Figura 4 do Livro do Estudante, auxilie os estudantes a identificar a solubilidade de diferentes sais em água, a uma dada temperatura. Além disso, estimule-os a analisar cada uma das curvas a fim de inferir como a solubilidade de alguns sais varia com a temperatura. Explique que a maior parte dos sais exibe um comportamento de aumento da solubilidade com o aumento da temperatura. Peça a eles que identifiquem no gráfico o sal que apresenta comportamento oposto. Eles deverão identificar que se trata do sulfato de cério(III), $Ce_2(SO_4)_3$.

Para observar a solubilidade de diferentes sais, sugerimos a utilização do simulador *Sais e solubilidade* (disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/soluble-salts>, acesso em: jul. 2020). Por meio dessa atividade interativa, os estudantes podem alterar a concentração de sais em uma solução e observar a solubilidade dos diferentes solutos em distintos volumes de solvente e a formação de precipitado. Para ampliar a assimilação do conteúdo, apresente situações-problema em que seja necessário calcular a quantidade de sal precipitado no resfriamento de uma solução saturada. Aplique o conteúdo abordado para determinar a massa de precipitado que se forma (sem considerar a possibilidade de supersaturação) ao se resfriar uma solução saturada de KCl em 100 g de H_2O de 80 °C para 20 °C. Peça aos estudantes que pesquisem as solubilidades na Tabela 1 do Livro do Estudante para as temperaturas dadas.

Dialogando com o texto

O processo de concentração da garapa envolve a evaporação de parte da água da solução. Considerando que se deseja **iniciar** a cristalização da sacarose presente em 1 L de solução de concentração 165 g/L, deve-se evaporar a água até que a concentração aumente para 660 g/L. Como nesse volume de solução há 165 g de sacarose, deve-se calcular o novo volume de solução necessário para atingir a concentração de 660 g/L:

Massa de sacarose		Volume de solução
660 g	——	1 L
165 g	——	x

$\Rightarrow x = 0{,}25$ L

Assim, o volume deve ser reduzido a 0,25 L, que corresponde a **25%** do volume inicial, ou seja, **um quarto** do valor inicial.

Aproveite esta atividade para mostrar aos estudantes que a solubilidade pode ser expressa, conforme a conveniência, em outras unidades de concentração, além de g/100 g H_2O. No caso, ela foi expressa em gramas de soluto por litro de solução.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

O *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois permite analisar as transformações em sistemas que envolvem quantidade de matéria para realizar previsões sobre seu comportamento em processos produtivos.

Aplicando conhecimentos

1 a) Parte da glicose que estava dissolvida na solução (inicialmente supersaturada) precipita, tornando possível a observação do açúcar cristalizado.

EM ABERTA

b) Não. A solubilidade do açúcar diminui com a redução da temperatura e, assim, guardar o mel da geladeira pode favorecer a formação de cristais de açúcar sólido, em vez de evitá-la.

2 A solubilidade do KNO_3 a 10 °C é de 20 g em 100 g de H_2O (Figura 4 do Livro do Estudante). Pode-se, então, fazer o cálculo a seguir para obter a menor massa de água necessária na dissolução completa de 9,0 g desse sal:

Massa de KNO_3		Massa de água		
20 g	——	100 g	⇒	$x = 45$ g
9 g	——	x		

3 Por meio da Figura 4 do Livro do Estudante, observa-se que a solubilidade do $KClO_3$ a 70 °C é de 30 g de sal em 100 g de H_2O. Dessa forma, uma solução constituída de 30 g desse sal e 100 g de água (massa total de 130 g) é saturada. A solução citada na atividade tinha, inicialmente, massa total de 260 g, que é o dobro de 130 g. Assim, podemos calcular a massa de soluto e de solvente nessa solução:

Massa de $KClO_3$		Massa de solução		
30 g	——	130 g	⇒	$x = 60$ g
x	——	260 g		

Massa de água		Massa de solução		
100 g	——	130 g	⇒	$y = 200$ g
y	——	260 g		

Então, em 260 g de solução saturada, a 70 °C, existem 60 g de soluto e 200 g de solvente. Ao resfriar essa solução para 30 °C, a solubilidade do sal decresce para 10 g de $KClO_3$ em 100 g de H_2O. A massa de sal que permanece dissolvida é:

Massa de $KClO_3$		Massa de água		
10 g	——	100 g	⇒	$z = 20$ g
z	——	200 g		

Portanto, o resfriamento mencionado acarretará a precipitação de 40 g de $KClO_3$, que corresponde à diferença entre o que estava dissolvido inicialmente (60 g) e o que permanece dissolvido ao final (20 g).

A finalidade pedagógica da atividade é possibilitar aos estudantes perceber que, em uma solução saturada a certa temperatura, existe não somente uma proporcionalidade entre massa de soluto e massa de solvente, mas também entre massa de soluto e massa de solução, e entre massa de solvente e massa de solução.

4 Uma amostra que apresenta 150 g de $K_2Cr_2O_7$ dissolvidos completamente em 500 g de H_2O tem a mesma concentração (expressa em gramas de soluto por 100 g de água) que uma solução com 30 g de $K_2Cr_2O_7$ dissolvidos completamente em 100 g de H_2O, o que pode ser deduzido pelo cálculo:

Massa de $K_2Cr_2O_7$		Massa de água		
150 g	——	500 g	⇒	$x = 30$ g
x	——	100 g		

Essa proporção entre massa de soluto e massa de solvente corresponde à solubilidade do $K_2Cr_2O_7$ a 50 °C, valor obtido da Figura 4 do Livro do Estudante (Curva de solubilidade em água de alguns sais, a 1 atm). Essa figura também informa que a solubilidade desse sal cresce com a temperatura. Então, concluímos que a solução **não** pode ter sido preparada em temperatura inferior a 50 °C, pois o sal não se dissolveria completamente. Consequentemente, ***T* deve ser igual ou superior a 50 °C**.

2. Precipitações de compostos iônicos inorgânicos

A abordagem em sala pode se iniciar comentando a reação química referente à Figura 5 do Livro do Estudante. Explique aos estudantes que, ao misturar as soluções aquosas dos dois compostos mencionados ($AgNO_3$ e NaCl), obtém-se uma solução contendo quatro tipos de íons: Ag^+ (aq), NO_3^- (aq), Na^+ (aq) e Cl^- (aq). Usando a Tabela 3 do Livro do Estudante, mostre que as substâncias utilizadas inicialmente eram muito solúveis em água. Por essa razão, seus íons estavam dissolvidos sem formação de precipitado. Solicite aos estudantes que, com base nessa tabela, justifiquem por que o precipitado branco, formado ao misturar as duas soluções, é constituído pelo sal AgCl. A expectativa é de que percebam, fundamentados na tabela, que se trata de um sal pouquíssimo solúvel em água.

Uma análise similar, empregando a mesma tabela, pode ser feita com a Figura 6.A do Livro do Estudante. Os estudantes podem concluir que $Pb(NO_3)_2$ e KI são sais muito solúveis em água, mas PbI_2 é pouquíssimo solúvel, o que explica sua precipitação ao misturar as soluções (é o precipitado amarelo da figura). A tabela também permite explicar por que não há precipitação de KNO_3, o que se deve à sua considerável solubilidade em água.

É importante destacar aos estudantes que o uso dos termos "solúvel" e "insolúvel" para classificar os sais é uma simplificação, pois, mesmo em quantidades muito pequenas, todos os sais podem ser parcialmente dissolvidos. Calcule com os estudantes a quantidade de água necessária para dissolver, por exemplo, um grama de cloreto de prata, que seria equivalente a mais de 500 L desse solvente. O cálculo se fundamenta na solubilidade do AgCl (Tabela 3 do Livro do Estudante):

Massa de AgCl		Massa de água		
0,00019 g	——	100 g	⇒	$x = 5{,}26 \cdot 10^5$ g
1 g	——	x		$x = 526$ kg

Considerando a densidade da água líquida (1 kg/L), essa massa de água ocupa o volume de 526 L. Para tornar essa explicação mais tangível, comente que seria necessário um volume de solvente equivalente a mais da metade de uma caixa-d´água de 1.000 L (1 m^3) para conseguir dissolver uma colher (de café) desse sal.

Equacione na lousa os outros exemplos de precipitação de compostos iônicos dados neste item, de forma a explorar

as imagens da Figura 7 do Livro do Estudante e a interpretação da Tabela 4. Compare as Tabelas 3 e 4, mostrando que, apesar de a segunda apresentar as informações de forma mais simplificada e sem dados numéricos, ela é útil se o objetivo for uma análise qualitativa da previsão de uma precipitação.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

As abordagens sugeridas neste item permitem desenvolver a habilidade **EM13CNT101** da BNCC, pois estimulam os estudantes a analisar e representar transformações químicas e conservações (dos átomos) em sistemas que envolvam quantidade de matéria, para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações em que possam ocorrer reações de precipitação.

Atividade em grupo

Se julgar conveniente, disponibilize materiais como cartolina, canetas coloridas, tesouras sem ponta e réguas para que os estudantes, em duplas ou em pequenos grupos, confeccionem os dados de papel propostos na atividade e testem o que é dito no livro: há maior probabilidade de um dos jogadores vencer. Após a confecção dos dados de papel, verifique se os íons foram indicados corretamente.

É necessário um número suficientemente alto de lançamentos dos dados para que a amostragem seja significativa. Para assegurar isso, você pode propor que os membros de cada equipe façam 30 lançamentos e registrem o número de vezes em que saiu "solúvel" ou "insolúvel". (Note o exercício envolvido, de consulta à Tabela 4 do Livro do Estudante.) A seguir, cada grupo deve registrar seus resultados na lousa para que a classe possa fazer a totalização e constatar que, de fato, há maior probabilidade de "solúvel" ganhar.

Entre as combinações possíveis no jogo, há mais sais solúveis em água do que insolúveis. Para resolver o problema, os estudantes deverão listar todas as possibilidades de combinação entre cátions e ânions. Em seguida, usando a Tabela 4 do Livro do Estudante, devem classificar os sais em solúveis ou insolúveis e, dessa forma, podem concluir que existe uma quantidade maior de sais solúveis. Esse tipo de atividade é muito importante, pois além de estimular o trabalho em equipe, trata-se de uma abordagem mais dinâmica que, em geral, desperta o interesse dos estudantes, o que favorece a assimilação do conteúdo.

Uma maneira bastante apropriada de apresentar os dados é tabelando-os conforme exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1 Possível modo de apresentação de dados referentes à argumentação dos estudantes na *Atividade em grupo*.

ânion / **cátion**	NO_3^- **nitrato**	CH_3COO^- **acetato**	Cl^- **cloreto**	SO_4^{2-} **sulfato**	S^- **sulfeto**	PO_4^{3-} **fosfato**
Na^+ **sódio**	$NaNO_3$ solúvel	$NaCH_3COO$ solúvel	$NaCl$ solúvel	Na_2SO_4 solúvel	Na_2S solúvel	Na_3PO_4 solúvel
K^+ **potássio**	KNO_3 solúvel	KCH_3COO solúvel	KCl solúvel	K_2SO_4 solúvel	K_2S solúvel	K_3PO_4 solúvel
NH_4^+ **amônio**	NH_4NO_3 solúvel	NH_4CH_3COO solúvel	NH_4Cl solúvel	$(NH_4)_2SO_4$ solúvel	$(NH_4)_2S$ solúvel	$(NH_4)_3PO_4$ solúvel
Pb^{2+} **chumbo(II)**	$Pb(NO_3)_2$ solúvel	$Pb(CH_3COO)_2$ solúvel	$PbCl_2$ insolúvel	$PbSO_4$ insolúvel	PbS insolúvel	$Pb_3(PO_4)_2$ insolúvel
Ca^{2+} **cálcio**	$Ca(NO_3)_2$ solúvel	$Ca(CH_3COO)_2$ solúvel	$CaCl_2$ solúvel	$CaSO_4$ insolúvel	CaS solúvel	$Ca_3(PO_4)_2$ insolúvel
Fe^{2+} **ferro(II)**	$Fe(NO_3)_2$ solúvel	$Fe(CH_3COO)_2$ solúvel	$FeCl_2$ solúvel	$FeSO_4$ solúvel	FeS_2 insolúvel	$Fe_3(PO_4)_2$ insolúvel

Fontes consultadas: GILBERT, T. R. *et al. Chemistry:* the Science in Context. 5. ed. Nova York: Norton, 2018; MCMURRY, J. E. *et al. Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016; BROWN, T. L. *et al. Chemistry:* the Central Science. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT205**

A *Atividade em grupo* possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT301**, pois permite elaborar previsões e estimativas, representar e interpretar modelos explicativos e resultados experimentais para avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema; e **EM13CNT205**, porque leva os estudantes a interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades relativas a fenômenos naturais, com base nas noções de probabilidade, reconhecendo que tais previsões encontram-se dentro dos limites explicativos das ciências.

3. Solubilidade de compostos orgânicos

Para iniciar o desenvolvimento do subitem *Grupos hidrófobos, grupos hidrófilos e solubilidade*, sugerimos que realize, de **modo demonstrativo**, um teste simples usado para verificar a qualidade da gasolina. Adicione 10 mL de gasolina e 10 mL de água a um balão volumétrico, tampe-o e agite-o. Transfira a mistura para uma proveta de 25 mL e aguarde alguns minutos, até que ocorra a separação entre as fases. O etanol contido na gasolina passa a fazer parte da fase aquosa. Esse é um exemplo de que as interações intermoleculares entre o etanol e a água (ligações de hidrogênio) são mais intensas do que entre o etanol e a gasolina. Entre as referências que apresentam a abordagem desse tipo de atividade, recomendamos: DAZZANI, M.; CORREIA, P. R. M.; OLIVEIRA, P. V.; MARCONDES, M. E. R. Explorando a química na determinação do teor de álcool na gasolina. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 42-45, 2003. Esse artigo é disponibilizado na internet e pode ser encontrado mediante uma busca pelo título.

Apresente a Tabela 5 do Livro do Estudante e questione os estudantes sobre o que acontece com a solubilidade dos álcoois à medida que a cadeia carbônica aumenta. Em seguida, peça que eles proponham explicações para justificar essa constatação. Ao mencionar as ligações de hidrogênio estabelecidas entre o grupo —OH dos álcoois e as moléculas de água, mostre que a representação dessas interações intermoleculares pode ser feita como na Figura 8 do Livro do Estudante.

A solubilidade de um composto orgânico em água está relacionada com a sua estrutura molecular, em especial, com a presença de grupos que estabelecem ligações de hidrogênio com a água, tais como —OH, $-NH_2$ (amino), $-OCH_3$ (metóxi), $>C=O$ (carbonila) e —COOH (carboxila), que são, por isso, denominados grupos hidrófilos.

Deixe claro que a análise da solubilidade de diferentes compostos orgânicos em determinado solvente deve ser feita caso a caso, sempre levando em consideração fatores como características estruturais das espécies químicas envolvidas e os tipos de interações estabelecidas. Assim, os estudantes serão estimulados a analisar as situações propostas em vez de buscar memorizar quais tipos de moléculas são solúveis em um dado solvente.

Ao abordar o subitem *Vitaminas hidrossolúveis e vitaminas lipossolúveis*, ressalte que a solubilidade das vitaminas em diferentes meios do corpo humano está relacionada com suas estruturas químicas. Sugerimos que oriente os estudantes na observação das fórmulas estruturais da vitamina C (Figura 9 do Livro do Estudante) e da vitamina A (Figura 10). É importante que eles compreendam que a vitamina C é hidrossolúvel porque apresenta vários grupos hidrófilos, e que a vitamina A é lipossolúvel, pois possui uma longa cadeia carbônica hidrófoba.

Comente que a absorção das vitaminas lipossolúveis durante o processo de digestão está relacionada com uma substância química produzida pela vesícula biliar. Essa substância, por possuir uma extremidade polar (hidrófila) e outra extremidade apolar (hidrófoba), interage com as gorduras presentes no intestino, formando uma emulsão e favorecendo a digestão e a absorção das vitaminas lipossolúveis. Esse pode ser um momento oportuno para retomar o tema de abertura em um novo contexto.

Deixe claro que as vitaminas são ingeridas em quantidades adequadas mediante uma alimentação equilibrada e alerte os estudantes sobre a hipervitaminose. Aproveite para realizar uma atividade de pesquisa, possibilitando aos estudantes identificar os efeitos do armazenamento de níveis elevados no corpo humano de vitaminas lipossolúveis. Comente que as vitaminas e os complexos vitamínicos, mesmo estando disponíveis em farmácias e sendo vendidos sem prescrição, devem ser tratados como medicamentos e que sua ingestão só deve ser feita com recomendação médica. Esse tipo de abordagem é necessário, pois ressalta a valorização de acompanhamento médico em detrimento da automedicação. É fundamental que os estudantes percebam que uma alimentação saudável e equilibrada, que inclua frutas e verduras, é a opção mais adequada para a ingestão de vitaminas.

Se tiver tempo disponível, oriente os estudantes em uma atividade na qual eles deverão identificar a importância do colesterol para o organismo humano, o tipo de solvente no qual ele é solúvel e a razão de ele tender a se depositar nas paredes de veias e artérias. Entre as possíveis referências que abordam esse assunto, recomendamos o seguinte artigo: MARTINS C. R.; LOPES W. A.; ANDRADE J. B. Solubilidade de compostos orgânicos. *Química Nova*, v. 36, n. 8, p. 1.248-1.255, 2013.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT306**

O trabalho dos subitens comentados anteriormente, especialmente nos aspectos referentes aos problemas associados ao consumo de suplementos vitamínicos sem orientação médica adequada, permite o desenvolvimento de algumas habilidades da BNCC: **EM13CNT207**, pois os estudantes poderão 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 ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar; e **EM13CNT306**, já que deverão avaliar os riscos envolvidos na atitude da automedicação com vitaminas (atitude que algumas pessoas consideram inofensiva, mas que pode ser extremamente prejudicial à saúde), aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza para justificar atitudes de segurança que preservem a própria saúde.

No subitem *Substâncias anfifílicas: sabões e detergentes*, converse com os estudantes sobre o uso de sabões e detergentes em seu dia a dia. Peça a eles que comparem o efeito da limpeza de uma panela engordurada com o uso apenas de água e com o uso de água e sabão. Dessa forma, eles serão capazes de resgatar, de sua vivência pregressa, que não é possível limpar a gordura apenas com água. Conduza a discussão de modo que percebam que os óleos e gorduras são materiais apolares insolúveis em água.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

Estimule os estudantes a criar hipóteses sobre como os sabões e detergentes conseguem interagir com a água e a gordura e conduza a discussão para ajudá-los a concluir que esses materiais são formados por substâncias anfifílicas, que apresentam moléculas com uma parte polar e uma parte apolar (Figuras 11 do Livro do Estudante). Com base na Figura 12, explique como ocorre a formação de micelas e emulsões, citando como exemplo a maionese, na qual o óleo se emulsifica em água sob ação da lecitina, substância anfifílica presente na gema do ovo. Deixe claro que emulsões são sistemas formados por dois líquidos imiscíveis, em que um deles se dispersa no outro em partículas de dimensões nanométricas (uma micela costuma ter algumas dezenas de nanômetros de diâmetro; 1 nm = 1 nanômetro = 10^{-9} m), por ação do emulsificante, que propicia estabilidade à emulsão.

Ao docente, cabe ressaltar que uma emulsão não é uma solução, mas um dos tipos de **dispersão coloidal** (ou **coloide**). Uma solução tem, por via de regra, partículas dispersas com diâmetro inferior a 1 nm. Já uma dispersão coloidal tem partículas dispersas com diâmetro entre 1 nm e 10^3 nm.

Mostre aos estudantes a diferença estrutural entre sabões e detergentes e explique quais as características dessas espécies químicas que permitem sua atuação como tensoativos. Para isso utilize as fórmulas estruturais disponibilizadas na Figura 11 e na Figura 13 do Livro do Estudante.

Ressalte que os tensoativos, em razão do seu caráter anfifílico, ao serem adicionados à água, além de poderem se dispersar como micelas, formam uma camada monomolecular na superfície do líquido. A presença de espécies tensoativas na superfície diminui a força de coesão entre as moléculas localizadas na superfície, reduzindo assim a tensão superficial do líquido. Utilize a Figura 14 do Livro do Estudante para que os estudantes consigam perceber uma consequência macroscópica desse fenômeno.

Ao realizar a questão 12 do *Aplicando conhecimentos* sobre os impactos ambientais causados pela presença de sabões e detergentes no meio aquático, caso tenha tempo disponível, amplie a atividade solicitando aos estudantes que pesquisem sobre os biossurfactantes e suas vantagens do ponto de vista ambiental. Por meio dessa pesquisa, é importante que os estudantes identifiquem que os biossurfactantes possuem menor toxicidade e são biodegradáveis. Sugerimos como fonte de pesquisa para essa atividade o artigo: FELIPE, L. O.; DIAS, S. C. Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 3, p. 228-236, 2017.

Ao final da abordagem do subitem *Substâncias anfifílicas: sabões e detergentes*, você pode retomar o comentário feito na abertura deste capítulo, sobre a atuação da bile, um agente tensoativo biológico, e estender essa abordagem mencionando outro local do organismo em que esse tipo de composto é encontrado: nossos pulmões. Na respiração pulmonar, ocorrem trocas de gases (entre o ar e o sangue) na superfície interna de minúsculas estruturas chamadas alvéolos. Existem cerca de 300 milhões de alvéolos no pulmão de um humano adulto, e seu funcionamento adequado depende de o organismo produzir surfactantes apropriados. Bebês não prematuros, ou seja, que nasceram após 38 semanas de gestação, têm geralmente pulmões desenvolvidos. Uma das causas de morte entre bebês que nascem muito prematuramente é o fato de os pulmões não estarem ainda suficientemente desenvolvidos e produzindo essas substâncias em quantidade adequada. Peça aos estudantes que, em equipes, pesquisem como esses surfactantes biológicos atuam, deixando clara a razão de serem essenciais à nossa respiração. Peça-lhes que compartilhem os resultados com os colegas.

Espera-se que os estudantes descubram que, sem a atuação de tensoativos, os alvéolos pulmonares colabariam devido à tensão superficial da água que os reveste. Você pode fazer uma comparação com a união das cerdas do pincel molhado da figura B da atividade 7 do Capítulo 3. O colapso alveolar por falta de surfactante impede a ventilação pulmonar e causa a morte.

Ao docente, é oportuno informar que os diversos surfactantes pulmonares são fosfolipídios produzidos por células especializadas, dos quais mais de 80% correspondem à dipalmitoil-lecitina, composto envolvido na atividade 11 do *Aplicando conhecimentos*. A falta de expansão dos alvéolos, que pode ser provocada por fatores como a falta de surfactante, é denominada atelectasia e está esquematizada na Figura 2.

Uma referência que pode ser sugerida aos estudantes é GUGLIOTTI, M. A Química do Corpo Humano: Tensão Superficial nos Pulmões, *Química Nova na Escola*, n. 16, p. 3-5, 2002. Esse artigo é disponibilizado na internet e pode ser encontrado mediante uma busca pelo título.

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 2 A ausência de surfactante pulmonar ou insuficiência em sua quantidade pode acarretar atelectasia. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: DEVLIN, T. M. (ed.). *Manual de Bioquímica com Correlações Clínicas*. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

De olho na BNCC

- **EM13CNT307**

A abordagem de tensoativos está relacionada ao desenvolvimento da habilidade **EM13CNT307** da BNCC, pois permite analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

Ao abordar o subitem *PCBs e DDT: poluentes lipossolúveis persistentes no ambiente*, sugerimos que faça inicialmente um levantamento a respeito dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o DDT, aproveitando-os como gancho para a discussão.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

Comente que a utilização do DDT no século XX foi tão ampla que até hoje o termo "dedetização" é usado para se referir à aplicação de inseticidas, ainda que esse composto não seja mais usado. Explique o que são compostos **não** biodegradáveis e dê como exemplo o DDT.

Peça aos estudantes que observem a Figura 15 do Livro do Estudante. Por meio dela, explique o que são os PCBs e comente a ocorrência de bioacumulação desse tipo de substância em seres vivos a ele expostos, ou seja, acúmulo da substância nos tecidos de um organismo vivo. A seguir, fale sobre um fenômeno correlato, que é a bioamplificação, ou biomagnificação, que consiste no aumento da concentração da substância nos níveis tróficos de uma cadeia alimentar.

Para introduzir a noção do que é um poluente orgânico persistente, você pode apresentar em sala o gráfico da Figura 3.

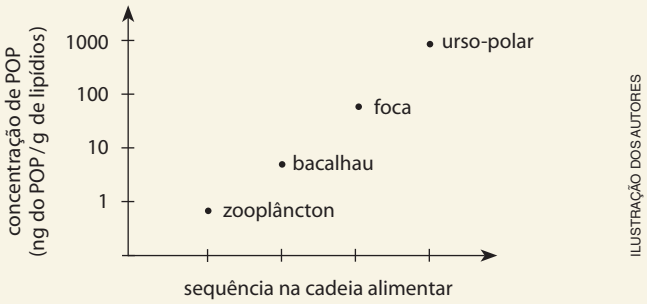


Figura 3 Gráfico representando o aumento da concentração de um poluente orgânico persistente (POP) em organismos de uma cadeia alimentar no Ártico, expressa em nanogramas do poluente por grama de lipídios corporais do organismo. O fitoplâncton, nível trófico inicial dessa cadeia alimentar, não foi representado no gráfico.

Fonte: ANDREWS, J. E. *et al. An introduction to Environmental Chemistry*. Malden: Blackwell, 2006.

Proponha aos estudantes uma pesquisa sobre os poluentes orgânicos persistentes, levando-os a investigar as consequências da sua utilização e a avaliar o uso de inseticidas que se encaixem nessa categoria, comparando seus benefícios e malefícios. Sugira um debate em sala de aula que aborde as informações encontradas.

Atividade em grupo

Para desenvolver essa atividade, oriente os estudantes a pesquisarem sobre a origem, o uso e as consequências trazidas pelo DDT, e sobre como a publicação do livro *Primavera silenciosa* foi recebida pela opinião pública. Proponha um debate sobre os riscos pessoais assumidos por um cientista, pesquisador ou jornalista ao publicar informações relevantes para a opinião pública e que podem contrariar interesses de grandes grupos empresariais. Da mesma forma, discuta a importância do apoio e do reconhecimento tanto dos seus pares quanto da opinião pública.

Para o desenvolvimento do vídeo, é importante orientar os estudantes para a necessidade de elaboração de um roteiro, com introdução, desenvolvimento e conclusões sobre o tema abordado. Estimule-os a buscar recursos digitais (simuladores, animações) que possam ser empregados para enriquecer a produção. O vídeo pode ser divulgado nas mídias digitais da escola, ampliando a discussão para o restante da comunidade escolar. Para obter maiores informações sobre como produzir e publicar um vídeo, estimule os estudantes a acessarem as sugestões de uso de mídias digitais que estão disponíveis no início do Livro do Estudante.

De olho na BNCC

- **EM13CNT203**
- **EM13CNT206**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT306**

A *Atividade em grupo* possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT203**, no que se refere a 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 e nos ciclos da matéria, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais; **EM13CNT206**, pois aborda a importância da preservação e conservação da biodiversidade e avalia os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta; **EM13CNT302**, porque estimula o estudante a comunicar, para públicos variados, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas e sistemas de classificação, de modo a participar de debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental; **EM13CNT303**, uma vez que requer 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; e **EM13CNT306**, pois permite avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas (a utilização de inseticidas), aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual, coletiva e socioambiental.

Dialogando com o texto

Esta atividade propõe uma pesquisa e uma discussão sobre o uso de praguicidas para o aumento da produção agrícola. Os estudantes deverão investigar a respeito do tema e produzir um texto com sua opinião.

1. Resposta pessoal. Os argumentos favoráveis ao uso dos pesticidas podem tratar da necessidade de manter a produtividade das lavouras e do uso de pesticidas biodegradáveis. Os argumentos contrários podem se referir a desequilíbrios ecológicos e poluição do solo, do ar e da água causados pelos praguicidas. Chame a atenção dos estudantes para o fato de que encontrarão em sua investigação argumentos de natureza puramente passional e sem embasamento consistente, mas, por outro lado, depararão também com argumentos bem embasados, com fundamentação em aspectos legais, éticos e científicos, expressos de modo responsável.

MANUAL DO PROFESSOR

2. Normalmente, aqueles que são favoráveis ao uso referem-se a essas substâncias como *defensivos agrícolas*, enquanto aqueles que são contrários ao seu uso empregam a denominação *agrotóxicos*. Chame a atenção dos estudantes para o fato de que textos e opiniões verbais geralmente não são isentos, e uma opinião também é expressa por meio da escolha das palavras.
3. Resposta pessoal. Reserve um tempo para que os estudantes produzam o texto e estimule-os a externar um posicionamento crítico quanto ao uso dos praguicidas e a propor soluções individuais e/ou coletivas para os problemas a eles associados. Caso considere válido, realize essa atividade conjuntamente com professor de Língua Portuguesa.

De olho na BNCC

- **Competência geral 7**
- **EM13CNT104**
- **EM13CNT304**

A atividade *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da **Competência geral 7** da BNCC, uma vez que leva os estudantes a formular e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental com relação ao uso de pesticidas em lavouras. Esta atividade também propicia um trabalho com vistas ao desenvolvimento de duas habilidades da BNCC: **EM13CNT304**, pois envolve analisar e debater uma situação controversa sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (utilização de substâncias tóxicas em estratégias de controle de pragas), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista; **EM13CNT104**, porque há que se avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes praguicidas, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

Aplicando conhecimentos

5 O fosfato de cálcio se forma por meio da reação equacionada a seguir:

$$3\,Ca^{2+}(aq) + 2\,PO_4^{3-}(aq) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s)$$

Esse sal não é um composto solúvel em água (ou seja, é pouquíssimo solúvel em água), pois os cálculos renais se formam justamente pela baixa solubilidade dessa substância em meio aquoso.

6 a) O raciocínio está correto. Dos três cátions em questão, o único que precipita com cloreto é Ag^+. Caso não haja Ag^+ na solução, o único dos outros dois que precipita com sulfato (proveniente da ionização do ácido sulfúrico) é Ca^{2+}. O cátion Na^+ não precipita com cloreto nem com sulfato.

b) $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$

$Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow CaSO_4(s)$

7 Como os nitratos são solúveis, não vamos nos preocupar com uma possibilidade de precipitação de sal contendo NO_3^-.

Como os acetatos são solúveis, o ânion acetato, CH_3COO^-, não precipitará com Pb^{2+}, do $Pb(NO_3)_2$, nem com Ca^{2+}, do $Ca(NO_3)_2$.

O Cl^-, do NaCl, formará precipitado ao reagir com Pb^{2+}:

$Pb^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq) \rightarrow PbCl_2(s)$

O CO_3^{2-}, do Na_2CO_3, formará precipitado com o Pb^{2+} e com o Ca^{2+}:

$Pb^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow PbCO_3(s)$

$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$

No caso em questão, o teste com Ca^{2+} é mais específico, pois detecta apenas CO_3^{2-}. Assim, é recomendável que ele seja o primeiro a ser feito. Então, caso não haja precipitação com Ca^{2+}, testa-se com Pb^{2+}, o que permite decidir se o ânion é Cl^- (que precipitará) ou CH_3COO^- (que não precipitará). Assim, o fluxograma esperado é o seguinte:

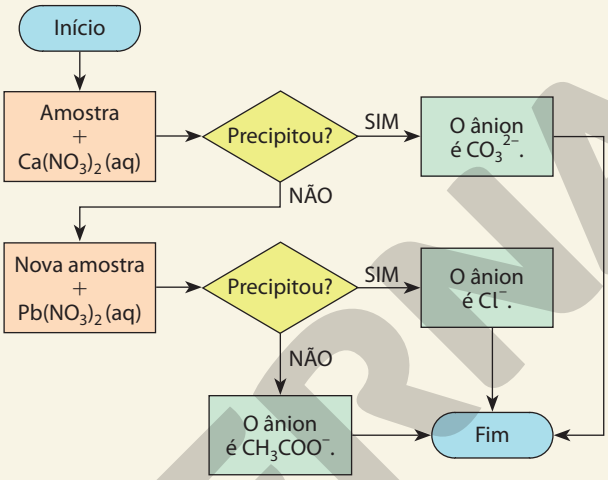
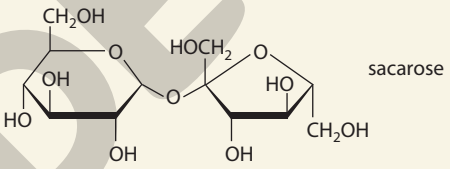


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

8 A fórmula estrutural da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) é:

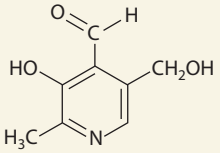


sacarose

A alta solubilidade da sacarose em água deve-se à presença dos grupos hidrófilos —OH, que estabelecem ligações de hidrogênio com as moléculas de água.

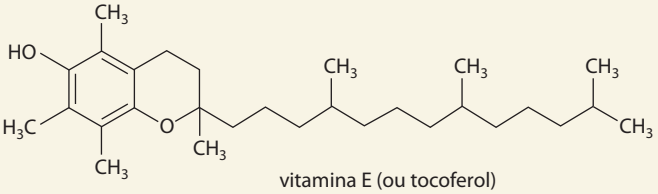
9 Por se tratar de um composto iônico, o NaCl será solúvel preferencialmente em solventes polares, como a água, que é responsável pela solvatação dos íons $Na^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$. Como o metanol é menos polar que a água, pois apresenta uma parte apolar ($—CH_3$), a solubilidade do NaCl nesse solvente é menor. O etanol, por sua vez, possui cadeia com parte apolar ainda maior ($—CH_2CH_3$) que a do metanol. Assim, o etanol é menos polar que o metanol, o que faz a solubilidade do sal ser ainda menor.

10 Fórmula estrutural da vitamina B_6:



vitamina B_6 (ou piridoxina)

Fórmula estrutural da vitamina E:



vitamina E (ou tocoferol)

A molécula da vitamina B_6 apresenta diversos grupos hidrófilos, sendo uma vitamina hidrossolúvel. Já a molécula de vitamina E apresenta-se predominantemente constituída dos elementos químicos carbono e hidrogênio, ou seja, nela predomina a parte hidrofóbica (lipofílica), sendo uma vitamina lipossolúvel. Como o azeite é um material formado por substâncias apolares, o composto mais adequado para ser dissolvido em cápsulas de azeite é a vitamina E.

11 A parte hidrocarbônica do tensoativo interage com estruturas apolares e a extremidade polar interage com moléculas de água.

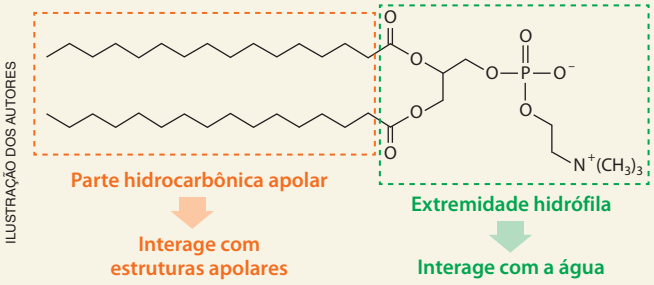


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

A interação da parte hidrófila com a água acontece por meio de ligações de hidrogênio (envolvendo os átomos de oxigênio, que apresentam pares eletrônicos não compartilhados, inclusive no caso do que apresenta carga iônica negativa) e por meio de interação íon-dipolo (entre a carga iônica existente no átomo de nitrogênio e o dipolo das moléculas de água; esse nitrogênio não apresenta par eletrônico não ligante e, por isso, não está apto a estabelecer ligação de hidrogênio com a água).

12 A formação de uma camada de espuma sobre a água, decorrente do uso de sabões e detergentes, diminui a penetração da luz solar, necessária aos seres fotossintetizantes do meio aquático. Além disso, essa camada dificulta a solubilização em água do gás oxigênio proveniente do ar. Os fatos relatados podem provocar a morte de microrganismos, peixes e plantas aquáticas.

Além dos problemas decorrentes da formação da camada de espuma, solicitados na atividade, você pode comentar com os estudantes que sabões e detergentes prejudicam aves aquáticas ao removerem a cobertura oleosa de suas penas, desempermeabilizando-as e impedindo a retenção de ar sob elas para a flutuação do animal na água. Esses tensoativos reduzem a tensão superficial da água, desfavorecendo insetos que vivem sobre ela. Além disso, podem emulsificar em água compostos orgânicos com efeitos tóxicos sobre os seres vivos aquáticos.

13 Dois aspectos esperados nas respostas dos estudantes são o fato de o DDT permanecer muito tempo no ambiente sem que seja decomposto e a elevada solubilidade dele em lipídios, o que favorece seu acúmulo nas partes lipídicas do organismo, resultando em bioacumulação do composto. Como o leite materno contém naturalmente componentes nutritivos gordurosos, isso torna possível que uma parte desse poluente, eventualmente acumulado no organismo da mãe, seja transferido para o leite produzido por ela. Aproveite para comentar com os estudantes que o ser humano está inserido em cadeias alimentares e, portanto, sujeito a efeitos de bioamplificação caso os alimentos que consome estejam contaminados com poluentes que provoquem esse efeito.

De olho na BNCC

- **EM13CNT308**
- **EM13CNT205**
- **EM13CNT203**

As atividades 6 e 7 do *Aplicando conhecimentos* permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308** da BNCC, pois os estudantes analisarão e construirão fluxogramas que expressam formas de raciocínio inerentes ao pensamento computacional, possibilitando entender o que está por trás dos sistemas de automação, favorecendo a compreensão de tecnologias contemporâneas.

As atividades 9, 10 e 13 do *Aplicando conhecimentos* possibilitam trabalhar a habilidade **EM13CNT205** da BNCC, já que se referem a interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo que essas interpretações e previsões se encontram nos limites explicativos das ciências.

As atividades 12 e 13 do *Aplicando conhecimentos* favorecem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203** da BNCC, por meio da avaliação dos efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no organismo humano.

CAPÍTULO 11 Quantidade de movimento e impulso de uma força

Metas do capítulo

- Reconhecer que a quantidade de movimento e o impulso de uma força são grandezas vetoriais.
- Reconhecer a atuação de grandezas como força, impulso e quantidade de movimento em situações cotidianas e em fenômenos naturais, para utilizá-las corretamente.
- Reconhecer as condições em que é válido o princípio da conservação da quantidade de movimento.
- Interpretar e elaborar gráficos da intensidade da força em função do tempo, para estimar o impulso, considerando a área abaixo da curva representada no gráfico. A propriedade é válida quando a direção da força é constante.
- Compreender os diversos tipos de colisão: perfeitamente elástica, parcialmente elástica e perfeitamente inelástica, e utilizá-los corretamente.
- Compreender e correlacionar os tipos de colisão com o coeficiente de restituição, além de reconhecer a importância das propriedades materiais dos corpos que colidem.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo propõe uma discussão sobre processos biológicos da Terra, destacando que algumas moléculas formadas fora do planeta podem ter sido trazidas por fontes extraterrestres, como asteroides, cometas etc. Inicie o estudo do capítulo com essa discussão e ressalte para os estudantes que a colisão de corpos celestes pode liberar grandes quantidades de energia. Se julgar conveniente, proponha a leitura do texto que explica a diferença de nomenclatura dada aos diferentes tipos de corpos celestes, disponível em:

<http://www.observatorio.iag.usp.br/index.php/mencurio/curiometeo.html>. Acesso em: 28 maio 2020.

Destaque que os conceitos que permeiam as colisões são as grandezas quantidade de movimento, ou momento linear, e impulso de uma força. Ao tratar do conceito de quantidade de movimento, sugerimos abordar a origem histórica da construção desse conhecimento, permitindo que os estudantes observem as implicações físicas do conceito, como a importância do caráter vetorial dessa grandeza. Destaque as condições em que há conservação da quantidade de movimento e solicite que resolvam os exemplos propostos. Os exemplos deste capítulo são muito elucidativos. Sempre que necessário, recorra a eles para discutir os conceitos. Mostre aos estudantes que o teorema do impulso advém da segunda lei de Newton. Nas situações em que a força não é constante, conceitue a força média como uma força constante, que produz, em um intervalo de tempo, o mesmo impulso que uma força variável. Sempre que for necessário, retome os conceitos do princípio fundamental da Dinâmica, do qual se desdobra este capítulo, ressaltando aos estudantes que o conhecimento não é fragmentado. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

1. Um pouco de história

Os conceitos de quantidade de movimento e impulso são desdobramentos do princípio fundamental da Dinâmica, por isso sugerimos retomar os conceitos estabelecidos anteriormente para revisar e/ou esclarecer dúvidas que os estudantes apontarem ao longo do capítulo.

O item apresenta uma breve abordagem histórica sobre a consolidação do conceito de quantidade de movimento. O objetivo é que os estudantes percebam que a construção do conhecimento científico é um processo que ocorre ao longo do tempo, demanda colaborações de diversos cientistas e permite sua demonstração por meio da experimentação. Ao discorrer sobre o conceito de quantidade de movimento proposto por Descartes, Wallis e, posteriormente, Newton, desenvolve-se parcialmente a habilidade **EM13CNT301**. Se julgar pertinente, é possível fazer a abordagem histórica de forma interdisciplinar com os professores de Filosofia ou de História.

Neste primeiro momento, apresente e discuta os exemplos de colisões frontais, o da bola de bilhar e do pêndulo, para ilustrar a conservação do movimento. Questione os estudantes sobre o que poderia mudar a quantidade de movimento de um objeto. Ressalte que as primeiras ideias do caráter vetorial da quantidade de movimento e sua nomeação como momento linear foram sugeridas por Wallis. É importante destacar que a definição de quantidade de movimento proposta por Descartes não se aplicava aos choques oblíquos, por isso outros cientistas estudaram essa grandeza e a definiram vetorialmente. Aborde o caráter vetorial da quantidade de movimento com base no exemplo da colisão oblíqua das bolas de bilhar e explique que Newton estabeleceu matematicamente o caráter vetorial da quantidade de movimento. Em uma aula posterior, se possível, convide um dos professores de Ciências Humanas para uma mesa de debates com o objetivo de aprofundar um pouco mais as discussões a respeito das ideias de Galileu Galilei, Isaac Newton e René Descartes. Esse tipo de atividade favorece a interdisciplinaridade e permite que os estudantes percebam que, de fato, não há fragmentação do conhecimento.

Discuta com os estudantes os exemplos do canhão e os demais exemplos, em que os corpos se movem em sentidos opostos após a colisão. A análise desses exemplos desenvolve a habilidade **EM13CNT101** parcialmente, pois promove a análise de representações sobre a conservação da quantidade de movimento, e a habilidade **EM13CNT301**, pois incentiva a construção de hipóteses, estimativas e interpretação dos exemplos sob uma perspectiva da Física.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT301**
- **EM13CHS103**

Este item possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT101**, pois utiliza representações para analisar a conservação da quantidade de movimento em situações cotidianas; **EM13CNT301**, pois promove a elaboração e a interpretação dos exemplos sob uma perspectiva científica; e **EM13CHS103**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao mostrar a evolução epistemológica do conceito de quantidade de movimento a partir de hipóteses e evidências.

A **competência geral 1** também é evidenciada neste item, na medida em que aborda conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade.

2. Princípio da conservação da quantidade de movimento

Ao trabalhar este item com os estudantes, destaque que só podemos aplicar o princípio da conservação da quantidade de movimento nas interações entre corpos em sistemas isolados de forças externas. Questione os estudantes: Podemos aplicar o princípio da conservação da quantidade de movimento a qualquer interação entre corpos? Explique as situações em que essa condição se verifica e analise com eles o exemplo apresentado. Aborde o exemplo da colisão perfeitamente inelástica entre bolas de argila, na qual as grandezas vetoriais têm a mesma direção. Ao discutir com os estudantes sobre

MODERNA

as grandezas envolvidas, os tipos de colisões e a validação do uso da conservação da quantidade de movimento, são desenvolvidas as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT301**. Sugerimos que as discussões sejam propostas de forma dialógica e bilateral, para que os estudantes participem da construção do conhecimento de forma ativa.

De olho na BNCC

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

Esta seção possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT101**, pois promove a análise da conservação da quantidade de movimento em diferentes colisões; e **EM13CNT301**, pois incentiva a construção de hipóteses, estimativas e interpretação de dados em diferentes tipos de exemplo de colisão.

Dialogando com o texto

Esta seção permite a retomada de um dos tópicos da abertura do capítulo, as colisões de meteoritos. A seguir, apresentamos uma estimativa da quantidade de movimento do corpo celeste antes da colisão:

$Q = m \cdot v = 1{,}1 \cdot 10^7 \cdot 19 \;\therefore\; Q = 2{,}1 \cdot 10^8\ \text{N} \cdot \text{s}$

Ao supor um caso em que não houve fragmentação do meteorito na colisão com a Terra, devemos considerar uma colisão totalmente inelástica. Ao escolher o referencial em que a Terra está em repouso em relação ao meteorito, a quantidade de movimento é:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow m_{meteorito} \cdot v_{meteorito} = (m_{meteorito} + m_{Terra}) \cdot v \Rightarrow$

$\Rightarrow v = \dfrac{m_{meteorito} \cdot v_{meteorito}}{(m_{meteorito} + m_{Terra})} \Rightarrow v = \dfrac{1{,}1 \cdot 10^7 \cdot 19}{(1{,}1 \cdot 10^7 + 5{,}97 \cdot 10^{24})}$

$\therefore\; v \simeq 3{,}5 \cdot 10^{-17}\ \text{km/s}; \simeq 3{,}5 \cdot 10^{-14}\ \text{m/s}$

Considerando o planeta Terra parado antes da colisão, a velocidade logo após o impacto, supondo uma colisão inelástica, seria muito pequena, na ordem de 10^{-14} m/s. Portanto, o impacto não promoveria uma mudança significativa da velocidade. Porém, mesmo que não houvesse uma alteração significativa na velocidade da Terra, um impacto dessa proporção causaria danos na região onde ele ocorreu.

Se julgar conveniente, sugira aos estudantes o vídeo indicado a seguir, que mostra por vários ângulos a queda de um desses corpos celestes na Rússia, em 15 de fevereiro de 2013.

<https://www.youtube.com/watch?v=2jKU01rUFYA>

Acesso em: 26 maio 2020.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101** • **EM13CNT301** • **EM13CNT306**

A seção *Dialogando com o texto* desenvolve as seguintes habilidades: **EM13CNT101**, pois analisa a conservação da quantidade de movimento de um sistema de corpos; **EM13CNT301**, pois promove a construção de hipóteses, estimativas e interpretação de dados de fenômenos; e **EM13CNT306**, pois apresenta e avalia uma situação de risco à integridade física e material.

Aplicando conhecimentos

1 O exercício explora as características da grandeza vetorial quantidade de movimento, questionando a direção, o sentido e a intensidade do vetor quantidade de movimento de uma bola. A direção do vetor quantidade de movimento é a mesma da velocidade, isto é, horizontal. O sentido do vetor é o mesmo da velocidade, isto é, da esquerda para a direita. A intensidade, ou módulo, do vetor quantidade de movimento é:

$Q = m \cdot v = 0{,}400 \cdot 20 \;\therefore\; Q = 8{,}0\ \text{kg} \cdot \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

2 De acordo com o princípio da conservação da quantidade de movimento, temos:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow 0 = m_{garoto} + m_{skate} \cdot v_{skate}$

$0 = 50 \cdot 1 + 10 \cdot v_{skate} \;\therefore\; v_{skate} = -5\ \text{m/s}$

Portanto, o *skate* irá se movimentar com velocidade de 5 m/s em sentido contrário ao da velocidade do estudante.

Sugestão de atividade complementar

Sugerimos a seguir uma atividade complementar experimental que trabalha os conceitos deste item e pode ser proposta como um experimento demonstrativo.

Para esta atividade, serão necessárias apenas duas bolas de basquete idênticas e uma bolinha de tênis. Se possível, realize a experiência na quadra ou no pátio da escola.

Inicialmente, segure as duas bolas de basquete, uma apoiada sobre a outra, a determinada altura do chão, por exemplo, a 1 m do solo. Se necessário, peça a um estudante que, com um dedo, mantenha a bola superior em repouso sobre a outra. Abandone as duas bolas ao mesmo tempo para que caiam no piso (Fig. I). Observe o que acontece com a bola que estava por cima após o choque da primeira contra o solo. Por fim, repita a experiência substituindo a bola de basquete que estava em cima por uma bolinha de tênis (Fig. II) e, mais uma vez, abandone simultaneamente as duas bolas da mesma altura que na primeira experiência.

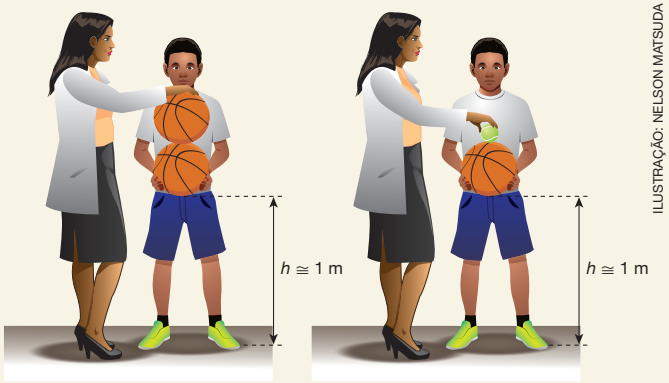


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura I Figura II

Antes de as bolas serem abandonadas, peça aos estudantes que prevejam o que acontecerá em cada situação. Relembre com eles que, pouco antes de atingirem o solo, ambas as bolas têm praticamente a mesma velocidade. Assim, a primeira bola a atingir o solo terá o sentido de sua velocidade invertido e irá se chocar com a bola que estiver acima e ainda descendo. O choque ocorrerá, portanto, entre dois corpos de massas diferentes e ve-

EM MODERNA

locidades de praticamente mesmo módulo e sentidos opostos. Se necessário, faça uma analogia entre a colisão de uma moto (bola de tênis) e de um caminhão (bola de basquete). No caso de propor essa atividade como um experimento demonstrativo, certifique-se da participação ativa dos estudantes fazendo questionamentos e solicitando a construção de esquemas ou de mapas mentais coletivos, que permitirão a identificação das concepções errôneas ou corretas dos estudantes e auxiliarão no acompanhamento do seu processo de aprendizagem.

De olho na BNCC

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

A *Sugestão de atividade complementar* possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT101**, pois promove a análise da conservação da quantidade de movimento em diferentes colisões; **EM13CNT301**, pois incentiva a construção de hipóteses, estimativas e interpretação de dados em diferentes tipos de exemplo de colisão.

3. Impulso de uma força e variação da quantidade de movimento

Inicie a aula mostrando que a variação da quantidade de movimento $\Delta Q = m \cdot \Delta v$, sofrida por um corpo depende da intensidade da força F e do intervalo de tempo Δt no qual a força atua. Considerando a força F constante, temos:

$$F = m \cdot a \Rightarrow F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

A partir da última expressão, mostre que quanto menor o intervalo de tempo Δt, para produzir a mesma variação da quantidade de movimento, maior a intensidade F da força. Reciprocamente, quanto maior Δt, menor F. Esta conclusão é válida para F constante ou para um intervalo de tempo extremamente pequeno.

Verifique se os estudantes compreenderam que a força de impacto pode não ser constante, ou seja, o módulo da força pode variar no tempo. É o que ocorre nas interações entre os corpos dos exemplos propostos, como a colisão de um carro contra um obstáculo, que pode ser de concreto ou uma barreira de pneus, o ato de flexionar as pernas ao pular, o impacto da mão do lutador de caratê sobre os blocos ao quebrá-los. Note que podemos descrever matematicamente o módulo dessas forças variáveis utilizando o módulo da força média exercida entre os corpos durante a interação. Analise em cada caso citado como F varia com Δt.

A seguir, defina impulso de uma força: $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$

Comente que o impulso é uma grandeza vetorial que tem a direção e o sentido da força.

Conclua que: $I = F \cdot \Delta Q$. E enuncie o teorema do impulso:

> A variação da quantidade de movimento de um corpo em certo intervalo de tempo é igual ao impulso da força resultante nesse mesmo intervalo de tempo.

O teorema do impulso tem validade geral, ou seja, é válido para qualquer tipo de interação. Encerre esta parte fazendo uma análise das unidades, no SI, das grandezas definidas.

Gráfico $F \times t$

O módulo do impulso de uma força pode ser dado pela "área sob a curva" do gráfico da intensidade da força F em função do tempo t: $I \overset{N}{=} A$.

Desenvolva essa propriedade gráfica do diagrama $F \times t$ pela aplicação do exemplo, permitindo assim que os estudantes possam desenvolver a habilidade de interpretar o conceito de força média com base no gráfico.

Ao longo da discussão, retome que os meteoros vêm em direção à Terra em velocidades extremamente altas e que a atmosfera, por meio do atrito, ameniza os danos que são gerados pela colisão. Faça uma analogia entre os *air bags* do carro e a atmosfera, que, de certa forma, também age como um amenizador de impacto. Nessas discussões, podem ser incluídas as colisões em que há transferência de energia.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT306**
- **EM13MAT308**

Esta seção possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT301**, por meio da construção de questões, levantamento de hipóteses e conclusões dos conceitos sob uma perspectiva científica; **EM13CNT306**, pois permite prever os riscos envolvidos em colisões e justificar o uso de equipamentos de segurança; e **EM13MAT308**, ao aplicar relações métricas para resolver e elaborar problemas.

Aplicando conhecimentos

Na seção *Aplicando conhecimentos*, são propostos três exercícios sobre interpretação e cálculo do impulso.

3 Alternativa C.

O exercício permite reforçar a definição de impulso e o teorema do impulso.

Definição de impulso: O impulso de uma força constante $\vec{F}$ que age em uma partícula durante um intervalo de tempo Δt é a grandeza vetorial $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$. A direção e o sentido de $\vec{I}$ são os mesmos de $\vec{F}$. A intensidade de $\vec{I}$ é igual $I = F \cdot \Delta t$.

Teorema do impulso: A variação da quantidade de movimento de um corpo em certo intervalo de tempo é igual ao impulso da força resultante no mesmo intervalo de tempo.

Podemos, então, escrever: $\Delta\vec{Q} = \vec{I} \Rightarrow m \cdot \Delta\vec{v} = \vec{F} \cdot \Delta t$

Tendo os vetores a mesma direção, a igualdade vetorial se transforma em uma igualdade escalar: $m \cdot \Delta v = F \cdot \Delta t$. Observe que, para que haja a mesma variação da quantidade de movimento, isto é, para que o produto $F \cdot \Delta t$ permaneça constante, podemos aplicar, em um curto intervalo de tempo, uma força intensa ou, num longo intervalo de tempo, uma força de pequena intensidade. Assim, Raphael e Pedro apresentaram argumentos corretos.

4 O exercício é uma aplicação direta do teorema do impulso, o que exige alguns cálculos. Em módulo e lembrando que os vetores têm a mesma direção, vem:

a) $I = m \cdot \Delta v \Rightarrow I = 0{,}5 \cdot 30 \therefore I = 15\ \text{N} \cdot \text{s}$

b) $I = F \cdot \Delta t \Rightarrow 15 = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta t \therefore \Delta t = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{s}$

5 **a)** A intensidade do impulso é numericamente igual à área no diagrama $F \times t$. Assim, temos:

REPRODUÇÃO PROIBIDA

$I \overset{N}{=} A \Rightarrow I \overset{N}{=} \frac{\text{base} \times \text{altura}}{2} \Rightarrow I \overset{N}{=} \frac{0{,}1 \cdot 80}{2}$

$\therefore I = 4\ \text{N} \cdot \text{s}$

b) A força média (constante) tem intensidade F, tal que:

$I = F \cdot \Delta t \Rightarrow 4 = F \cdot 0{,}1 \ \therefore \ F = 40\ \text{N}$

Dialogando com o texto

O texto evidencia as características químicas do funcionamento de *air bags*. É uma boa oportunidade para realizar uma abordagem interdisciplinar do tema e propor uma atividade em parceria com o professor de Química. Em uma colisão, o carro e os passageiros sofrem uma variação em suas quantidades de movimento. Na colisão de carros que possuem *air bags*, o motorista e o passageiro da frente colidem com as bolsas dos dispositivos em um intervalo de tempo relativamente grande, o que diminui a intensidade da força média de impacto. A compreensão de como os conceitos de força e de impulso atuam em uma colisão possibilita entender a validação do uso de equipamentos de segurança e, assim, promover o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**.

Partindo do princípio de que quanto maior a intensidade da força exercida sobre uma pessoa em um acidente maiores são os danos causados, é importante encontrar mecanismos para reduzir essa força. Um bom mecanismo é o *air bag*, que tem como princípio aumentar o intervalo de tempo em que o corpo de uma pessoa é freado durante a colisão e, assim, reduzir a intensidade da força aplicada, já que o impulso permanece constante durante o impacto. Equacionando a situação, temos: $I = F \cdot \Delta t = \Delta Q$.

De olho na BNCC

- **EM13CNT306**
- **EM13MAT313**
- **Competência geral 2**

A seção *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**, pois permite prever os riscos envolvidos em colisões e justificar o uso de equipamentos de segurança e da habilidade **EM13MAT313**, da área de Matemática e suas Tecnologias, ao utilizar a notação científica para expressar uma medida.

A **competência geral 2** também é evidenciada nesta seção, na medida em que incentiva o estudante a exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das Ciências da Natureza para explicar como funciona um *air bag*.

Sugestão de atividade complementar

Construção de foguetes de água

A construção de um foguete com garrafas PET envolve a aplicação de muitos conceitos de Física, em particular a terceira lei de Newton e as noções de quantidade de movimento e impulso. Proponha a atividade aos estudantes tomando sempre o cuidado de se referir à teoria, levantando os conceitos que se relacionem com o que foi trabalhado em aula. Os endereços eletrônicos a seguir apresentam indicações de como construir os foguetes e suas bases de lançamento. Organize a turma em grupos e agende uma data para a apresentação e o lançamento dos foguetes, o que deve ser feito em uma área aberta para que ninguém se machuque.

- CLUBE de Ciências Quark. Foguetes de água.
  Disponível em: <http://www.clubequark.org.br/experiencias/foguetes_de_agua.htm>. Acesso em: 27 maio 2020.
- SILVA, Daniel Aparecido da; SARTORI, Adriel Fernandes; RAMOS, Eugenio Maria de França. Oficina de construção de foguetes com material de baixo custo.
  Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/t0256-1.pdf>. Acesso em: 27 maio 2020.
- SOUZA, James Alves de. Um foguete de garrafa PET. *A Física na escola*, v. 8, n. 2, p. 4, out. 2007.
  Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a02.pdf>. Acesso em: 27 maio 2020.

De olho na BNCC

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

A *Sugestão de atividade complementar* possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT101**, pois promove a análise da conservação da quantidade de movimento em diferentes colisões; **EM13CNT301**, pois incentiva a construção de hipóteses, estimativas e interpretação de dados em diferentes tipos de exemplo de colisão.

4. Coeficiente de restituição

Este item trata da grandeza escalar coeficiente de restituição, que relaciona as propriedades elásticas dos materiais dos corpos que colidem. Define-se coeficiente de restituição a razão entre a velocidade relativa de afastamento dos corpos imediatamente depois da colisão e a velocidade relativa de aproximação imediatamente antes da colisão. Inicie a abordagem retomando o exemplo da bola de bilhar que analisa colisões perfeitamente elásticas, e o exemplo das bolinhas de argila, que realizam colisões perfeitamente inelásticas. Defina os tipos de colisão – perfeitamente elástico, perfeitamente inelástico e parcialmente elástico – e suas relações com o coeficiente de restituição. Lembre-se de ressaltar para os estudantes a importância de adotar o módulo das velocidades relativas e adotar a soma das velocidades quando os corpos se deslocarem em sentidos opostos.

Se julgar conveniente, proponha o jogo de bolinhas, disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/experimentando/diurno/jogo%20de%20bolinhas.pdf>. Acesso em: 27 maio 2020. Ao final do experimento, relacione o que foi trabalhado até aqui sobre movimento, colisão, massa, velocidade e força, e introduza as ideias relacionadas ao coeficiente de restituição.

De olho na BNCC

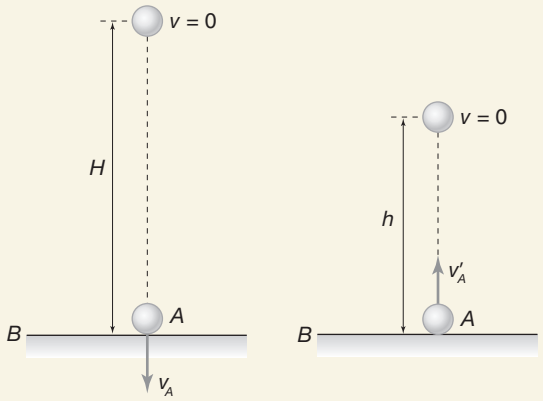
- **EM13CNT301**

A seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois, por meio da experimentação, permite que os estudantes construam questões, elaborem hipóteses, façam estimativas, interpretem modelos físicos e utilizem a linguagem científica para explicar suas conclusões.

Atividade prática

A atividade prática propõe um experimento com colisões de bolinhas de tênis e de modelar com o solo. Um dos objetivos é analisar os três tipos de colisão, a perfeitamente elástica, a parcialmente elástica e a perfeitamente inelástica, por meio do coeficiente de restituição.

Para encaminhar a atividade, deduza a relação que os estudantes vão utilizar para o cálculo do coeficiente de restituição: $\left(e = \sqrt{\frac{h}{H}}\right)$. Considere a situação da figura a seguir.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

A primeira situação representa a queda da bolinha *A* de uma altura *H*, imediatamente antes de atingir o solo (corpo *B*), com uma velocidade (v_A) . A segunda situação representa a bolinha *A* retornando com uma velocidade (v'_A), imediatamente depois da colisão e atingindo uma altura *h* do solo. Note que, inicialmente, a bolinha *A* foi abandonada do repouso após colidir, atingiu uma altura máxima *h* com $v = 0$. Da definição de coeficiente de restituição, temos:

$$e = \frac{v'_A}{v_A}$$

Da equação de Torricelli, aplicada aos estados inicial e final, temos:

$$v_A = \sqrt{2gH} \text{ e } v'_A = \sqrt{2gh}$$

Portanto:

$$e = \sqrt{\frac{2gh}{2gH}} \Rightarrow e = \sqrt{\frac{h}{H}}$$

Note que a situação $h = H$ é ideal, pois sempre há perdas de energia pelo sistema. Neste caso ideal, temos e = 1. Ao utilizar a esfera feita de massa de modelar ou massa de vidraceiro, o caso observado será $h = 0$ e, portanto, $e = 0$. Ao efetuar o experimento, será ilustrado o caso de $h < H$, que configura um choque parcialmente elástico. Se as medidas das distâncias forem medidas com a trena, peça aos estudantes que repitam a experiência ao menos cinco vezes e obtenham a média aritmética dos valores. Outra forma de estimar essas distâncias é filmar o experimento e medir as distâncias pelo vídeo. Neste caso, $0 < e < 1$. Ao realizar esta atividade, os estudantes deverão levantar hipóteses, fazer estimativas, analisar dados experimentais, para validar seus conhecimentos em colisões e, portanto, desenvolver a habilidade **EM13CNT301**.

Por fim, bolinhas de materiais distintos, como uma bolinha de pingue-pongue, poderão ser testadas a fim de repetir a atividade e verificar que o coeficiente de restituição depende dos materiais que colidem.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

A *Atividade prática* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois, por meio da experimentação, permite que os estudantes construam questões, elaborem hipóteses, façam estimativas, interpretem modelos físicos e utilizem a linguagem científica para explicar suas conclusões.

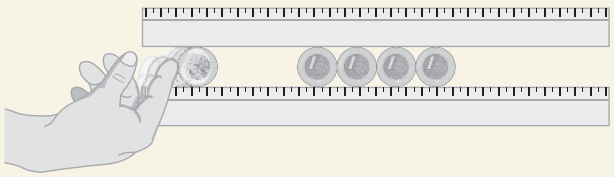
Sugestões de atividades complementares

Simulação de pêndulo múltiplo

Ainda no tema colisões, pode ser feita uma atividade prática que simule o pêndulo múltiplo para constatar a troca de velocidade que ocorre nas colisões frontais e perfeitamente elásticas entre corpos de massas iguais (este experimento é uma variante do jogo de bolinhas, sugerido anteriormente, levantando, no entanto, outras questões).

Para isso, use duas réguas de 30 cm cada uma, fita adesiva e cinco moedas iguais.

Em uma mesa, disponha as réguas e as moedas como indicado na figura a seguir.



(Representação fora de proporção.)

Coloque quatro moedas entre as réguas (que formam um trilho) e lance a quinta moeda, que colidirá com a primeira das moedas em repouso. Peça aos estudantes que descrevam o que ocorre. Pergunte: Se lançarmos duas moedas colidindo com as três em repouso, o que acontecerá?

Se optar por utilizar bolinhas de gude ou de aço, sobre um trilho de cortina ou uma calha, proceda da mesma forma.

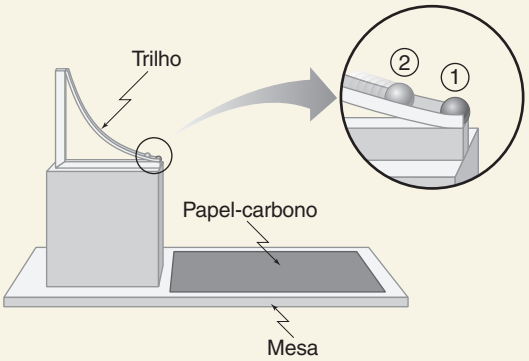
Lançando-se duas moedas, cada uma com massa *m* e velocidade *v*, a experiência permite concluir que, das três moedas em repouso, as duas últimas partem com

MODERNA

velocidade v (considerando-se os choques perfeitamente elásticos). Observe que há conservação da quantidade de movimento: imediatamente antes do choque, temos $Q_{antes} = 2 \cdot m \cdot v$, e imediatamente depois, $Q_{depois} = 2 \cdot m \cdot v$. Pergunte aos estudantes: Seria possível que, imediatamente depois do choque, a última moeda partisse com velocidade $2v$? Nessa situação, haveria conservação da quantidade de movimento, pois $Q_{depois} = m \cdot 2 \cdot v = 2 \cdot m \cdot v$. Entretanto, o coeficiente de restituição seria maior que 1: $e = \frac{2v}{v} = 2$, o que não é possível.

Colisão oblíqua e perfeitamente elástica

Esta atividade complementar envolve outra atividade prática. Utilize um trilho de cortina recurvado, montado conforme a ilustração a seguir. Sobre a mesa coloque uma folha de papel e, em cima dessa folha, uma folha de papel-carbono.



Uma pequena esfera de aço (1) é colocada em repouso no final do trilho, ligeiramente deslocada da trajetória definida pelo trilho.

Da extremidade superior do trilho, abandone outra esfera de aço (2), idêntica à primeira. Ocorrerá entre elas uma colisão praticamente elástica e oblíqua.

Ao atingirem a mesa, as esferas (1) e (2) deixam marcas que indicamos por A e B, respectivamente. Seja O um ponto do papel situado na vertical que passa pelo local onde ocorreu a colisão.

Desenhe os segmentos orientados $\overrightarrow{OA}$ e $\overrightarrow{OB}$. Eles representam as quantidades de movimento das esferas imediatamente depois da colisão. Peça aos estudantes que avaliem o ângulo entre esses segmentos orientados e representem o vetor soma das componentes horizontais obtidas explicando o que ele representa. Pergunte se o vetor soma tem a mesma direção da velocidade da esfera (2) no momento da colisão com a esfera (1). Solicite que justifiquem a resposta.

Nota: O ângulo entre os vetores $\overrightarrow{OA}$ e $\overrightarrow{OB}$, que representam as quantidades de movimento das esferas imediatamente depois da colisão, é igual a 90° no choque oblíquo, que é perfeitamente elástico entre corpos de massa iguais.

De olho na BNCC

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

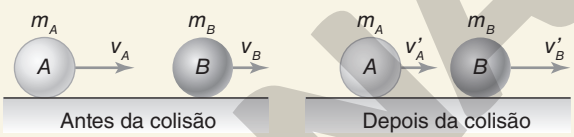
Esta *Sugestão de atividade complementar* possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT101**, pois promove a análise da conservação da quantidade de movimento em diferentes colisões; e **EM13CNT301**, pois incentiva a construção de hipóteses, estimativas e interpretação de dados em diferentes tipos de exemplo de colisão.

Aplicando conhecimentos

Na seção *Aplicando conhecimentos*, são propostos dois exercícios para sistematizar os conhecimentos trabalhados neste item.

6 O exercício permite retomar os três tipos de choque.

a)



Aplicando o princípio da conservação de quantidade de movimento, temos:

$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B \Rightarrow$

$\Rightarrow 0{,}1 \cdot 2 + 0{,}3 \cdot 1 = 0{,}1 \cdot v_A + 0{,}3 \cdot v_B \Rightarrow$

$\Rightarrow v_A + 0{,}3 \cdot v_B = 5$ (1)

Sendo o choque perfeitamente elástico, resulta:

$e = \frac{v'_B - v'_A}{v'_A - v_B} \Rightarrow 1 = \frac{v'_B - v'_A}{v'_A - v_B} \Rightarrow$

$\Rightarrow v'_B - v'_A = v_A - v_B \Rightarrow v'_B - v'_A = 2 - 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow v'_B - v'_A = 1$ (2)

De (1) e (2) obtemos:

$v'_A = 0{,}5$ m/s e $v'_B = 1{,}5$ m/s

b) Nesse caso, $v'_A = v'_B = v$. De (1), temos:

$v + 3 \cdot v = 5 \therefore v = 1{,}25$ m/s

c) Sendo o choque parcialmente elástico ($e = 0{,}6$), vem:

$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} \Rightarrow 0{,}6 = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B}$

$\Rightarrow v'_B - v'_A = 0{,}6 \cdot (v_A - v_B) \Rightarrow$

$\Rightarrow v'_B - v'_A = 0{,}6 \cdot (2 - 1) \Rightarrow v'_B - v'_A = 0{,}6$ (3)

A equação (1) continua válida, pois, qualquer que seja o tipo de choque, há conservação da quantidade de movimento. Assim, de (1) e (3), vêm:

$v'_A = 0{,}8$ m/s e $v'_B = 1{,}4$ m/s

7 Como a esfera A possui massa muito maior que a esfera B, podemos considerar que, depois do choque, a velocidade de A continua igual a v. Pela definição de coeficiente de restituição, sendo o choque perfeitamente elástico ($e = 1$) e sabendo que $v_A = v$, $v_B = 0$, $v'_A = v$, podemos calcular v'_B:

$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} \Rightarrow 1 \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} \Rightarrow 1 \frac{v'_B - v}{v - 0} \Rightarrow v'_B = 2 \cdot v$

Portanto, a esfera B adquire, imediatamente depois do choque, uma velocidade igual ao dobro da velocidade da esfera A.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

CAPÍTULO 12 Gases

Metas do capítulo

- Estudar o comportamento térmico dos gases ideais com base nas hipóteses da teoria cinética dos gases.
- Reconhecer que o modelo de gás ideal foi uma construção científica com contribuições de diversos cientistas.
- Reconhecer e utilizar as variáveis de estado de um gás ideal e saber relacioná-las pela equação de estado.
- Estudar e compreender as principais transformações gasosas, para utilizá-las adequadamente em situações-problema.
- Ler e interpretar corretamente gráficos, esquemas e equações apresentados em textos.
- Saber interpretar a atuação das variáveis de estado e das transformações gasosas em processos e fenômenos, para utilizá-las corretamente.
- Compreender e utilizar a lei geral dos gases perfeitos, reconhecendo a relação de dois ou mais estados quaisquer de um gás.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo retoma uma característica do ambiente subaquático, a limitação do corpo humano para mergulhar em grandes profundidades devido à alta pressão exercida pela água nesses ambientes. Neste capítulo, vamos aprofundar os conhecimentos sobre o comportamento dos gases por meio do estudo do modelo de gás ideal. Explique aos estudantes que a construção das hipóteses da teoria cinética dos gases foi possível graças aos esforços de físicos e de químicos ao longo dos anos, com interpretações nas escalas macroscópicas e microscópicas dos sistemas térmicos. Neste momento, é importante destacar para os estudantes que o conjunto de partículas de um gás ideal necessita estar em baixa pressão e alta temperatura e, nas condições normais de temperatura e pressão, os gases reais se comportam como gases ideais. Sugerimos realizar o levantamento de concepções prévias dos estudantes acerca do tema gases e verificar como correlacionam os conceitos de pressão, volume, temperatura, empuxo, energia cinética e colisões, entre outros, à temática da abertura ou a algumas situações do cotidiano. Apresente as variáveis de estado e como elas se relacionam pela equação de estado dos gases ideais – a equação de Clapeyron. Solicite aos estudantes que resolvam os exercícios propostos para que desenvolvam a capacidade de interpretar dados e de aplicar corretamente a lei geral dos gases. Ao abordar as transformações gasosas, promova o desenvolvimento das habilidades de analisar e elaborar gráficos que representem cada tipo de transformação (isocórica, isobárica e isotérmica). Procure, ao longo do capítulo, relacionar o exemplo de mergulho da abertura aos conceitos do capítulo, mas também considere os exemplos ilustrados pelos estudantes para que a aprendizagem seja significativa. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

- **EM13CSH201**
- **EM13MAT101**
- **Competência geral 7**

Esse capítulo possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CSH201**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao abordar, de maneira superficial, as navegações exploratórias e comerciais e sua consequência em unir e colocar povos em conflitos, e da habilidade **EM13MAT101**, da área de Matemática e suas Tecnologias, na medida em que incentiva o estudante a interpretar criticamente fatos relativos a ciências da natureza que envolvem variação de grandezas.

A **competência geral 7** também é evidenciada na abertura deste capítulo, na medida em que permite ao estudante argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias.

1. Comportamento térmico dos gases

Neste primeiro item, apresentamos um modelo para explicar o comportamento térmico dos gases por meio da formulação da teoria cinética dos gases. Faça o levantamento das concepções prévias dos estudantes acerca do conceito de gás e dê exemplos de gases em situações cotidianas. Anote as correlações que os estudantes fazem entre os gases e os conceitos de pressão, volume e temperatura. Apresente as hipóteses da teoria cinética dos gases e ressalte que, no estudo dos gases ideais, consideramos um sistema formado por milhões de bilhões de bilhões de partículas, que sempre permanecerá no estado gasoso, independentemente dos valores de pressão ou temperatura fornecidos ao sistema.

Sugestão de atividade complementar

Vídeo Comportamento térmico do ar

Sugerimos assistir ao vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kepaqcvf8uU> (acesso em: 29 maio 2020), elaborado pelo Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sobre o comportamento térmico do ar. O interesse do vídeo está no questionamento feito acerca da explicação do que acontece com o ar dentro de balões submetidos a diferentes situações térmicas. Com base nessa explicação apresentada no vídeo, explore os conceitos apresentados neste item.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT102**

Esta *Sugestão de atividade complementar* possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT301**, pois promove a interpretação de dados e de hipótese, bem como sua validação por meio de situações-problema; **EM13CNT101**, pois permite a analise e a representação das transformações gasosas, possibilitando a previsões sobre seus comportamentos; e **EM13CNT102**, pois permite a realização de previsões e análise de sistemas térmicos, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento.

EDIÇÃO MODERNA

2. Mol, quantidade de matéria e massa molar

É provável que os estudantes já tenham estudado esses conceitos nas aulas de Química. É um momento oportuno para evidenciar que a construção de muitos conceitos deste capítulo foi formulada com esforços de físicos e químicos. A quantidade de átomos ou moléculas presentes em um mol foi determinada experimentalmente e denominada pelo número de Avogadro. Para reforçar os conceitos de mol e massa molar, analise com a turma o exemplo proposto e promova o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, ao utilizar os dados disponíveis e os conhecimentos de cálculo de massa molar, para validar a afirmação ou hipótese apresentada.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

Esta seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois promove a interpretação de dados e de hipótese, bem como sua validação por meio de situações-problema.

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa E.

Este exercício promove a compreensão do conceito de mol. Se uma distância (D) representa 1 mol de milímetros, então isso significa que:

$D = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mm $\Rightarrow$ $D = 6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-6}$ km $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ $D = 6{,}02 \cdot 10^{17}$ km

Sabendo que a distância de 1 ano-luz corresponde a aproximadamente 10^{13} km, temos:

$$D = \underbrace{6{,}02 \cdot 10^{4}}_{60.200} \cdot \underbrace{10^{13}\ \text{km}}_{1\ \text{ano-luz}} \therefore\ D = 60.200 \text{ anos-luz}$$

O diâmetro maior da Via Láctea vale, aproximadamente, 200.000 anos-luz.

De olho na BNCC

- **EM13MAT313**

A atividade sugerida no *Aplicando conhecimentos* permite o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT313**, da área de Matemática e suas Tecnologias, na medida em que notação científica e algarismos significativos são aplicados na resolução.

3. Variáveis de estado de um gás

A teoria cinética dos gases traz a abordagem microscópica dos conceitos de calor e temperatura e as leis da Termodinâmica explicam as características macroscópicas desses conceitos. O objetivo deste item é apresentar as características macroscópicas de um gás, como a pressão (p), a temperatura (T), o volume (V), a densidade (d) e a energia interna (U) do sistema.

Ao iniciar esse conteúdo, retome com os estudantes que o gás ideal assumirá o volume interno do recipiente e a pressão dependerá da capacidade do recipiente que contém o gás. Lembre aos estudantes de trabalharem com unidades coerentes nos cálculos, dando preferência para o Sistema Internacional.

É possível trabalhar este tópico em colaboração com o professor de Química e, assim, abordar as características macroscópicas e microscópicas de um sistema térmico. Sugerimos construir uma tabela relacionando algumas características macroscópicas e microscópicas de sistemas térmicos, para organizar as equivalências presentes no conceito de gases. Na tabela a seguir indicamos um exemplo de equivalências entre as escalas.

Macroscópicas	Microscópicas
Massa	Número de moléculas
Pressão	Colisão das moléculas nas paredes do recipiente
Volume	Distância média entre as moléculas
Temperatura	Energia cinética molecular

4. Equação de estado de um gás perfeito

As variáveis de estados do gás estão relacionadas por equações de estado. A equação de Clapeyron, apresentada neste item, relaciona as variáveis de estado de um gás ideal (modelo discutido no texto). Explique aos estudantes que todos os gases podem obedecer a essa equação, desde que o gás esteja a uma pressão suficientemente baixa e temperatura alta. Destaque que a pressão (p) é a pressão absoluta do sistema, isto é, a soma da pressão interna com a pressão externa ao sistema, e a temperatura T é absoluta (Kelvin). No caso de uma mistura gasosa, reforce que n é o número total de mols da mistura que, atualmente, chama-se quantidade de matéria. Aponte que a constante R tem o mesmo valor para todos os gases, por isso é denominada **constante universal dos gases perfeitos**.

A equação de Clapeyron permite relacionar e quantificar as condições do gás em determinado estado. Apesar de não existir na natureza "um gás ideal", todos os gases reais se aproximam do modelo de gás ideal em baixas concentrações, em que suas moléculas estão suficientemente afastadas e praticamente não interagem.

No exemplo, espera-se que o estudante seja capaz de verificar que um mol de um gás ideal, em CNTP, ocupa sempre um volume molar de 22,4 L, independentemente da natureza desse gás ideal.

Aplicando conhecimentos

Nesta seção, são propostos exercícios para sistematizar os conhecimentos sobre a aplicação da lei dos gases perfeitos e as relações entre mol, massa e massa molar de um gás.

2 Ao considerar o hidrogênio como gás ideal, podemos utilizar a equação de gás perfeito para encontrar a pressão exercida pelo hidrogênio. Em CNTP, temos $T = 400$ K.

a) $p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot 4{,}1 = 3 \cdot 8{,}2 \cdot 10^{-2} \cdot 400$

$\therefore\ p = 24$ atm

b) $n = \frac{m}{M} \Rightarrow 3 = \frac{m}{2} \therefore\ m = 6$ g

MODERNA

c) $\begin{cases} 1 \text{ mol} \text{ — } 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} \\ 3 \text{ mols} \text{ — } N \end{cases}$

$\therefore \ N = 18{,}06 \cdot 10^{23}$ moléculas

3 Alternativa E.

Nas CNTP, temos $p = 1$ atm e $T = 310$ K. Substituindo esses valores na equação de Clapeyron, temos:

$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow 1 \cdot V = 0{,}25 \cdot 8{,}2 \cdot 10^{-2} \cdot 310$

$\therefore \ V \simeq 6{,}36$ L

5. Lei geral dos gases perfeitos

Antes de iniciar este item, sugerimos retomar com os estudantes as unidades das grandezas físicas. Ressalte que a unidade de pressão no Sistema Internacional é o pascal (Pa), mas há outras unidades práticas de pressão, dentre as quais muitas vezes utilizamos a atmosfera padrão (atm). Ao fazer os cálculos considerando dois estados do gás, enfatiza-se que a constante de proporcionalidade *R* é uma constante e independe da natureza do gás.

Para contextualizar a lei geral dos gases perfeitos, sugerimos retomar o exemplo da abertura sobre o mergulho em apneia. Antes de realizar o mergulho, o mergulhador enche ao máximo os pulmões de ar, ou seja, faz uma inspiração profunda para reter ar na caixa torácica. Indicamos a seguir um exemplo para ilustrar como as variáveis de estado se comportam na inspiração do mergulhador.

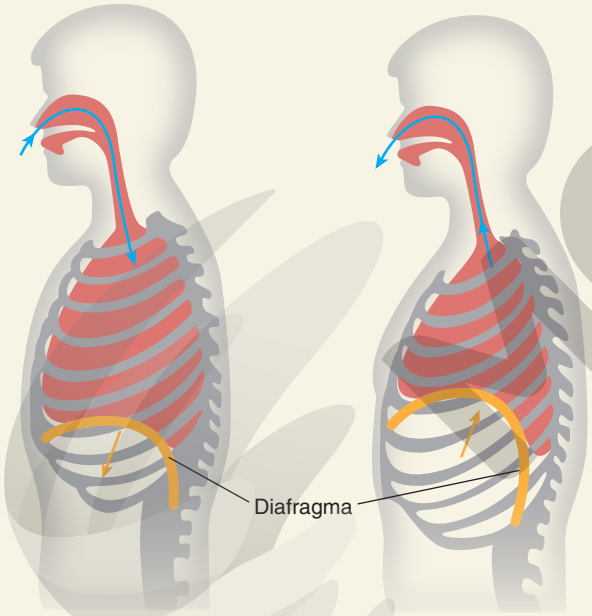


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Inspiração: O diafragma contrai; os pulmões se expandem.

Expiração: O diafragma relaxa; os pulmões se contraem.

Na inspiração, ao contrair o músculo do diafragma, o volume (*V*) da caixa torácica aumenta, diminuindo a pressão. A menor pressão faz os pulmões se expandirem e se encherem de ar. Note que o processo inverso explica o processo da exalação ou expiração. O ato de encher a caixa torácica faz com que o abdômen estufe. A intenção é conter ao máximo o ar no organismo, para ser distribuído e exalado aos poucos durante o mergulho. Lembre aos estudantes que os órgãos e o sangue necessitam de oxigenação para desempenhar suas funções. É uma boa oportunidade para ressaltar os riscos de realizar um mergulho em apneia e discutir a importância do uso de equipamentos de segurança, para promover a habilidade **EM13CNT306**. Por fim, aponte um exemplo mais rotineiro que utiliza esse processo respiratório, como as respirações profundas que ocorrem em práticas meditativas e de relaxamento.

Para validar a abordagem qualitativa, analise com os estudantes o exemplo do livro para validar a equação de Clapeyron em mudanças de estado, especificamente, ao mudar a temperatura do sistema.

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**
- **EM13CNT306**
- **EM13CNT307**

Esta seção possibilita o desenvolvimento parcial das habilidades **EM13CNT205**, **EM13CNT306** e **EM13CNT307**. A primeira, ao trabalhar em um exercício proposto, a interpretação dos resultados de uma atividade experimental, com base nas noções de probabilidade e os limites explicativos das Ciências. A segunda, ao reforçar os riscos de um mergulho em apneia, e a terceira ao discutir as propriedades do material/recipiente.

Aplicando conhecimentos

Os exercícios envolvem cálculos de temperatura de um sistema em dois estados distintos, portanto, é uma boa oportunidade de verificar a compreensão operacional da aplicação da lei geral dos gases perfeitos. O exercício 5 desenvolve parcialmente a habilidade **EM13CNT205**, pois exige a interpretação de dados experimentais com base nas limitações físicas do sistema e a habilidade **EM13CNT307** na compreensão da propriedade indeformável e indelével de um recipiente que contém o gás perfeito.

4 Alternativa E.

O exercício aborda a situação de dois estados do ar dos pneus, após calibrar e após percorrer determinada distância e o gás sofrer variação de pressão. Como o ar é considerado um gás ideal e *nR* é constante, temos:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{30 \cdot V_1}{(27 + 273)} = \frac{33 \cdot 1{,}05 \cdot V_1}{T_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{300 \cdot 33 \cdot 1{,}05}{30} \ \therefore \ T_2 = 346{,}5 \text{ K} = 73{,}5 \text{ °C}$$

5 O experimento consiste no aquecimento de um recipiente que tem uma válvula, semelhante a uma panela de pressão. Como a pressão é mantida constante, o volume também será constante, portanto:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p \cdot V = \text{cte}$$

A massa do gás acondicionado no recipiente após a abertura da válvula corresponde a 0,75 da massa inicial. Utilizando a relação $n = \frac{m}{M}$, $T = 300$ K e substituindo os valores na equação de Clapeyron, temos:

$$\frac{p \cdot V}{n_1 T_1} = \frac{p \cdot V}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{M}{m_1 T_1} = \frac{M}{0{,}75 m_1 T_2} \Rightarrow \frac{1}{300} = \frac{1}{0{,}75 T_2}$$

$\therefore\ T_2 = 400\ \text{K} \Rightarrow T_2 = 127\ ^\circ\text{C}$

Portanto, a temperatura será de 127 °C.

6. Transformações gasosas

Uma abordagem nova sobre as relações entre as variáveis de estado é apresentada aos estudantes neste item, que trata de três tipos de transformações gasosas e suas representações gráficas. Explique que as transformações ocorrem quando uma ou mais de uma variável de estado variam ao longo do tempo.

Sugerimos reservar alguns minutos da aula para trabalhar essa nova abordagem com base na construção e explicação dos gráficos de cada uma das transformações. Assim, é possível desenvolver parcialmente a habilidade **EM13CNT102**, ao avaliar sistemas térmicos e os efeitos das suas variáveis de estado, ou seja, avaliar as transformações isobárica, isocórica e isotérmica. Além disso, indicamos analisar os exemplos com os estudantes, para desenvolver a habilidade **EM13CNT301**, que exige a interpretação de dados e gráficos, a fim de solucionar situações-problema.

De olho na BNCC

- **EM13CNT102**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT306**
- **EM13MAT510**

Esta seção possibilita o desenvolvimento parcial das habilidades **EM13CNT102**, **EM13CNT301**, **EM13CNT303** e **EM13CNT306**. A primeira habilidade se refere à análise dos efeitos das variáveis termodinâmicas de diversos sistemas térmicos. A segunda habilidade citada refere-se aos exemplos e exercícios, pois exige a interpretação de dados, de gráficos e situações-problema. Por fim, as duas últimas habilidades são referentes, respectivamente, à interpretação de texto de uma temática das Ciências da Natureza (ciência do mergulho) e à compreensão dos riscos presentes nos mergulhos. A habilidade **EM13MAT510**, da área de Matemática e suas tecnologias, também é evidenciada neste item ao relacionar grandezas através de um conjunto de dados.

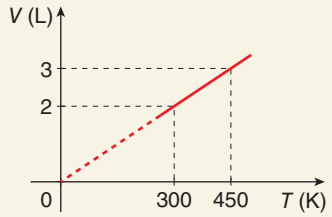
Aplicando conhecimentos

6 Este exercício é uma aplicação direta da transformação isobárica. Note que o volume final aumenta e será: $V_2 = V_1 + \frac{V_1}{2} = \frac{3V_1}{2}$

a) A transformação isobárica ocorre em pressão constante e com o volume e a temperatura absoluta diretamente proporcionais, isto é:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{2}{300} = \frac{3}{T_2} \therefore\ T_2 = 450\ \text{K} = 177\ ^\circ\text{C}$$

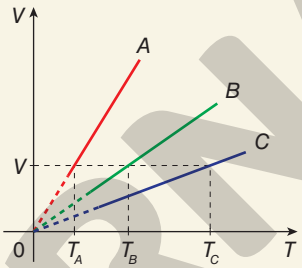
b) O gráfico volume *versus* temperatura pode ser assim representado:



7 Pela lei de Charles e Gay-Lussac, temos:

$V = k_p \cdot T$, sendo $k_p = \frac{n \cdot R}{p}$

Vamos tomar o mesmo volume V para as três amostras, conforme apresentado no gráfico a seguir.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Assim:

$$k_{p_A} \cdot T_A = k_{p_B} \cdot T_B = k_{p_C} \cdot T_C \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{n \cdot R}{p_A} \cdot T_A = \frac{n \cdot R}{p_B} \cdot T_B = \frac{n \cdot R}{p_C} \cdot T_C$$

ou

$$\frac{T_A}{p_A} = \frac{T_B}{p_B} = \frac{T_C}{p_C}$$

Portanto, para volumes iguais das amostras, p e T são diretamente proporcionais entre si, isto é, maior temperatura $\Leftrightarrow$ maior pressão, menor temperatura $\Leftrightarrow$ menor pressão. Como $T_A < T_B < T_C \Leftrightarrow p_A < p_B < p_C$.

Professor(a), se achar conveniente, sugira aos estudantes, como desafio, que cheguem a essa conclusão tomando a mesma **temperatura** para as três amostras. É um pouquinho só mais trabalhoso.

Outro modo de resolver é comparando os coeficientes angulares das retas, isto é, os k's:

$$k_{p_A} > k_{p_B} > k_{p_C} \Rightarrow \frac{n \cdot R}{p_A} > \frac{n \cdot R}{p_B} > \frac{n \cdot R}{p_C} \Rightarrow p_A < p_B < p_C$$

Esse modo é um pouco mais rápido que o anterior, mas, não necessariamente mais simples para os estudantes.

8 Alternativa A.

Da lei geral dos gases perfeitos, temos:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow p = \underbrace{\frac{n \cdot R}{V}}_{k_V} \cdot T$$

9 **a)** Como o volume interno sofreu uma variação desprezível, podemos dizer que a transformação é isovolumétrica.

b) O aumento de pressão pode ser explicado pelo aumento de temperatura desse dia, uma vez que os pneus foram calibrados em uma manhã de inverno. Após sua longa viagem, espera-se que a temperatura ambiente aumente com a

MODERNA

incidência do sol e com o atrito do asfalto, ocasionando uma temperatura final superior à temperatura inicial no ar dentro dos pneus. Assim, sabemos que:

$$\frac{p_i V_i}{T_i} = \frac{p_f V_f}{T_f}$$

Como $V_f = V_i$, temos:

$$\frac{p_i}{T_i} = \frac{p_f}{T_f}$$

Assim, a variação na temperatura ocasiona uma mudança na pressão interna.

c) Sabendo que $\frac{p_i}{T_i} = \frac{p_f}{T_f}$, podemos isolar a temperatura final como função da temperatura inicial:

$$T_f = \frac{p_f}{p_i} \cdot T_i = \frac{33}{30} \cdot T_i = 1{,}1 \cdot T_i \;\therefore\; T_f = T_i + 10\%\, T_i$$

A temperatura absoluta também sofre uma variação de 10%.

Em destaque

A atividade proposta contextualiza parte do tema de abertura do capítulo – a Física do mergulho em apneia, permitindo consolidar os conhecimentos construídos, como os conceitos de empuxo, densidade e pressão. Ao propor a leitura e interpretação de um texto com uma temática das Ciências da Natureza, os estudantes poderão desenvolver parcialmente a habilidade **EM13CNT303**, ao analisar a consistência dos argumentos apresentados pela mergulhadora. Além disso, deverão ser capazes de explicar os riscos envolvidos na descompressão, bem como apontar medidas e/ou equipamentos de segurança, promovendo parcialmente a habilidade **EM13CNT306**.

Peça aos estudantes que formem grupos para ler a entrevista, discutirem entre si e formularem as respostas escritas às questões. Abaixo sintetizamos o retorno das possíveis respostas:

1. A força peso deve ser maior que o empuxo. A resultante dessas forças apontará para baixo, afundando o corpo. Neste caso, a densidade do corpo da atleta é maior que a da água do mar.
2. Os estudantes podem retornar à abertura para responder a essa questão, indicando o conjunto composto de cilindro de ar com uma quantidade de mistura gasosa que considere o tempo e a profundidade de mergulho. Além disso, devem apontar que a subida não pode ser realizada de forma abrupta, pois bolhas podem ser geradas nos líquidos dos organismos, levando a complicações de saúde. Caso julgue necessário, recomende a consulta de um material sobre problemas fisiológicos em ambientes aquáticos, disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Berenice/sangue.html>. Acesso em: 25 maio 2020.

Outra discussão pode ser proposta abordando o mergulho livre. Nesse caso, retome a lei de Boyle, que afirma que o produto da pressão e do volume é constante, ou seja, se a pressão duplicar, o volume da caixa torácica tem que ser reduzido à metade, o que resulta em uma condição chamada "espremedura", que tende a colapsar o tórax e causar dores e danos físicos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **EM13CNT306**

A seção *Em destaque* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**, ao analisar a consistência dos argumentos apresentados pela mergulhadora. Além disso, os estudantes devem explicar os riscos envolvidos na descompressão, bem como apontar medidas e/ou equipamentos de segurança, promovendo parcialmente a habilidade **EM13CNT306**.

Aplicando conhecimentos

10 Em uma transformação isotérmica, a temperatura é constante. Mantendo-se constante a quantidade do gás, o produto nR será constante, ou seja, $pV = nR \cdot T =$ constante, que representa a função do gráfico do item **b**.

11 Alternativa D.

Para uma transformação isotérmica, a lei de Boyle-Mariotte indica que p e V sofrem variações inversamente proporcionais entre si; assim, como o volume sofre um aumento de 25%, temos o volume final de $V_2 = V_1 + 0{,}25\, V_1 \Rightarrow V_1 = 1{,}25 \cdot V_1$. Logo:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot 1{,}25 V_1 \Rightarrow p_2 = \frac{1}{1{,}25}\, p_1 = 0{,}80 p_1 \Rightarrow p_2 = 80\% p_1$$

Concluímos que a pressão final é 80% da pressão inicial, ou seja, a pressão diminuiu 20% em relação ao valor inicial.

CAPÍTULO 1.
Os seres mais simples: vírus, bactérias, arqueas, protoctistas e fungos

1 A descoberta da transformação bacteriana por Griffith foi o ponto de partida para os experimentos que levaram à descoberta de que o DNA é o material hereditário dos seres vivos. Griffith mostrou que a característica bacteriana de possuir cápsula era condicionada por uma substância que podia ser passada de células mortas pelo calor para células vivas modificando suas características hereditárias. Ajude os estudantes a fazer uma pesquisa sobre o trabalho realizado por Griffith, com ênfase nas etapas dos experimentos realizados, na interpretação dos resultados e na elaboração da explicação para a transformação bacteriana.

A proposta de representar e interpretar um modelo explicativo, dados e/ou resultados experimentais e a comunicação de resultados de experimentos utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais colaboram para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT302**.

2 Alternativa B. O medicamento mencionado na questão combate o vírus HIV por bloquear a ação da enzima transcriptase reversa, o que impede a formação do DNA viral a partir do RNA viral e, consequentemente, a reprodução desse vírus.

3 Alternativa D. Micorrizas são associações entre fungos e raízes de plantas. Tanto o fungo quanto a planta se beneficiam dessa associação, que pode ser classificada como mutualismo.

4 Alternativa C. Os fungos, como as leveduras, são seres eucariontes e, portanto, apresentam: envoltório nuclear e retículo endoplasmático granuloso, onde ocorre síntese de proteínas. Como todo fungo, as leveduras não apresentam cloroplastos e, portanto, não realizam fotossíntese.

5 a) A peste bubônica é causada pela bactéria *Yersinia pestis*, transmitida por pulgas de ratos. Pulgas infestadas que picam uma pessoa podem transmitir a doença. Os sintomas incluem: inchaço dos gânglios linfáticos, na virilha, na axila ou no pescoço; febre, calafrios, dor de cabeça, fadiga e dores musculares. A prevenção de uma doença como essa nos dias de hoje deveria focar em medidas de saneamento básico, evitando a proliferação de ratos e pulgas, principalmente.

Mais informações podem ser encontradas em:
<https://revistapesquisa.fapesp.br/por-que-a-peste-e-tao-letal/>
<https://www.historiadomundo.com.br/idade-media/peste-negra.htm>
Acessos em: 9 abr. 2021.

b)

	SARS	Gripe suína	Influenza
ano	2003	2009	
agente causador	SARS-CoV	Influenza A [H1N1]pdm09	Influenza A e B
sintomas	febre, dores de cabeça, calafrios e dores musculares	febre, tosse, dor de garganta, dores musculares, dor de cabeça, calafrios, corrimento nasal e cansaço, náuseas, vômitos e diarreia	febre, coriza, tosse, cefaleia e mal-estar
mortalidade	4,83%	0,2%	0,13%

Mais informações podem ser encontradas em:
<https://www.msdmanuals.com/pt/profissional/doen%C3%A7as-infecciosas/v%C3%ADrus-respirat%C3%B3rios/coronav%C3%ADrus-e-s%C3%ADndromes-respirat%C3%B3rias-agudas-covid-19,-mers-e-sars>
<https://www.msdmanuals.com/pt/profissional/doen%C3%A7as-infecciosas/v%C3%ADrus-respirat%C3%B3rios/pandemia-de-2009-pelo-v%C3%ADrus-h1n1-da-influenza-gripe-su%C3%ADna?query=h1n1>
<https://www.msdmanuals.com/pt/casa/infec%C3%A7%C3%B5es/v%C3%ADrus-respirat%C3%B3rios/influenza-gripe>
<https://brasil.elpais.com/ciencia/2020-03-03/como-o-coronavirus-se-compara-com-a-gripe-os-numeros-dizem-que-ele-e-pior.html>
Acessos em: 11 maio 2020.

c) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes compreendam que a vacinação é importante não só para o cuidado pessoal, para não ser infectado por certos microrganismos patogênicos, como também tem importante papel social ao reduzir a propagação de doenças, protegendo pessoas que não puderam ser vacinadas (imunidade de rebanho).

Esta atividade favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT302** e **EM13CNT303**, na medida em que os estudantes devem interpretar os textos de divulgação científica que foram pesquisados, elaborar hipóteses, avaliar situações-problema e comunicar os resultados. A pesquisa sobre as doenças e viroses, assim como suas formas de transmissão e sintomas, além da importância da vacinação dialogam com a **competência geral 8**, que alerta para o autocuidado na saúde física.

MODERNA

CAPÍTULO 2.
Anatomia e fisiologia das plantas

1 **a)** De acordo com os conhecimentos atuais sobre fisiologia das plantas, o aumento de massa da planta foi resultado da atividade fotossintética, em que água e gás carbônico são transformados nas substâncias orgânicas constituintes do corpo da planta.

b) A redução da massa de terra pode ser explicada, principalmente, pela utilização da matéria inorgânica contida nela, como sais minerais.

2 Na situação **a**, apesar de haver muita luz, os estômatos se fecham como proteção contra a perda de água por transpiração.

Na situação **b**, apesar de haver água em abundância, os estômatos se fecham, pois sua abertura depende da presença de luz. Na ausência de luz não ocorre a fotossíntese, de modo que a planta não necessita absorver gás carbônico através dos estômatos.

3 Alternativa B. As sementes aparecem apenas em 4 e compartilham essa característica com suas descendências: as cicadáceas, as coníferas, os ginkgos, os gnetófitos e as angiospermas.

4 **a)** Os tecidos que conferem sustentação à planta são: o esclerênquima, constituído por células mortas, alongadas e com paredes lignificadas; o xilema, formado por células condutoras mortas, alongadas e com parede lignificada; e o colênquima, tecido constituído por células vivas, alongadas, com parede celulósica espessada.

b) Em geral, quando há eliminação da extremidade de um ramo, o tecido meristemático primário presente nas gemas laterais abaixo da ruptura do caule entra em atividade, originando um ramo lateral.

5 Alternativa E. A zona pilífera, com grande quantidade de pelos absorventes, que aumentam muito a área de contato com o solo, é a principal responsável pela absorção de água e sais minerais pela planta.

6 Essa atividade integra conhecimentos de Biologia, Química e Física, por isso sugerimos o trabalho em conjunto dos professores dessas disciplinas.

Sugerimos dividir a classe em 4 grandes grupos, cada um deles responsável por cada uma das propriedades citadas na atividade. Sugerimos ainda que o trabalho tenha três momentos:

1) pesquisa do tema em destaque apenas quanto ao aspecto físico-químico, embasado e organizado;

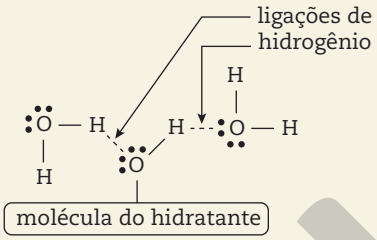
2) aplicação dos conceitos físicos e químicos pesquisados para explicar aspectos do metabolismo das plantas. Esta atividade integra áreas de Física, Química e Biologia, revelando a relação entre os níveis em que natureza se manifesta.

3) produção de um vídeo ou *podcast* com as informações provenientes dos passos 1 e 2. O material produzido pode ser apresentado para a comunidade escolar e/ou ainda publicado no *site* e nas redes sociais da escola.

CAPÍTULO 3.
Geometria molecular e interações intermoleculares

1 Alternativa E.

Os grupos —OH das estruturas apresentadas podem estabelecer ligações de hidrogênio com as moléculas de água e, assim, contribuir para sua retenção.



Os grupos —O— do polietilenoglicol também podem estabelecer esse tipo de interação com as moléculas de água por meio dos pares eletrônicos não compartilhados da camada de valência do átomo de oxigênio.

2 Alternativa D.

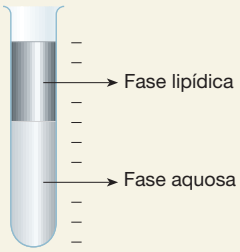
A movimentação do etanol deve-se à capilaridade do líquido nos poros do papel. Esse fenômeno resulta do fato de as forças de adesão do etanol ao papel (celulose) serem mais intensas que as forças de coesão entre as moléculas do etanol.

3 O metano, CH_4, apresenta fracas interações intermoleculares, do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido; o sulfeto de hidrogênio, H_2S, apresenta interações mais fortes, do tipo dipolo-dipolo, e a água, H_2O, apresenta interações ainda mais fortes, do tipo ligações de hidrogênio.

4 Alternativa C.

Comparando I e II, notamos que a fórmula molecular é a mesma e, portanto, a massa molecular é a mesma. A temperatura de ebulição de I deve ser maior em função da ocorrência de ligações de hidrogênio. Comparando I e III, notamos que em ambas ocorrem ligações de hidrogênio. Como a massa molecular de III é maior, espera-se que tenha maior temperatura de ebulição. Assim, a sequência crescente solicitada é: II < I < III.

5 **a)**



ADILSON SECCO

b) Comparando a fase lipídica dos dois tubos (que é a superior), verificamos que a versão "light" tem metade da quantidade de gordura da margarina "normal". Como o preço é o mesmo, concluímos que a gordura custa duas vezes mais na margarina "light".

CÓPIA

6 Alternativa A.

Nos grupos das alternativas B, C, D e E, todos os carbonos estabelecem uma ligação dupla e duas ligações simples, sendo, portanto, trigonais planos. Como consequência, os carbonos e os átomos ligados a eles estão todos em um mesmo plano e, então, esses grupos são planares. No grupo da alternativa A (chamado ciclo-hexil), todos os carbonos são tetraédricos, o que faz com que o grupo seja não planar. Para conhecimento do docente, os modelos a seguir ilustram duas conformações possíveis para o grupo ciclo-hexil:

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

CAPÍTULO 4.
Reprodução das plantas e hormônios vegetais

1 Alternativa A. Apenas os musgos não apresentam raiz, caules e folhas diferenciados.

2 **a)** A planta não irá florescer na situação 3, pois o período de escuro não foi contínuo.

b) Nas plantas de dia curto, o fitocromo ***Fvl*** atua como inibidor da floração: elas florescem apenas nas estações do ano em que as noites são longas, pois a planta necessita de um período prolongado de escuridão para que todo fitocromo ***Fvl*** se converta espontaneamente em ***Fv***, deixando de inibir a floração. Se o período de escuridão for interrompido por uma exposição da planta à luz, o Fv se converte em Fvl e a floração é inibida.

3 **a)** I – mitose; II – meiose; III – mitose; IV – mitose. V – fecundação.

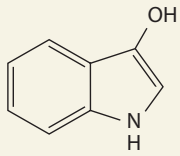
b) A tendência evolutiva é o aumento do esporófito e a redução do tamanho e da duração do gametófito.

4 **a)** Além de proteger as sementes, os frutos também auxiliam na sua dispersão. Muitos frutos são atrativos e nutritivos para os animais que, ao consumi-los, irão dispersar as sementes; outros têm estruturas que permitem sua dispersão, como é o caso do coco, do picão etc.

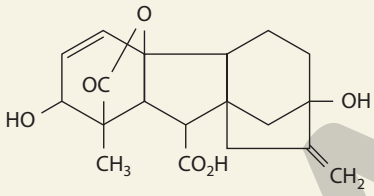
b) O endosperma também está presente nas gimnospermas. Uma possibilidade é que, por ser triploide (3n), o endosperma das angiospermas possibilite um maior acúmulo de substâncias de reserva.

5 Resposta pessoal. A seguir estão alguns exemplos:

- ácido indol-3-acético: $C_{10}H_9NO_2$

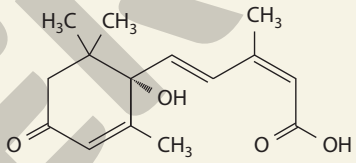


- ácido giberélico: $C_{19}H_{22}O_6$

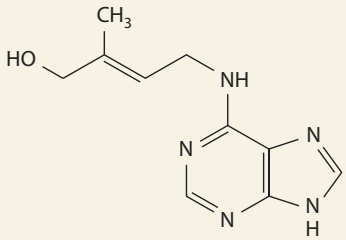


- etileno: C_2H

- ácido abscísico: $C_{15}H_{20}O_4$



- Zeatina (citocinina): $C_{10}H_3N_5O$



CAPÍTULO 5.
Anatomia e fisiologia dos animais

1 As esponjas são animais filtradores, que dependem da circulação da água pelas cavidades de seu corpo para se alimentarem. Assim, não seria possível encontrar este tipo de animal no ambiente terrestre.

2 Alternativa A. Na respiração cutânea, os gases respiratórios se difundem pela camada de água que reveste a superfície do corpo do animal.

3 Alternativa D. A pele permeável e úmida dos anfíbios, necessária para que ocorra a respiração cutânea, facilita a penetração de substâncias nocivas, e a umidade também favorece a proliferação de fungos.

4 Alternativa B. As estruturas excretoras dos platelmintos são os protonefrídios.

5 Alternativa A.

6 Alternativa A.

MODERNA

7 Osmose é um processo de difusão da água em que ela se move do meio menos concentrado em solutos para o mais concentrado através de uma membrana semipermeável; assim, é necessário que haja uma diferença de concentração entre duas soluções. Protozoários de água doce apresentam o meio intracelular mais concentrado do que o meio extracelular (água doce), o que faz com que continuamente entre água por osmose na célula. Estes organismos apresentam vacúolos contráteis, que têm a função de eliminar o excesso de água que entra na célula. Ao aumentarmos a concentração salina do meio, a entrada de água por osmose no protozoário diminui; o esperado, portanto, é que a pulsação do vacúolo também diminua.

Espera-se que os estudantes concluam que quanto maior a concentração salina do ambiente extracelular, menor será a velocidade de pulsação do vacúolo, pois a entrada de água por osmose é tanto menor quanto menor for a diferença de concentração entre os dois ambientes, intracelular e extracelular.

A atividade estimula a elaboração de hipóteses e previsões para construir, avaliar e justificar conclusões para as questões propostas, estimulando o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**.

Mais informações podem ser encontradas em:

<https://pt.khanacademy.org/science/biology/membranes-and-transport/diffusion-and-osmosis/a/osmosis>

<http://www.uel.br/laboratorios/lefa/aulas/Excrecao_aula_1_PDF.pdf>

Acessos em: 17 maio 2020.

CAPÍTULO 6.
Compostos inorgânicos

1 Alternativa A.

A absorção de CO_2 pela água do oceano está relacionada à ocorrência da reação assim equacionada:

$CO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$

Os íons H_3O^+ produzidos acarretam aumento da acidez do meio aquoso.

2 Óxido de cálcio: CaO; dióxido de silício: SiO_2; óxido de alumínio: Al_2O_3; óxido de ferro(III): Fe_2O_3; sulfato de cálcio: $CaSO_4$.

3 Alternativa B.

O frasco 2, único cujo conteúdo deixa a fenolftaleína rosa, contém NaOH, que é base. O frasco 3, único cujo conteúdo reage com $Mg(OH)_2$, contém HCl, que é ácido. O frasco 4, único cujo conteúdo (solução aquosa) não conduz corrente elétrica, contém sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), que não sofre ionização (muito menos dissociação iônica, já que é um composto molecular). O frasco 1, por conseguinte, é o que contém KCl.

4 Alternativa D.

Como o CO_2 é um óxido ácido, pode ser removido da atmosfera artificial do interior de cápsulas especiais por meio da reação com uma substância básica. Dentre as opções, a única base é o NaOH, hidróxido de sódio.

5 Alternativa A.

O texto explicita que a ação do dióxido de titânio ocorre "sob a ação da luz solar". Assim, é de esperar que a atuação dos nanocristais será pouco eficiente em ambientes escuros.

6 Alternativa B.

Cálculo da razão:

$$\frac{\text{número de átomos de enxofre}}{\text{número total de átomos de outros elementos}}$$

I. Sulfato de sódio — Na_2SO_4: $\frac{1}{6} = 0{,}17$

II. Sulfeto de zinco — ZnS: $\frac{1}{1} = 1$ (maior razão)

III. Sulfato de magnésio — $MgSO_4$: $\frac{1}{5} = 0{,}2$

IV. Sulfeto de sódio — Na_2S: $\frac{1}{2} = 0{,}5$

CAPÍTULO 7.
Concentração de soluções

1 Alternativa B.

Sabendo que cada litro de etanol produzido gera 18 L de vinhaça, podemos calcular quantos litros de vinhaça serão gerados na produção de 27.000 L de etanol:

Etanol		Vinhaça
1 L	——	18 L
27.000 L	——	x

$\Rightarrow x = 486.000$ L

Agora, sabendo que a concentração de fósforo na vinhaça é 60 mg/L, calculamos a massa total de fósforo:

Fósforo		Vinhaça
60 mg	——	1 L
y	——	486.000 L

$\Rightarrow y = 29 \cdot 10^6$ mg $= 29 \cdot 10^3$ g $= 29$ kg

2 Alternativa D.

Como a massa da criança é 16 kg e ela deve tomar 2 gotas por kg, concluímos que ela deve tomar 32 gotas do medicamento prescrito. A massa a ser ingerida do princípio ativo é:

Princípio ativo		Gotas
5,0 mg	——	1
m	——	32

$\Rightarrow m = 160$ mg

Ao substituir pela forma disponível comercialmente, é necessário que a mesma massa seja ingerida. Assim:

Princípio ativo		Gotas
4,0 mg	——	1
160 mg	——	x

$\Rightarrow x = 40$

Portanto, o responsável deve dar 40 gotas à criança.

3 Alternativa D.

A concentração de 4% em volume significa que, para cada 100 unidades volumétricas da solução, 4 unidades volumétricas são do soluto. Assim, no caso, para cada 100 mL de solução (volume total), 4 mL são de ácido acético.

4 Alternativa A.

As sementes não terão sua densidade influenciada pela adição de açúcar à solução que as rodeia. Já a solução terá sua densidade alterada pela dissolução desse soluto. E, como as sementes sobem, deduz-se que a densidade do líquido aumentou com a dissolução do açúcar. Na situação final, a densidade das sementes é menor que a do líquido e, portanto, elas agora flutuam nele.

5 Alternativa D.

Nos anos 1980, havia 13.000 ppm de enxofre no diesel e, em 2012, esse teor caiu para 50 ppm.

ppm		Porcentagem	
13.000 ppm	——	100%	} ⇒ $x = 0{,}38\%$
50 ppm	——	x	

Então, considerando certa quantidade de diesel queimada, a emissão de enxofre em 2012 (sob a forma de poluentes gasosos) representa 0,38% da que ocorria nos anos 1980. Isso significa que houve uma diminuição de 99,62% (calculada pela subtração 100,00% – 0,38%).

6 Alternativa D.

Na mistura original, dos 800 kg de massa, 640 kg (80%) são de água e 160 kg (20%) são de etanol.

No destilado obtido, dos 100 kg de massa, 4 kg (4%) são de água e 96 kg (96%) são de etanol.

Então, no resíduo, temos:

m(água, resíduo) = 640 kg − 4 kg = 636 kg

m(etanol, resíduo) = 160 kg − 96 kg = 64 kg

m(resíduo) = 636 kg + 64 kg = 700 kg

Massa		Porcentagem	
700 kg	——	100%	} ⇒ $x = 9{,}1\%$
64 kg	——	x	

7 Alternativa D.

A sugestão de preparo é de uma parte de suco (subentende-se "parte" em volume) para cinco partes de água. Assim, usando 300 mL de suco (essa é "uma parte" de suco), deve-se usar 1.500 mL (cinco vezes 300 mL) de água. O volume total será, portanto, 1.800 mL, ou seja, 1,8 L.

8 Alternativa B.

Como todo o etanol presente no lote a 96% em volume deve estar presente no lote a 70%, concluímos que 96% de 1.000 L deve ser igual a 70% do volume do novo lote.

$0{,}96 \cdot 1.000\ \text{L} = 0{,}70 \cdot V \quad \Rightarrow \quad V = 1.371\ \text{L}$

Note que, do ponto de vista matemático, é como se estivéssemos diluindo o lote inicial (por adição de água) até que a porcentagem de etanol se reduzisse a 70%. É relevante ter em mente que essa resolução não considera possíveis efeitos de contração da mistura etanol-água.

CAPÍTULO 8.
Fluidos

1 Alternativa D.

O exercício trabalha a relação do empuxo com a densidade de líquidos. Ao considerar que o corpo está em equilíbrio nos dois casos, podemos dizer que:

$$E = P \Rightarrow d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{imerso}} \cdot g = d_{\text{objeto}} \cdot V_{\text{objeto}} \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d_{\text{objeto}} = d_{\text{líquido}} \cdot \frac{V_{\text{imerso}}}{V_{\text{objeto}}}$$

Ao considerar o corpo imerso na água, temos:

$$d_{\text{objeto}} = 1 \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 0{,}32 \Rightarrow d_{\text{objeto}} = 0{,}32\ \text{g/cm}^3$$

Ao considerar o corpo imerso no óleo, temos:

$$d_{\text{objeto}} = d_{\text{óleo}} \cdot \frac{V_{\text{imerso}}}{V_{\text{objeto}}} \Rightarrow 0{,}32 \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = d_{\text{óleo}} \cdot 0{,}40$$

$$\therefore d_{\text{óleo}} = 0{,}80\ \text{g/cm}^3$$

2 Alternativa B.

O exercício é uma boa oportunidade de apresentar ou relembrar o dinamômetro, que é um dispositivo capaz de medir força. O módulo da força $\vec{F}$ medida pelo dinamômetro antes de afundar o objeto é igual à força peso:

$F = P \Rightarrow F = m \cdot g \Rightarrow F = 30\ \text{N}$

Ao mergulhar o objeto num fluido, o corpo sofre a ação de uma força vertical, o empuxo; portanto, a intensidade da força medida pelo dinamômetro é:

$P_{\text{ap}} = P - E \Rightarrow 24 = 30 - E \therefore E = 6\ \text{N}$

Pelo princípio de Arquimedes, podemos determinar a densidade da água do lago:

$$E = d_{\text{água}} \cdot V_{\text{imerso}} \cdot g \Rightarrow 6 = d_{\text{água}} \cdot \frac{(0{,}1)^3}{2} \cdot 10$$

$$\therefore d_{\text{água}} = 1{,}2 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3 \Rightarrow d_{\text{água}} = 1{,}2\ \text{g/cm}^3$$

3 Alternativa C.

Como a cadeira de rodas sobe com velocidade constante, em equilíbrio, a força exercida pela plataforma elevatória é igual à força peso:

$$F_{\text{plat}} = P \Rightarrow F_{\text{plat}} = m_{\text{sistema}} \cdot g \Rightarrow F_{\text{plat}} = (m_{\text{pessoa}} + m_{\text{cadeira}} + m_{\text{plataforma}}) \cdot g \Rightarrow F_{\text{plat}} = (65 + 15 + 20) \cdot 10$$

$$\therefore F_{\text{plat}} = 1.000\ \text{N}$$

A bomba exerce uma força de módulo F_1 no fluido para passar de uma tubulação mais estreita para uma mais larga e assim acionar o pistão. Já que a área do pistão é cinco vezes maior que a área da tubulação estreita da bomba, temos: $A_2 = 5 \cdot A_1$. Considerando o fluido em equilíbrio, a pressão exercida em um ponto será a mesma em outro ponto a uma mesma altura no fluido. Assim, pelo princípio de Pascal, temos:

$$\Delta P_1 = \Delta P_B \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow F_1 = F_{\text{plat}} \cdot \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_1 = F_{\text{plat}} \cdot \frac{A_1}{5A_1} \Rightarrow F_1 = 1.000 \cdot \frac{1}{5}$$

$$\therefore F_1 = 200\ \text{N}$$

Essa força equivale a uma massa de 20 kg, aproximadamente.

MODERNA

4 Como a velocidade é constante, as forças tendem a se equilibrar. Ao analisar o gráfico, notamos inicialmente que a força de tração no fio é menor, já que o empuxo está se equilibrando com a força peso P. Conforme o cilindro vai saindo da água, a força do empuxo vai diminuindo e a tração do fio aumentando. A partir de $y = 35$ cm, podemos concluir que não há mais empuxo agindo sobre o cilindro; portanto, $T = P$.

a) Pelo gráfico, é possível obter a altura h do cilindro. Quando $y = 20$ cm, o cilindro está totalmente submerso com seu topo na superfície do líquido, e em $y = 35$ cm o cilindro está totalmente fora. Assim, temos:

$h = 35 - 20 \therefore h = 15$ cm

O empuxo pode ser calculado entre esse intervalo de deslocamento, assim:

$E = 1{,}6\text{ N} - 1{,}3\text{ N} \therefore E = 0{,}3\text{ N}$

b) O exercício também avalia os conhecimentos de unidades pelos estudantes. Note que o volume é $V =$ (área $\times$ altura) e as grandezas precisam estar em metros. A massa específica do líquido pode ser obtida com o princípio de Pascal:

$$E = d \cdot V \cdot g \Rightarrow d = \frac{E}{V \cdot g} \Rightarrow d = \frac{0{,}3}{2{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}15 \cdot 10}$$

$\therefore d = 800\text{ kg/m}^3$

5 Alternativa D.

a) **Incorreta.** Tubarões não possuem bexiga natatória.

b) **Incorreta.** O peixe vai boiar, uma vez que seu volume aumenta e a densidade diminui.

c) **Incorreta.** A bexiga natatória é inflada com gases.

d) **Correta.** Se o peso do peixe não muda e o volume da bexiga natatória varia, há um deslocamento na água, ou seja, uma variação do volume de água. Portanto, a intensidade do empuxo também varia.

e) **Incorreta.** Os gases da bexiga natatória difundem-se dentro da vesícula gasosa.

CAPÍTULO 9.
Máquinas simples

1 **a)** Impondo o equilíbrio de rotação à alavanca, temos:

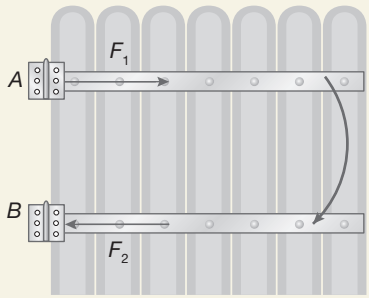
$F_R \cdot b_R = F_P \cdot b_P \Rightarrow 50 \cdot 10 = F_P \cdot 25 \therefore F_P = 20\text{ N}$

b) A vantagem mecânica (VM) pode, agora, ser facilmente calculada. Pela definição de VM, temos:

$$VM = \frac{F_R}{F_P} \Rightarrow VM = \frac{50\text{ N}}{20\text{ N}} \Rightarrow VM = 2{,}5$$

2 Alternativa A.

O exercício explora uma situação prática. O peso do menino e o peso do portão proporcionam torques que tendem a girar o portão no sentido horário; portanto, a dobradiça A está sendo tracionada, e a dobradiça B está sendo comprimida, conforme mostrado na figura a seguir.



ADILSON SECCO

Como uma dobradiça resiste mais a um esforço de compressão do que a um esforço de tração, é mais provável que A arrebente primeiro.

3 Alternativa A.

I – Verdadeira. O número de marchas é o número de combinações possíveis da quantidade de coroas dianteiras e traseiras, ou seja, $2 \times 5 = 10$.

II – Falsa. Para obter uma maior velocidade, a melhor combinação é ter a coroa ligada ao pedal (coroa dianteira) no maior raio e a coroa ligada ao eixo da roda (coroa traseira) no menor raio. Sejam ω_A e R_A a velocidade angular e o raio da coroa traseira e ω_B e R_B, respectivamente, da coroa dianteira. Como não há escorregamento, temos: $\omega_A \cdot R_A = \omega_A \cdot R_B \Rightarrow \omega_A = \frac{\omega_B \cdot R_B}{R_A}$. Portanto, o maior valor de ω_A corresponde ao maior valor de R_B (coroa dianteira) e ao menor valor de R_A (coroa traseira).

III – Verdadeira. Neste caso, deve-se ter a coroa dianteira no menor raio e a coroa traseira no maior raio.

4 Alternativa A.

O menor valor de ω ocorre na transmissão do movimento circular da polia 1 (do motor) para a polia 3 (que é a de maior raio). Este fato é demonstrado considerando que as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos:

$v_1 = v_3 \Rightarrow \omega_{motor} \cdot R_{polia_1} = \omega \cdot R_{polia_3}$ (R maior $\Rightarrow v$ menor)

De $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ concluímos que a polia 3, por ter o menor valor de ω, terá menor frequência. Portanto, a polia do motor ligada à polia 3 e serra de fita movimentada pela polia 1 é a situação indicada pela montagem Q.

CAPÍTULO 10.
Solubilidade e precipitação

1 Alternativa A.

Os sais precipitam de acordo com a ordem de solubilidade, precipitando primeiro o de menor solubilidade e por último o de maior.

2 Alternativa C.

Se em 1.000 g de água podem se dissolver 3.000 g do sal, deduz-se que em 500 g de água podem se dissolver 1.500 g de sal:

Massa de soluto		Massa de solvente
3.000 g	——	1.000 g
x	——	500 g

$\Rightarrow \quad x = 1.500$ g

MODELO

Assim, a **solução saturada** obtida será constituída por 500 g de solvente (água) e 1.500 g de soluto (nitrato de prata), apresentando **massa total** de 2.000 g.

3 Alternativa B.

O sabão ou detergente interage eficientemente com óleos e gorduras (apolares), por meio da parte hidrocarbônica (também apolar), e com água (polar), por meio da extremidade hidrófila.

4 Alternativa B.

A tendência de as gotas de água adquirirem forma esférica é decorrência da tensão superficial. O detergente atua como tensoativo (ou surfactante, ou surfatante), ou seja, diminui a tensão superficial da água. Como consequência, as gotas se espalham melhor pela superfície.

5 Alternativa D.

O enunciado afirma que o composto utilizado pelo químico ambiental é um agente tensoativo sintético. Então, ele tem a propriedade de atuar como detergente, promovendo a emulsificação do hidrocarboneto (apolar) em água (polar).

Não é necessário que os estudantes conheçam a estrutura do *para*-dodecil-benzenossulfonato de sódio para resolver. A título de informação ao docente, a estrutura é:

CAPÍTULO 11.
Quantidade de movimento e impulso de uma força

1 Pelo princípio da conservação da quantidade de movimento, temos:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow 15 \cdot 3 = 45 \cdot v' \therefore v' = 1$ m/s

Portanto, o conjunto de três carrinhos se movimentará à velocidade de 1 m/s.

2 Nesse exercício, é explorado o teorema do impulso e sua característica vetorial; portanto, o sentido dos vetores deve ser considerado.

a) Sendo, $v_2 = v$ e $v_1 = -v$, temos:

$I = \Delta Q \Rightarrow I = m \cdot v - (-v) \Rightarrow$

$\Rightarrow I = 2 \cdot m \cdot v \Rightarrow I = \Delta Q = 2 \cdot 0{,}20 \cdot 20$

$\therefore \Delta Q = 8{,}0$ kg · m/s

Lembre aos estudantes a equivalência das unidades: N · s = kg · m/s

b) A força média pode ser obtida da relação, $I = \Delta Q = F \cdot \Delta t$. Substituindo os valores, temos:

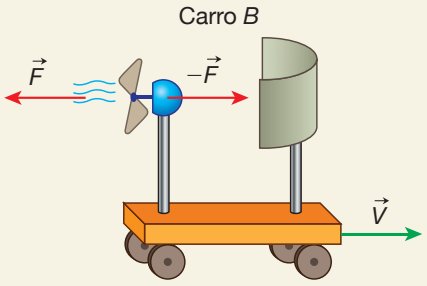
$\Delta Q = F \cdot \Delta t \Rightarrow 8{,}0 = F \cdot 0{,}01$

$\therefore F = 8{,}0 \cdot 10^2$ N

3 Alternativa B.

Vamos considerar o sistema constituído pela ventoinha, pelo carro plástico e pela vela. O ar é considerado externo ao sistema. Conforme o enunciado, as ventoinhas são pequenas, portanto todo o ar que elas impulsionam incide na vela. Assim, temos:

- Para o carro *B*:



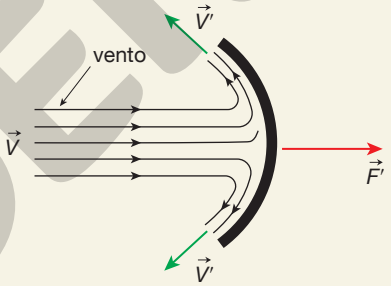
A ventoinha aplica no ar uma força de ação $\vec{F}$ e o ar aplica na ventoinha uma força de reação $-\vec{F}$, que vai acelerar o carro *B* para a direita. Pelo teorema do impulso, sendo *V* a intensidade da velocidade média do carro *B* no intervalo de tempo Δt, vem:

$F \cdot \Delta t = m \cdot V$ (1)

em que *m* é a massa de ar movida pela ventoinha no intervalo Δt.

- Para o carro *A*

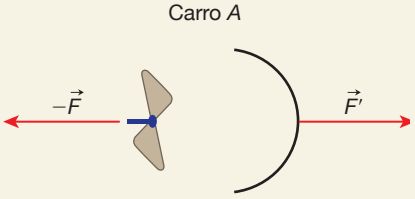
Tendo a cartolina o formato parabólico, a colisão do ar com a cartolina será do tipo parcialmente elástica, com o ar retornando após a colisão.



O ar incide na cartolina com velocidade de módulo *V* e seja V'_h o módulo da componente horizontal da velocidade com que o ar volta, depois de incidir na cartolina. Temos, pelo teorema do impulso:

$F' \cdot \Delta t = m \cdot (V'_h + V)$ (2)

De (1) e (2), resulta $F' > F$. Se V'_h tende a *V*, *F'* tende a 2*F*. Assim, $2F > F' > F$; portanto, a força trocada entre o ar e a cartolina terá intensidade *F'* maior que *F* e o carro *A* se move para a direita.



Agora, aplicando a segunda lei de Newton para os carros *A* e *B*, temos:

Carro *A*: $F' - F = m \cdot a_A$, com *m* sendo a massa do sistema ventoinha, carro e vela.

Carro *B*: $F = m \cdot a_B$

Sendo $2F > F' > F$, vem $a_A < a_B$ e, portanto, $v_A < v_B$.

4 O exercício é uma aplicação dos conceitos de momento linear, impulso e força média em uma colisão perfeitamente inelástica.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

MODERNA

a) Considerando uma colisão perfeitamente inelástica, em que os carros seguem juntos imediatamente após a colisão, e pela conservação de quantidade de movimento, temos:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow$

$\Rightarrow m_{carro\,1} \cdot v = (m_{carro\,1} + m_{carro\,2}) \cdot v'$

$v' = \dfrac{m_{carro\,1} \cdot v}{(m_{carro\,1} + m_{carro\,2})} = \dfrac{900 \cdot 20}{(900 + 1.000)}$

$\therefore\ v' \simeq 9{,}5$ m/s

Portanto, após a colisão, os carros assumiram a velocidade de 9,5 m/s.

b) Os impulsos nos carros têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos. Considerando o carro de massa 1 t, temos, de acordo com o teorema do impulso:

$I = \Delta Q \Rightarrow I = m_{carro\,2} \cdot v' - m_{carro\,2} \cdot 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I = 1.000 \cdot 9{,}5 - 1.000 \cdot 0 \ \therefore\ I = 9{,}5 \cdot 10^3$ N · s

Portanto, a intensidade de impulso é de:

$9{,}5 \cdot 10^3$ N · s

c) A intensidade da força média pode ser calculada por:

$I = F_{média} \cdot \Delta t \Rightarrow F_{média} = \dfrac{I}{\Delta t} = \dfrac{9{,}5 \cdot 10^3}{0{,}1}$

$\therefore\ F_{média} = 9{,}5 \cdot 10^4$ N

CAPÍTULO 12.
Gases

1 O GLP é líquido enquanto está no botijão em razão da pressão interna, que é maior que a pressão atmosférica. Ao ser liberado pelas bocas do fogão, ocorre uma diminuição da pressão e o GLP muda de fase, transformando-se em gás.

a) Gás não liquefaz. O que pode ser liquefeito é vapor.

b) Utilizando a relação de entre a quantidade de matéria n e massa molar $\mathcal{M}$ e utilizando a pressão na unidade do SI, pela lei geral dos gases perfeitos, temos:

$pV = nRT = \dfrac{m}{\mathcal{M}} RT \Rightarrow V = \dfrac{m \cdot R \cdot T}{\mathcal{M} \cdot p} \Rightarrow$

$\Rightarrow V = \dfrac{13 \cdot 10^3 \cdot 8{,}3 \cdot 300}{52 \cdot 10^5}$

$\therefore\ V = 6{,}225\ m^3 = 6.225$ L

Portanto, o volume final do balão seria de 6.225 L.

2 Alternativa A.

Como não há variação de temperatura nem na quantidade de gás dentro da bomba, até a abertura da válvula, temos $\begin{cases} T_1 = T_2 \\ n_1 = n_2 \end{cases}$. O volume de ar dentro da bomba é $V = S \cdot d$, sendo S a área da seção transversal do êmbolo e d a distância do êmbolo à válvula. Assim, da equação geral das transformações gasosas, temos:

$\dfrac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \dfrac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} \Rightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 1$ atm $\cdot\ S \cdot 24$ cm $= p_2 \cdot S \cdot 16$ cm $\Rightarrow$

$\Rightarrow p_2 = 1{,}5$ atm

3 Alternativa D.

A temperatura Celsius (não absoluta) dobra: $\theta_2 = 2 \cdot \theta_1$. Assim, aplicando a lei geral dos gases perfeitos, temos:

$\dfrac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \dfrac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} \Rightarrow \dfrac{p \cdot V}{n \cdot (\theta_1 + 273)} = \dfrac{3p \cdot \frac{1}{2} \cdot V}{n \cdot (2\theta_1 + 273)} \Rightarrow$

$\Rightarrow 2\theta_1 + 273 = \dfrac{3}{2} \cdot (\theta_1 + 273) \Rightarrow 4\theta_1 + 546 = 3\theta_1 + 879$

$\therefore\ \theta_1 = 273$ °C, que equivale a 546 K.

4 Alternativa B.

Da equação geral dos gases perfeitos, vem:

$\dfrac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \dfrac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} \Rightarrow \dfrac{p \cdot V}{\frac{m_1}{\mathcal{M}} \cdot 350\ K} = \dfrac{3p \cdot V}{\frac{m_3}{\mathcal{M}} \cdot 300\ K} \Rightarrow$

$\Rightarrow 300\ K \cdot m_2 = 3 \cdot 350\ K \cdot 10\ g \Rightarrow$

$\Rightarrow m_2 = 35$ g. Portanto, podemos introduzir no balão, no máximo 25 g de gás.

MODERNA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES DO VOLUME

Capítulo 1 – Os seres mais simples: vírus, bactérias, arqueas, protoctistas e fungos

BRASIL. Ministério da Saúde. *Secretaria de Vigilância em Saúde*. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso. 8. ed. rev. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doencas_infecciosas_parasitaria_guia_bolso.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2021.

Guia do Ministério da Saúde, dirigido a médicos, porém com linguagem simples, que oferece informações atualizadas sobre aspectos clínicos, epidemiológicos, laboratoriais, tratamentos e medidas de prevenção e controle daquelas doenças que em função de sua magnitude ou gravidade com que acometem a população brasileira apresentam potencial para, além de danos à saúde dos indivíduos, tornarem-se um importante problema de saúde pública.

FIOCRUZ. *Vacinas:* as origens, a importância e os novos debates sobre seu uso. 25 jul. 2016. Disponível em: <https://www.bio.fiocruz.br/index.php/br/noticias/1263-vacinas-as-origens-a-importancia-e-os-novos-debates-sobre-seu-uso?showall=1&limitstart=>. Acesso em: 30 jun. 2020.

O artigo traz um panorama da história das vacinas, sua importância e uma reflexão sobre por que tantas pessoas atualmente são contra sua aplicação.

ZANOLINI, L. *Como é fabricada a vacina contra a Covid-19 no Instituto Butantan*. Disponível em: <https://jovempan.com.br/programas/ta-explicado/como-e-fabricada-a-vacina-contra-a-covid-19-no-instituto-butantan.html>. Acesso em: 9 abr. 2021.

O artigo traz explicações sobre como é produzida a vacina contra COVID-19 no Instituto Butantan.

Capítulo 2 – Anatomia e fisiologia das plantas

BBC. A vida secreta das plantas. Duração: 49 min.

Série apresentada por David Attenborough que descreve a luta das plantas pela sobrevivência. Apresenta imagens detalhadas do crescimento, da floração, de adaptações e das relações ecológicas de plantas entre si e com animais. Episódio 1 – *Viajantes;* Episódio 2 – *Crescendo;* Episódio 3 – *Florescendo;* Episódio 4 – *A batalha social;* Episódio 5 – *Vivendo juntos;* Episódio 6 – *Sobrevivência.*

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, J. B. Plasmodesmos: transporte simplástico de herbicidas na planta. *Planta Daninha*, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582007000200024&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Artigo que aprofunda conteúdos sobre os plasmodesmos, o transporte de substâncias e suas implicações na vida das plantas.

EXPERIMENTOTECA Condução de água nas plantas (rosa arco-íris). Duração: 3 min. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=hd0FcOVjuAs>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Experimento que demonstra como ocorre a condução da seiva bruta na rosa, desde a raiz até as pétalas.

FAGUNDES, J. A. *Herbário escolar*: suas contribuições ao estudo da botânica (foco: biodiversidade). Secretaria da Educação e do Esporte, Governo do Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1675-6.pdf?PHPSESSID=2010010708155290>. Acesso em: 30 jun. 2020.

O artigo apresenta orientações de como produzir um herbário na escola e discute as potencialidades dessa proposta para a aprendizagem de Botânica.

PASSERI, M. G.; PEREIRA, F. P. F.; SÁ, N. B. R. *Uma proposta de atlas de botânica para incentivar o ensino na educação básica*. Rio de Janeiro: Rede Sirius, 2014. Disponível em: <http://www.ibrag.uerj.br/images/imagens_site/mat_did/atlas_botanica/atlas_botanica.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Material produzido para auxiliar os professores na abordagem dos conteúdos de Botânica, estimulando o conhecimento da diversidade vegetal, com base nas áreas de morfologia e anatomia.

SILVA, L. M. Metodologia para o ensino de botânica: o uso de textos alternativos para a identificação de problemas na prática social. *Revista brasileira de estudos pedagógicos*, Inep, v. 88, n. 219, 2007. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/rbep/article/view/1466>. Acesso em: 3 maio 2020.

MODERNA

Artigo que discute propostas de contextualização para o ensino de conteúdos de Botânica.

SOUZA, L. A. *Morfologia – anatomia vegetal*: células, tecidos, órgãos e plântula. Ponta Grossa: UEPG, 2003.

Referência conceitual para consultas relacionadas à anatomia vegetal.

Capítulo 3 – Geometria molecular e interações intermoleculares

FREITAS, L. C. G. Prêmio Nobel de Química 1998: Walter Kohn & John A. Pople. *Química Nova na Escola*, n. 8, 1998. p. 3-6.

O artigo comenta as contribuições de Kohn e Pople para os métodos computacionais de cálculo de estrutura e de propriedades moleculares, que lhes valeram o Prêmio Nobel.

OLIVEIRA, L. F. C. Espectroscopia molecular. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, 2001. p. 24-30. (Veja também errata no n. 14, p. 46.)

Artigo que ilustra como a espectroscopia permite obter informações sobre a estrutura molecular.

ROCHA, W. R. Interações intermoleculares. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, 2001. p. 31-36.

Artigo que descreve os tipos e a origem das interações intermoleculares que atuam nos sistemas químicos. Também mostra como a compreensão dessas interações permite racionalizar algumas propriedades macroscópicas das substâncias químicas.

SANTOS, H. F. O conceito da modelagem molecular. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, 2001. p. 4-5.

O autor faz uma introdução aos conceitos fundamentais da modelagem molecular.

TOSTES, J. G. Estrutura molecular, o conceito fundamental da Química. *Química Nova na Escola*, n. 7, 1998. p. 17-20.

O autor faz um apanhado dos métodos de modelagem da estrutura molecular desde 1880, passando pela mecânica quântica e chegando ao panorama no final do século XX.

Capítulo 4 – Reprodução das plantas e hormônios vegetais

LAWS, B. *50 plantas que mudaram o rumo da história*. Rio de Janeiro: Sextante, 2013.

Nesse livro são descritas como essas 50 plantas contribuíram para mudar o rumo da história e os seus papéis no avanço das ciências.

UNIVERSIDADE de São Paulo. E-Disciplinas. *Coevolução e síndromes de polinização*. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2434047&chapterid=19898>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Texto disponibilizado pela Universidade de São Paulo sobre os principais aspectos de coevolução entre plantas e polinizadores.

Capítulo 5 – Anatomia e fisiologia dos animais

ARAUJO, A. P. U. de; BOSSOLAN, N. R. S. *Noções de Taxonomia e Classificação*: Introdução à Zoologia. Instituto de Física de São Carlos. Licenciatura em Ciências Exatas. 2006. Disponível em: <http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/bio2_apostila_zoo_01.pdf>. Acesso em: 17 maio 2020.

Apostila da Universidade de São Carlos, apresentando a diversidade do Reino Animalia e suas características.

BRITANNICA Escola. *Reino Animal*. Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/se%C3%A7%C3%A3o/animais/335990/2650162/2650162>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Portal com imagens, vídeos e descrições simples dos principais grupos de animais.

UNIVERSIDADE de São Paulo. Instituto de Biociências. *Entendendo a evolução*. Disponível em: <https://evosite.ib.usp.br/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Portal do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo com explicações básicas a respeito do conceito de evolução biológica, evidências, relevância e histórico.

Capítulo 6 – Compostos inorgânicos

AFONSO, J. C. *et al*. O inacreditável emprego de produtos químicos perigosos no passado. *Química Nova*, v. 29, n. 5, 2006. p. 1.138-1.149.

Apresenta uma lista de produtos químicos tóxicos que foram usados em larga escala em artigos vendidos ao público leigo no século XX. A listagem inclui a aplicação de outrora e os efeitos colaterais e/ou tóxicos conhecidos atualmente.

ALVES, O. L.; GIMENEZ, I. F.; MAZALI, I. O. Vidros. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 2, 2001. p. 13-24.

Artigo que apresenta aspectos da história da fabricação e da utilização dos vidros, bem como de suas propriedades.

BERALDO, H. Contribuições da Química Inorgânica para a Química Medicinal. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 6, 2005. p. 4-6.

A autora mostra exemplos de compostos inorgânicos que têm aplicações na área terapêutica, bem como de compostos orgânicos cujo mecanismo de ação envolve interação com um metal.

CARDOSO, A. A.; FRANCO, A. Algumas reações do enxofre de importância ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 15, 2002. p. 39-41.

Descreve procedimento experimental para a simulação da chuva ácida.

GOUVEIA-MATOS, J. A. M. Mudança nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. p. 6-10.

O autor fornece subsídios para a compreensão das mudanças de cor de indicadores ácido-base, que englobam aspectos de deslocamento de equilíbrio e da interação das ondas eletromagnéticas com a matéria.

MARÇO, P. H.; POPPI, R. J.; SCARMINIO, I. S. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. *Química Nova*, v. 31, n. 5, 2008. p. 1.218-1.223.

Artigo que inclui as fórmulas estruturais de vários indicadores ácido-base naturais pertencentes à classe das antocianinas.

OLIVEIRA, M. F. Química forense: a utilização da Química na pesquisa de vestígios de crime. *Química Nova na Escola*, n. 24, 2006. p. 17-19.

Artigo que apresenta uma introdução à utilização de princípios da Química na elucidação de crimes.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de *pH*: usar papel ou solução? *Química Nova*, v. 25, n. 4, 2002. p. 684-688.

As autoras sugerem o uso de extratos de amora, jabuticaba, jambolão e uva como indicadores de *pH*, tanto na forma líquida como em papel. Além de apresentar interessantes fotos da cor dos extratos em diferentes *pHs*, o artigo compara o desempenho desses indicadores, na forma de papel, com o de alguns papéis indicadores universais comercialmente disponíveis. O artigo também inclui fórmulas estruturais de antocianinas e apresenta os equilíbrios químicos envolvidos.

Capítulo 7 – Concentração de soluções

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando soluções em sala de aula — uma experiência de ensino a partir das ideias dos estudantes. *Química Nova na Escola*, n. 28, 2008. p. 37-41.

Neste artigo, as autoras apresentam uma proposta de ensino para auxiliar os estudantes no entendimento do conceito de solução.

CURI, D. Colorimetria — Determinação de Fe^{3+} em água. *Química Nova na Escola*, n. 24, 2006. p. 39-42.

Este artigo descreve um experimento que permite explorar o princípio em que se baseia a colorimetria (de modo visual, sem necessidade de usar espectrofotômetro) a fim de avaliar a concentração de íons ferro(III) em água. É um experimento oportuno ao trabalhar o tema soluções, pois permite conexão com uma extensa e relevante área, a Química Analítica.

FERREIRA, L. H. *et al*. Experimentação em sala de aula e meio ambiente: determinação simples de oxigênio dissolvido em água. *Química Nova na Escola*, n. 19, 2004. p. 32-35.

Apresenta um método experimental para a determinação semiquantitativa da concentração de oxigênio dissolvido na água.

MODERNA

JAFELICCI JR., M.; VARANDA, L. C. O mundo dos coloides. *Química Nova na Escola*, n. 9, 1999. p. 9-13.

Os autores apresentam, entre outros aspectos, noções físico-químicas sobre a superfície das partículas coloidais.

SILVA, E. O. Explorando as bases matemáticas da volumetria: uma proposta didática. *Química Nova na Escola*, n. 13, 2001. p. 13-17. (Veja também errata no n. 14, p. 46.)

Proposta de trabalho interdisciplinar com a Matemática, ressaltando aspectos de funções lineares presentes na modelagem matemática do processo de titulação ácido-base.

Capítulo 8 – Fluidos

AMORIM, R.; FEISTEL, R. A. B. Interdisciplinaridade no ensino de Física: algumas discussões. *Revista de Eventos Pedagógicos*, v. 8, n. 1, 21. ed., p. 507-533, jan./jul. 2017.

O artigo busca expor um panorama sobre a interdisciplinaridade no contexto educacional. Para tanto, apresenta uma revisão na literatura acerca das compreensões de interdisciplinaridade apresentadas por alguns pesquisadores, em documentos oficiais e em periódicos da área de ensino de Ciências.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de Física*: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2001.

Esse livro pretende contribuir para um projeto epistemológico de formação do professor de Física, discutindo o ensino desse componente curricular de uma perspectiva interdisciplinar.

Capítulo 9 – Máquinas simples

POLIAS. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec11.htm>. Acesso em: 24 maio 2020.

O experimento descrito pode ser realizado em sala de aula junto dos estudantes e pode contribuir para consolidar os conhecimentos adquiridos no capítulo.

ASSIS, A. K. T. *Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca*. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

O livro aborda aspectos fundamentais da física, descreve os principais eventos na vida de Arquimedes e o conteúdo de suas obras. Discute, ainda, um grande número de experiências relacionadas com o equilíbrio de corpos suspensos que estão sob a ação da gravidade terrestre. Todas as experiências são descritas com clareza e realizadas com materiais simples, baratos e facilmente acessíveis. Elas levam a uma definição conceitual precisa do centro de gravidade e ilustram procedimentos práticos para encontrá-lo com precisão.

Capítulo 10 – Solubilidade e precipitação

Como fazer cristais de açúcar deliciosos. *Manual do Mundo*, 5 fev. 2013. Disponível em: <https://manualdomundo.uol.com.br/2013/02/como-fazer-cristais-de-acucar-deliciosos-experiencia-facil/>. Acesso em: 2 jun. 2020.

O vídeo mostra como produzir cristais a partir da precipitação da sacarose em uma solução saturada.

DETERGENTES. *Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)*. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/detergentes/>. Acesso em: 6 jun. 2020.

Texto que apresenta a relação entre a morte de peixes e a poluição das águas pelo excesso de detergente.

FELIPE L. O.; DIAS, S. C. Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 3, p. 228-236, 2017.

Artigo que comenta as características, vantagens e desvantagens de diferentes tipos de surfactantes.

FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F.; CAVALHEIRO, E. T. G. A importância da vitamina C na sociedade através dos tempos. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 3-7, 2003.

O artigo apresenta aspectos científicos, históricos e cotidianos da vitamina C, procurando explorar os conceitos químicos e biológicos de forma contextualizada.

KUSTER, R. M. *et al*. Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue — atividade larvicida de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenoides e fenilpropanoides. *Química Nova*, v. 27, n. 1, 2004. p. 46-49.

O artigo apresenta as fórmulas estruturais de várias substâncias orgânicas e sua atividade larvicida sobre o *Aedes aegypti* (eficiência para matar larvas do mosquito transmissor da dengue). As estruturas menos polares (mais lipofílicas) têm maior atividade larvicida, fornecendo um exemplo prático da influência da presença ou ausência de grupos hidrófilos nas propriedades de substâncias orgânicas.

MANAHAN, S. E. *Química ambiental*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Livro universitário que inclui informações sobre os problemas acarretados por DDT, dioxinas e outros poluentes orgânicos persistentes. Aborda também diversos aspectos dos processos químicos ambientais.

MARSON, G. A.; SILVA, A. G. L. Solubilidade. *SBQ – Química Nova Interativa*. Disponível em: <http://qnint.sbq.org.br/novo/index.php?hash=sala_de_aula.1>. Acesso em: 6 jun. 2020.

O quarto vídeo dessa página mostra a formação de precipitado na reação entre iodeto de potássio e nitrato de chumbo.

MARTINS C. R.; LOPES W. A.; ANDRADE J. B. Solubilidade de compostos orgânicos. *Química Nova*, v. 36, n. 8, p. 1.248-1.255, 2013.

Artigo que aborda fatores que influenciam a solubilidade de compostos orgânicos em água.

MATEUS, A. L. *Química na cabeça*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2002.

Trata-se de um livro de experimentos que envolvem diversos temas de Química. Entre eles, há vários que tratam de solubilidade, cristalização e precipitação.

MCGRATH, M. Aumento das temperaturas tem acelerado redução do oxigênio nos oceanos, alertam cientistas. *BBC Brasil*. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-50700094>. Acesso em: 2 jun. 2020.

Esse artigo pode ser usado para discutir a solubilidade de gases em líquidos e como o aumento da temperatura dos oceanos pode afetar a vida marinha pela diminuição na quantidade de oxigênio dissolvido.

NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. *Química Nova*, v. 25, n. 5, p. 772-776, 2002.

Discute a utilização de surfactantes de origem biológica (biossurfactantes) na biorremediação de água e solo.

ROCHA, W. R. Interações intermoleculares. *Cadernos temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, 2001. p. 31-36.

Artigo que descreve os tipos e a origem das interações intermoleculares que atuam nos sistemas químicos. Também mostra como a compreensão dessas interações permite racionalizar algumas propriedades macroscópicas das substâncias químicas.

SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis? *Química Nova*, v. 27, n. 6, 2004. p. 1.016-1.020.

Discute a solubilidade de nitratos em água, com foco na termodinâmica e nas propriedades do íon nitrato.

STIGLIANI, W. M.; SPIRO, T. G. *Química ambiental*. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

O livro apresenta um capítulo sobre controle de pragas e outro sobre substâncias químicas tóxicas que abordam os temas tratados neste capítulo.

TRATAMENTO de água. *USP – Química Ambiental*. Disponível em: <http://www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html#>. Acesso em: 6 jun. 2020.

O texto traz um exemplo de aplicação da precipitação no tratamento de água.

MODERNA

Capítulo 11 – Quantidade de movimento e impulso de uma força

BELLUCCO, A.; DE CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n1p30/26466>. Acesso em: 27 maio 2020.

O artigo escrito por diversos pesquisadores traz uma sequência de ensino investigativa sobre temas como quantidade de movimento, apresentando também atividades práticas, problemas em aberto e atividades argumentativas.

GALANTE, D. *et al*. (org.). *Astrobiologia: uma ciência emergente*. Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia da Universidade de São Paulo, 2016.

Disponível em: <https://www.iag.usp.br/astronomia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>. Acesso em: 27 maio 2020.

Produzido por diversos cientistas, o livro aborda os conceitos relacionados à astrobiologia, permitindo a compreensão dos elementos presentes em cometas e meteoros e suas relações com os diversos níveis de vida.

Capítulo 12 – Gases

Gas properties – Phet. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_pt_BR.html>. Acesso em: 21 ago. 2020.

Essa página, mantida pela Universidade do Colorado em diversos idiomas, incluindo português, apresenta vários simuladores. O simulador sugerido trabalha de forma qualitativa as leis dos gases ideais. Se for possível, proponha aos estudantes que o explorem.

CARDOSO, J. M.; ZANNIN, M. Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com Arduino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 4, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172019000400605&tlng=pt>. Acesso em: 21 ago. 2020.

O artigo propõe uma atividade de análise experimental das variáveis de estado de um sistema térmico, com o uso de um conjunto de Arduino, permitindo o desenvolvimento dos conceitos físicos com linguagem de programação.

GREF. Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Física 2: Física térmica*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1999.

O livro é uma coletânea sobre temas da Física térmica com a contribuição de diversos pesquisadores, promovendo atividades contextualizadas e voltadas ao cotidiano e com uso de tecnologia.

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

ÁGUA E VIDA

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

MODERNA

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, Maria Carolina Bittencourt, Marilu Maranho Tassetto, Natalia Leporo Torcato, Thais Ribeiro Semprebom, Caroline Silva de Matos

Assistência editorial: 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: Ana Paula Felippe, Edna Luna, Nancy H. Dias, Renato da Rocha, Salete Brentan, Tatiana Malheiro, 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-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa

Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro

Impressão e acabamento:

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

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

EDITORA MODERNA LTDA.
Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Vendas e Atendimento: Tel. (0_ _11) 2602-5510
Fax (0_ _11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2020
Impresso no Brasil

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

MODERNA

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 o 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.

Os autores

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

MODERNA

Conheça seu livro

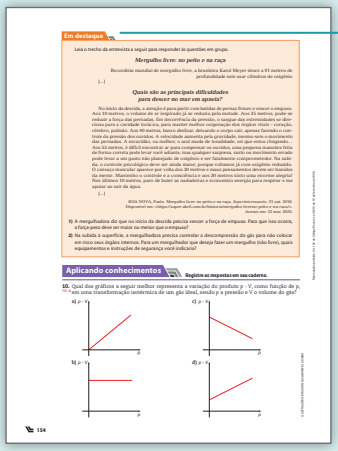
Videotutorial
- Assista ao videotutorial com orientações sobre o volume.

Abertura

A abertura apresenta temas relacionados às Ciências da Natureza e indica os assuntos que serão abordados em cada capítulo.

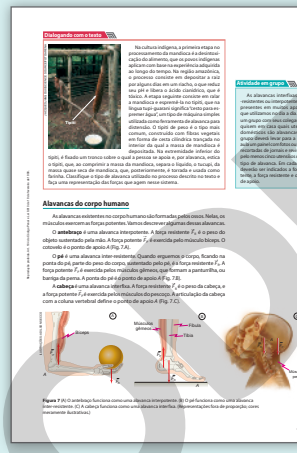
De olho na BNCC

Indica as habilidades da BNCC que serão desenvolvidas no capítulo.



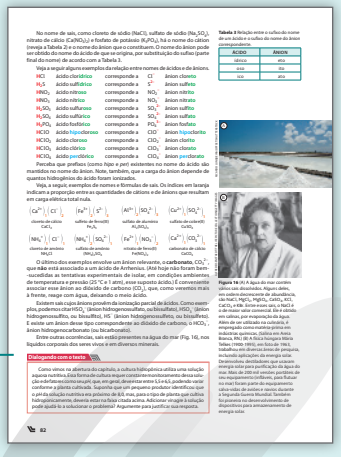
Em destaque

Textos de outras mídias com informações complementares aos assuntos tratados no capítulo.



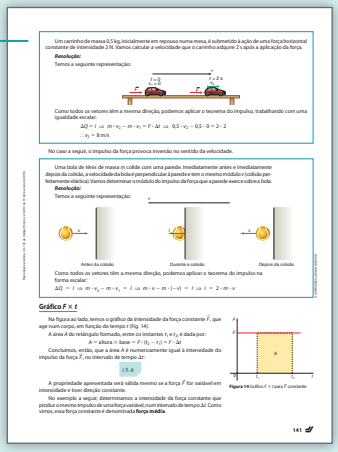
Atividade em grupo

Atividades que estimulam o trabalho em grupo e favorecem o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, argumentação, comunicação etc.



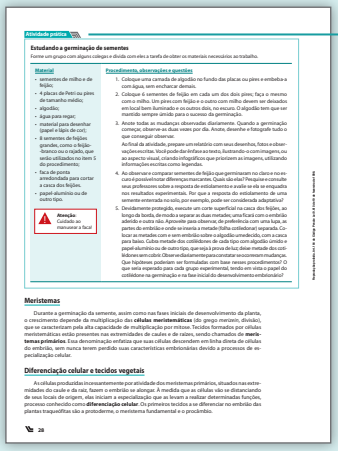
Dialogando com o texto

Atividades ou informações diretamente relacionadas ao conteúdo que visam acentuar a interatividade entre o estudante e o capítulo.



Exercício resolvido

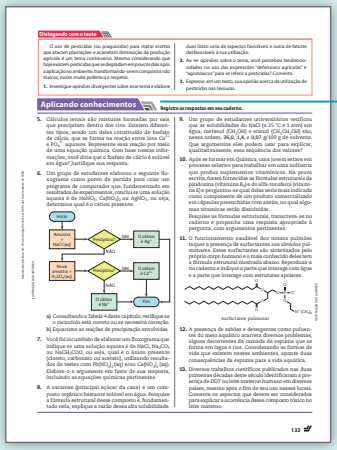
Exemplos de aplicação da teoria apresentados ao longo do capítulo.



Atividade prática

Atividades práticas que buscam abordar aspectos das Ciências da Natureza, como observação, investigação e formulação de hipóteses.

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


Dialogando com o texto

O uso de pesticidas (ou praguicidas) para matar insetos que atacam plantações e acarretam diminuição da produção agrícola é um tema controverso. Mesmo considerando que haja existem pesticidas que se degradam em poucos dias após a aplicação no ambiente, transformando-se em compostos não tóxicos, existe muita polêmica a respeito.

1. Investigue opiniões divergentes sobre esse tema e elabore duas listas: uma de aspectos favoráveis e outra de fatores desfavoráveis à sua utilização.
2. Ao ler opiniões sobre o tema, você percebeu tendenciosidades no uso das expressões "defensivos agrícolas" e "agrotóxicos" para se referir a pesticida? Converse.
3. Expresse, em um texto, sua opinião acerca da utilização de pesticidas nas lavouras.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

5. Cálculos renais são misturas formadas por sais pouco solúveis, como oxalato de cálcio e fosfato de cálcio, entre outros tipos, sendo um deles constituído de fosfato de cálcio, que se forma na reação entre íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} aquosos. Represente essa reação por meio de uma equação química. Com base nessas informações, você diria que o fosfato de cálcio é solúvel em água? Justifique sua resposta.

6. Um grupo de estudantes elaborou o seguinte fluxograma como ponto de partida para criar um programa de computador que, fundamentado em resultados de experimentos, conclui se uma solução aquosa é de $NaNO_3$, $Ca(NO_3)_2$ ou $AgNO_3$, ou seja, determina qual é o cátion presente.

a) Consultando a Tabela 4 deste capítulo, verifique se o raciocínio está correto ou se merece correção.
b) Equacione as reações de precipitação envolvidas.

7. Você foi incumbido de elaborar um fluxograma que indique se uma solução aquosa é de $NaCl$, Na_2CO_3 ou $Na(C_2H_3O_2)$, ou seja, qual é o ânion presente (cloreto, carbonato ou acetato), utilizando reagentes de teores com $Pb(NO_3)_2$ (aq) e/ou $CaSO_4$ (aq). Elabore-o e argumente em favor de sua resposta, incluindo as equações químicas pertinentes.

8. A cacaose (principal açúcar da cana) é um composto orgânico bastante solúvel em água. Pesquise a fórmula estrutural desse composto e, fundamentado nela, explique a razão dessa alta solubilidade.

9. Um grupo de estudantes universitários verificou que 100 g de água pura (a 25 °C e 1 atm) e 100 g de água, metanol (CH_4OH) e etanol (CH_3CH_2OH) são, nessa ordem, **36,0**; **1,4**; e **0,07** g/100 g de solvente. Que argumentos eles podem usar para explicar, qualitativamente, essa sequência dos valores?

10. Após se formar em Química, uma jovem estuda em processo seletivo para trabalhar em uma indústria que produz suplementos vitamínicos. Na prova escrita, foram fornecidas as fórmulas estruturais da piridoxina (vitamina B_6) e do ácido nicotínico (vitamina B_3) e perguntou-se qual delas seria mais indicada para ser incorporada a bebidas a ser comercializado em cápsulas prensadas com ambos, no qual algumas vitaminas estão dissolvidas.
Pesquise as fórmulas estruturais, transcreva-as no caderno e proponha uma resposta apropriada à pergunta, com argumentos pertinentes.

11. O funcionamento saudável dos nossos pulmões requer a presença de surfactantes nos alvéolos pulmonares. Esses surfactantes são sintetizados pelo próprio corpo humano e o mais conhecido deles tem a fórmula estrutural mostrada abaixo. Reproduza-a no caderno e indique a parte que interage com água e a parte que interage com estruturas apolares.

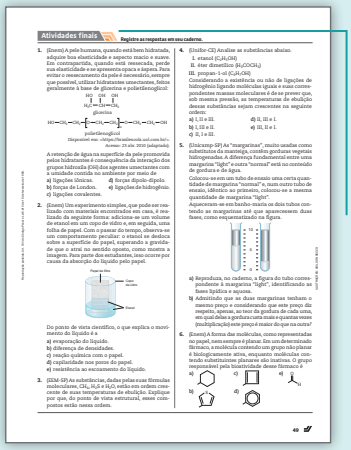
12. A presença de açúcar e detergentes como polaroide do meio aquático acarreta diversos problemas, alguns decorrentes da camada de espuma que se forma em lagos e rios. Considerando as formas de vida que existem nesses ambientes, aponte duas consequências da espuma para a vida aquática.

13. Diversos trabalhos científicos publicados nas duas primeiras décadas deste século identificaram a presença de DDT no leite materno humano em diversas países, mesmo após o fim de seu uso nesses locais. Comente os aspectos que devem ser considerados para explicar a ocorrência desse composto tóxico no leite materno.

133

Aplicando conhecimentos

Atividades para verificação e assimilação de conceitos apresentados no capítulo.


Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) A pele humana, quando está bem hidratada, adquire boa elasticidade e aparência macia e suave. Em contrapartida, quando está ressecada, perde sua elasticidade e a sensação macia e lisa é alterada. Para evitar o ressecamento da pele é necessário, sempre que possível, utilizar hidratantes umectantes, feitos geralmente à base de glicerina e polietilenoglicol:

A retenção de água na superfície da pele promovida pelos hidratantes é consequência da interação dos grupos hidroxila (OH) dos agentes umectantes com a umidade contida no ambiente por meio de
a) ligações iônicas.
b) forças de London.
c) ligações covalentes.
d) forças dipolo-dipolo.
e) ligações de hidrogênio.

2. (Enem) Um experimento simples, que pode ser realizado com materiais encontrados em casa, é realizado da seguinte forma: adiciona-se um volume de etanol em um copo de vidro e, em seguida, uma folha de papel. Com o passar do tempo, observa-se um comportamento peculiar: o etanol se desloca sobre a superfície do papel, espalhando a gordura que o atrai no sentido oposto, como mostra a imagem. Para parte dos estudantes, isso ocorre por causa da absorção do líquido pelo papel.

Do ponto de vista científico, o que explica o movimento do líquido é a
a) evaporação do líquido.
b) diferença de densidades.
c) reação química com o papel.
d) capilaridade nos poros do papel.
e) resistência ao escoamento do líquido.

3. (Ufal-SP) As substâncias, dadas pelas suas fórmulas moleculares, CH_4, H_2S e H_2O, estão em ordem crescente de suas temperaturas de ebulição. Explique por que, do ponto de vista estrutural, esses compostos estão nessa ordem.

4. (Unifor-CE) Analise as substâncias abaixo.
I. etanol (C_2H_5OH)
II. éter dimetílico (H_3COCH_3)
III. propan-1-ol (C_3H_7OH)
Considerando a existência ou não de ligações de hidrogênio ligando moléculas iguais e suas consequências nessas moléculas e de pares delas com moléculas de água presente, as temperaturas de ebulição dessas substâncias seguem crescentes na seguinte ordem:
a) I, II e III.
b) I, III e II.
c) II, I e III.
d) II, III e I.
e) III, II e I.

5. (Unicamp-SP) As "margarinas", muito usadas como substitutos da manteiga, contêm gorduras vegetais hidrogenadas. A diferença fundamental entre uma margarina "light" e outra "normal" se dá no conteúdo de gordura e de água.
Colocou-se em um tubo de ensaio uma certa quantidade de margarina "normal" e, num outro tubo de ensaio, a mesma quantidade de margarina "light". Aqueceram-se em banho-maria os dois tubos contendo as margarinas até que aparecessem duas fases, como esquematizado na figura.

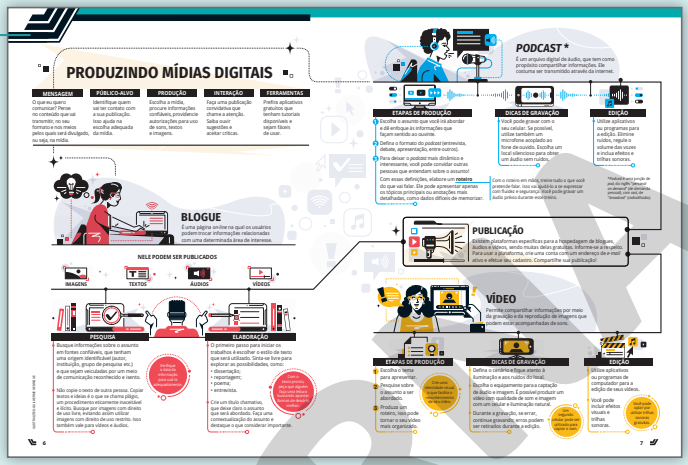
a) Reproduza, no caderno, a figura do tubo correspondente à margarina "light", identificando as fases lipídica e aquosa.
b) Admitindo que as duas margarinas tenham o mesmo preço e considerando que este preço diz respeito, apenas, ao teor da gordura de cada uma, em qual delas a gordura custa mais e quantas vezes (multiplicação) este preço é maior do que na outra?

6. (Enem) A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto moléculas contendo substituintes planares são inativas. O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é

49

Atividades finais

Atividades autorais e dos principais vestibulares que englobam assuntos abordados ao longo do capítulo.



Produzindo mídias digitais

Sugestões de como transmitir informações confiáveis por meio de algumas mídias digitais.

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

Por dentro da BNCC

OBJETOS, JUSTIFICATIVAS, COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC TRABALHADAS NO VOLUME

Este volume tem como tema central a água e sua relação com a vida. Seu objetivo é mostrar como ela envolvidas com a fenômenos da vida em todos os níveis de organização e com fenômenos naturais relacionados à vida, como concentração de soluções e características das misturas. Para isso, foi escolhido o objeto de conhecimento "Propriedades coligativas", que é trabalhado em todos os capítulos. Esse objeto de conhecimento foi escolhido porque tem a finalidade específica que é a especificação dentro das áreas de Ciências da Natureza como para evidenciar mais, dentro, também, de cumprir com o objetivo de analisar diversos aspectos ambientais, bem como gerar e estimar efeitos de interferências nos seus diversos âmbitos ambientais.

COMPETÊNCIA GERAL	CAPÍTULO(S)
1. Valorizar e utilizar os conhecimentos 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, 4, 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.	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oralidade, 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.	1, 5, 6, 9
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 âmbitos local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.	10, 12
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.	9

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1	CAPÍTULO(S)
Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações que considerem o desenvolvimento sustentável e a preservação da vida em todas as suas formas.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
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 o comportamento ou construir explicações e interpretações de processos ou produtos que gerariam consumo/economia sustentável, e/ou auxiliar no planejamento e/ou na resolução de problemas cotidianos.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
EM13CNT102: Analisar processos, naturais ou tecnológicos, baseados em fluxos de matéria e energia e identificar as transformações predominantes, considerando sua composição e as condições em que ocorrem, com ou sem transformações químicas, e propor ações que visem à otimização energética, à redução de impactos ambientais e ao consumo consciente.	12
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.	8
EM13CNT104: Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de substâncias químicas presentes em produtos de limpeza, cosméticos, combustíveis e produtos de uso pessoal, propondo ações individuais e coletivas para seu uso e descarte responsáveis.	4, 7, 9, 10
EM13CNT105: Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da intervenção humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	9

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2	CAPÍTULO(S)
Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Terra, da vida 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.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
EM13CNT201: 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 ela, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de modelagem virtual, entre outros).	1, 2, 6, 7
EM13CNT202: Analisar e propor efeitos de intervenções em ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos de matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações em diferentes escalas (de tempo e espaço) e com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de modelagem virtual, entre outros).	4, 6, 7, 8, 10
EM13CNT203: Avaliar fenômenos naturais e processos tecnológicos (como sistemas de refrigeração, motores térmicos, entre outros) e propor ações individuais e coletivas que visem à otimização da manutenção, da geração ou do consumo responsável de energia.	1, 2, 3, 4, 10, 12
EM13CNT204: Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito do movimento de objetos na superfície da Terra, no sistema solar e no Universo com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de observação virtual, entre outros).	1, 2, 3, 10, 12
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.	1, 2, 3, 10, 12
EM13CNT206: Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, bem como fatores políticos, econômicos, sociais, culturais, éticos e morais, com vistas à sustentabilidade.	5, 6, 10
EM13CNT207: Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vivenciadas no território e nas diversas comunidades locais e/ou comunidades online (inspiradas, combinadas ou segregadas física, socioemocional e/ou virtualmente) e propor ações de prevenção e de redução de desastres.	5, 10

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3	CAPÍTULO(S)
Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações, ou mesmo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais e comunicar suas decisões usando diferentes recursos e linguagens, de modo a contribuir para a preservação e a melhoria das condições de vida em sociedade.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
EM13CNT301: Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar procedimentos de investigação e comunicação para investigar e/ou solucionar problemas que envolvam fenômenos de ordem natural e/ou tecnológica, utilizando representações e modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Continua

10

Por dentro da BNCC

Atividades autorais e dos principais vestibulares que englobam assuntos abordados ao longo do capítulo.

EM13LGG103

O primeiro par de letras indica a etapa de **Ensino Médio**

O primeiro par 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.

PRODUZINDO MÍDIAS DIGITAIS

MENSAGEM

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.

PÚBLICO-ALVO

Identifique quem vai ter contato com a sua publicação. Isso ajuda na escolha adequada da mídia.

PRODUÇÃO

Escolha a mídia, procure informações confiáveis, providencie autorizações para uso de sons, textos e imagens.

INTERAÇÃO

Faça uma publicação convidativa que chame a atenção. Saiba ouvir sugestões e aceitar críticas.

FERRAMENTAS

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

PESQUISA

- Busque informações sobre o assunto em fontes confiáveis, que tenham uma origem identificável (autor, instituição, grupo de pesquisa etc.) e que 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.

ELABORAÇÃO

- 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.

ILUSTRAÇÕES: GUILHERME HENRIQUE

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

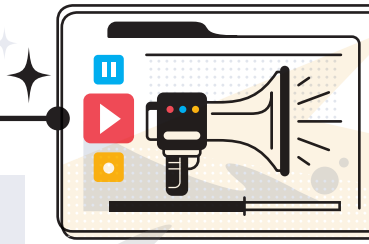
Você pode gravar com o seu celular. Se possível, utilize também um microfone acoplado ao fone de ouvido. Escolha um local silencioso para obter um áudio sem ruídos.

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 treino.

EDIÇÃO

Utilize aplicativos ou programas para a edição. Elimine ruídos, regule o volume das vozes e inclua efeitos e trilhas sonoras.

**Podcast* é uma junção de *pod*, do inglês "*personal on demand*" (de demanda pessoal), com *cast*, de "*broadcast*" (radiodifusão).



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 Os seres mais simples: vírus, bactérias, arqueas, protoctistas e fungos 13

1. **Vírus** 14
2. **Bactérias e arqueas** 14
   A célula bacteriana, 14
   As arqueas, 15
3. **Protoctistas: algas e protozoários** 15
   A diversidade das algas, 15
   A diversidade dos protozoários, 17
4. **O reino dos fungos** 18
   A reprodução dos fungos, 19
5. **Como os seres microscópicos afetam nossa vida** 20
   Doenças causadas por vírus, 20
   A importância das bactérias em nossa vida, 21
   Importância ecológica e econômica das algas, 22
   Protozoários causadores de doenças, 22
   Importância ecológica e econômica dos fungos, 23

Atividades finais 24

CAPÍTULO 2 Anatomia e fisiologia das plantas 25

1. **Origem e classificação das plantas** 26
   Grandes grupos de plantas atuais, 26
2. **Desenvolvimento e tecidos das plantas com sementes** 27
   Germinação da semente, 27
   Meristemas, 28
   Diferenciação celular e tecidos vegetais, 28
3. **Organização corporal das plantas angiospermas** 31
   Raiz, 31
   Caule, 31
   Folha, 32
4. **Fisiologia das plantas angiospermas** 33
   Nutrição das plantas: fotossíntese e nutrientes minerais, 33
   Absorção e condução da seiva mineral, 34
   Produção e condução da seiva orgânica, 35

Atividades finais 36

CAPÍTULO 3 Geometria molecular e interações intermoleculares 37

1. **Geometria molecular** 38
2. **Polaridade de ligações** 40
3. **Polaridade de moléculas** 41
4. **Polaridade e solubilidade** 42
5. **Interações intermoleculares** 44
6. **Efeitos de interações intermoleculares** 45
7. **Interações intermoleculares e vaporização** 48

Atividades finais 49

CAPÍTULO 4 Reprodução das plantas e hormônios vegetais 50

1. **Reprodução em alguns grupos de plantas** 51
   Grandes grupos de plantas atuais, 51
   Reprodução e ciclo de vida de uma briófita, 51
   Reprodução e ciclo de vida de uma pteridófita, 52
   Reprodução e ciclo de vida de uma gimnosperma, 53
   Reprodução e ciclo de vida de uma angiosperma, 54
   Evolução do ciclo de vida das plantas, 56
2. **Hormônios vegetais e controle do desenvolvimento** 58
   Auxinas, 58
   Giberilinas, 59
   Citocininas, 59
   Ácido abscísico e etileno , 59
3. **Fitocromos e desenvolvimento** 59
   Luz e germinação de sementes, 60
   Luz e floração, 60

Atividades finais 61

CAPÍTULO 5 Anatomia e fisiologia dos animais 62

1. **Principais grupos animais** 63
   Poríferos, ou esponjas, 63
   Cnidários, ou celenterados, 63
   Platelmintes, ou vermes achatados, 63
   Nematódeos, ou vermes cilíndricos, 63
   Moluscos, 63
   Anelídeos, ou vermes segmentados, 64
   Artrópodes, 64
   Equinodermos, 64
   Cordados, 64
2. **A diversificação no Reino Animal** 64
   Multicelularidade, 64
   Animais diblásticos e animais triblásticos, 65
   Simetria, 65
   Animais protostômios e animais deuterostômios, 65
   Cavidades corporais e metameria, 66
   Uma filogenia animal, 67
3. **Sistemas corporais dos animais** 67
   Sistemas digestivos, 67
   Sistemas respiratórios, 68
   Sistemas circulatórios, 70
   Sistemas excretores, 71

Atividades finais 73

CAPÍTULO 6 Compostos inorgânicos 74

1. **Dissociação iônica e ionização** 75
2. **Algumas propriedades de ácidos e bases** 77
3. **Ácidos** 78
4. **Bases** 79

MODERNA

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

5. A escala de *pH* 80
6. Neutralização ácido-base e sais 81
7. Óxidos 84
Atividades finais 86

CAPÍTULO 7 Concentração de soluções 87
1. Aspectos introdutórios 88
2. Soluções e interações intermoleculares 90
3. Concentração de uma solução 91
4. Título e porcentagem 93
Título em massa e porcentagem em massa, 93
Título em volume e porcentagem em volume, 93
5. Partes por milhão, em massa e em volume 94
6. Diluição de soluções 95
Atividades finais 97

CAPÍTULO 8 Fluidos 98
1. Conceito de fluido 99
2. O que diz a história – Arquimedes 99
3. Conceito de densidade 99
4. Princípio de Arquimedes 100
Relação entre o empuxo e a densidade do líquido, 101
Peso aparente dos corpos, 102
5. Conceito de pressão 104
Unidades de pressão, 104
6. Pressão em um líquido em equilíbrio 105
Teorema de Stevin, 105
7. Pressão atmosférica 106
8. Princípio de Pascal 108
Prensa hidráulica, 108
Atividades finais 109

CAPÍTULO 9 Máquinas simples 111
1. Máquinas simples 112
2. Alavancas 112
Equilíbrio de uma alavanca, 112
Tipos de alavanca, 114
Alavancas do corpo humano, 115
3. Polias ou roldanas 116
Polia fixa, 117
Polia móvel, 117
Associações de polias, 118
Talha exponencial, 118
Conservação do trabalho, 119
4. Plano inclinado 119
Parafuso, 120
5. Transmissão de movimentos circulares – engrenagens 121
As marchas da bicicleta, 122
Atividades finais 123

CAPÍTULO 10 Solubilidade e precipitação 125
1. Solubilidade e curva de solubilidade 126
2. Precipitação de compostos iônicos inorgânicos 128
3. Solubilidade de compostos orgânicos 130
Grupos hidrófobos, grupos hidrófilos e solubilidade, 130
Vitaminas hidrossolúveis e vitaminas lipossolúveis, 130
Substâncias anfifílicas: sabões e detergentes, 131
PCBs e DDT: poluentes lipossolúveis persistentes no ambiente, 132
Atividades finais 134

CAPÍTULO 11 Quantidade de movimento e impulso de uma força 135
1. Um pouco de história 136
2. Princípio da conservação da quantidade de movimento 138
3. Impulso de uma força e variação da quantidade de movimento 139
Gráfico $F \times t$, 141
4. Coeficiente de restituição 143
Atividades finais 145

CAPÍTULO 12 Gases 146
1. Comportamento térmico dos gases 147
2. Mol, quantidade de matéria e massa molar 147
3. Variáveis de estado de um gás 148
4. Equação de estado de um gás perfeito 148
5. Lei geral dos gases perfeitos 149
6. Transformações gasosas 150
Transformação isobárica ou isopiézica, 150
Transformação isométrica ou isocórica, 152
Transformação isotérmica, 153
Atividades finais 155
Ampliando os conhecimentos 156
Tabela periódica dos elementos (IUPAC) 158
Referências bibliográficas 159

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

MODERNA

OBJETIVOS, JUSTIFICATIVAS, COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC TRABALHADAS NO VOLUME	
Este volume tem como tema central a água e sua relação com a vida. Seu objetivo é mostrar como a água e suas propriedades estão envolvidas com o fenômeno da vida em todos os níveis de organização e com fenômenos naturais relacionados à vida, como concentração de soluções e características dos fluidos. Desta forma, as relações estabelecidas nos capítulos deste livro permitem o trabalho de diversas competências e habilidades. Esse tema central é justificado por sua importância tanto para entender aspectos específicos de áreas de Ciências da Natureza como para relacionar essas áreas distintas, ajudando o estudante a reconhecer e analisar diversos aspectos ambientais, bem como prever e estimar efeitos de interferências nos seres vivos e no ambiente.	
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.	2, 4, 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.	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11
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.	1, 5, 8, 9
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.	10, 12
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.	1
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.	3, 6, 7, 10, 11
EM13CNT102: Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.	12
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.	9
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.	6, 7, 9, 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.	9
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.	
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).	1, 2, 4, 5
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).	1, 6, 7, 9, 10
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.	1, 2, 3, 6, 10, 12
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.	3, 4, 10
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.	1, 10
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3	**CAPÍTULO(S)**
Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).	
EM13CNT301: Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Continua

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

EDITORA

Continuação

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.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
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, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 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.	6, 8, 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.	6
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.	1, 6, 7, 10, 11, 12
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.	3, 4, 6, 9, 10, 12
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, 10
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.	1, 6, 9
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.	7

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.	
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).	1, 5, 11
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.	8, 9
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.	
EM13CHS201: Analisar e caracterizar as dinâmicas das populações, das mercadorias e do capital nos diversos continentes, com destaque para a mobilidade e a fixação de pessoas, grupos humanos e povos, em função de eventos naturais, políticos, econômicos, sociais, religiosos e culturais, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a esses processos e às possíveis relações entre eles.	12
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.	
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.	1, 3
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.	6, 8
EM13CHS504: Analisar e avaliar os impasses ético-políticos decorrentes das transformações culturais, sociais, históricas, científicas e tecnológicas no mundo contemporâneo e seus desdobramentos nas atitudes e nos valores de indivíduos, grupos sociais, sociedades e culturas.	8

Continua

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

EF MODERNA

Continuação

LINGUAGENS E SUAS TECNOLOGIAS	
Competência específica 1: Compreender o funcionamento das diferentes linguagens e práticas culturais (artísticas, corporais e verbais) e mobilizar esses conhecimentos na recepção e produção de discursos nos diferentes campos de atuação social e nas diversas mídias, para ampliar as formas de participação social, o entendimento e as possibilidades de explicação e interpretação crítica da realidade e para continuar aprendendo.	
EM13LGG102: Analisar visões de mundo, conflitos de interesse, preconceitos e ideologias presentes nos discursos veiculados nas diferentes mídias, ampliando suas possibilidades de explicação, interpretação e intervenção crítica da/na realidade.	2
EM13LGG104: Utilizar as diferentes linguagens, levando em conta seus funcionamentos, para a compreensão e produção de textos e discursos em diversos campos de atuação social.	1
Competência específica 6: Apreciar esteticamente as mais diversas produções artísticas e culturais, considerando suas características locais, regionais e globais, e mobilizar seus conhecimentos sobre as linguagens artísticas para dar significado e (re)construir produções autorais individuais e coletivas, exercendo protagonismo de maneira crítica e criativa, com respeito à diversidade de saberes, identidades e culturas.	
EM13LGG603: Expressar-se e atuar em processos de criação autorais individuais e coletivos nas diferentes linguagens artísticas (artes visuais, audiovisual, dança, música e teatro) e nas intersecções entre elas, recorrendo a referências estéticas e culturais, conhecimentos de naturezas diversas (artísticos, históricos, sociais e políticos) e experiências individuais e coletivas.	9
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 , 8, 9
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.	8, 9

LÍNGUA PORTUGUESA	
Campo das práticas de estudo e pesquisa	
EM13LP34: Produzir textos para a divulgação do conhecimento e de resultados de levantamentos e pesquisas – texto monográfico, ensaio, artigo de divulgação científica, verbete de enciclopédia (colaborativa ou não), infográfico (estático ou animado), relato de experimento, relatório, relatório multimidiático de campo, reportagem científica, *podcast* ou *vlog* científico, apresentações orais, seminários, comunicações em mesas redondas, mapas dinâmicos etc. –, considerando o contexto de produção e utilizando os conhecimentos sobre os gêneros de divulgação científica, de forma a engajar-se em processos significativos de socialização e divulgação do conhecimento	3

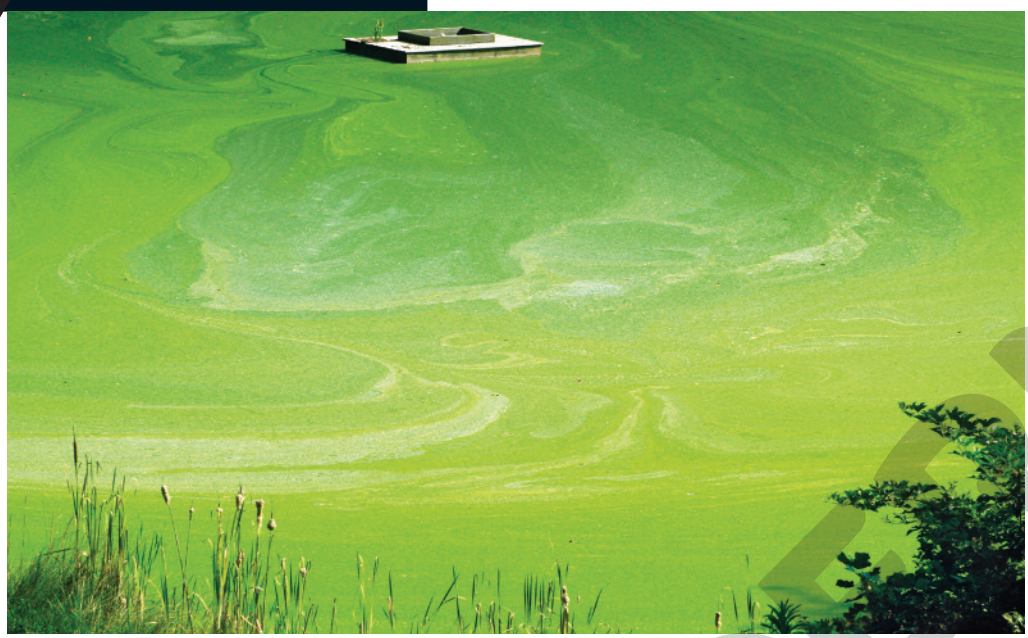
MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS	
Competência específica 1: Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou tecnológicas, divulgados 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.	8, 12
EM13MAT102: Analisar tabelas, gráficos e amostras de pesquisas estatísticas apresentadas em relatórios divulgados por diferentes meios de comunicação, identificando, quando for o caso, inadequações que possam induzir a erros de interpretação, como escalas e amostras não apropriadas.	8
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.	
EM13MAT302: Construir modelos empregando as funções polinomiais de 1º ou 2º graus, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais.	8
EM13MAT308: Aplicar as relações métricas, incluindo as leis do seno e do cosseno ou as noções de congruência e semelhança, para resolver e elaborar problemas que envolvem triângulos, em variados contextos.	9, 11
EM13MAT313: Utilizar, quando necessário, a notação científica para expressar uma medida, compreendendo as noções de algarismos significativos e algarismos duvidosos, e reconhecendo que toda medida é inevitavelmente acompanhada de erro.	11, 12
EM13MAT314: Resolver e elaborar problemas que envolvem grandezas determinadas pela razão ou pelo produto de outras (velocidade, densidade demográfica, energia elétrica etc.).	8, 9
Competência específica 5: Investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas, empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas.	
EM13MAT510: Investigar conjuntos de dados relativos ao comportamento de duas variáveis numéricas, usando ou não tecnologias da informação, e, quando apropriado, levar em conta a variação e utilizar uma reta para descrever a relação observada.	12

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

SEM MODERNA

CAPÍTULO 1

OS SERES MAIS SIMPLES: VÍRUS, BACTÉRIAS, ARQUEAS, PROTOCTISTAS E FUNGOS



EMANUEL TANJALA/ALAMY/FOTOARENA

Algas cobrindo toda a superfície de um lago em Virgínia, Estados Unidos, 2011. As algas, além de serem produtores de matéria orgânica que sustenta ecossistemas marinhos, contribuem para a reposição do gás oxigênio atmosférico consumido por diversos seres vivos do planeta.

Os organismos que estudaremos neste capítulo, embora sejam pequenos em tamanho, estão longe de ser insignificantes. Alguns deles causaram epidemias devastadoras no passado, como a pandemia de peste bubônica que assolou a Europa entre 1348 e 1379, reduzindo a população da Inglaterra de 3,8 milhões para 2,1 milhões de pessoas. Embora microrganismos continuem a nos desafiar nos dias de hoje, há aqueles que são aliados da humanidade há milhares de anos.

O conhecimento científico vem nos ajudando a melhorar o relacionamento com os "seres mais simples". Hoje poucos duvidam que a educação científica é fundamental para entender a complexidade do mundo contemporâneo e para exercer plenamente a cidadania. Por exemplo, sabe-se que o excesso de matéria orgânica e nutrientes lançados nas águas como esgoto não tratado pode resultar em grande aumento da matéria orgânica disponível e consequente proliferação de microrganismos em rios, lagos e mares. Além da contaminação do ambiente e de impactos ecológicos indesejáveis, o despejo de esgoto nos corpos de água pode disseminar doenças, causando problemas de saúde pública. A importância dos microrganismos fica evidente em um dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU), que é o de "assegurar a disponibilidade e gestão da água e saneamento para todas [as pessoas]".

A presença em excesso de certos microrganismos pode causar problemas; em contrapartida, eles podem ser uma solução para o tratamento de dejetos humanos. Há bactérias e arqueas capazes de inativar poluentes dos esgotos, decompondo a matéria orgânica ali presente. Certas microalgas são capazes de remover carbono, nitrogênio e fósforo dos esgotos, reduzindo assim a carga de poluição. Ao mesmo tempo, as microalgas produzem biomassa, que pode ser utilizada como adubo.

Neste capítulo apresentamos os principais grupos de seres vivos de constituição mais simples, tais como vírus, bactérias, arqueas, protoctistas e fungos. Os seres mais simples apresentam grande complexidade biológica; sua relativa simplicidade somente aparece quando os comparamos, em certos aspectos, com seres mais complexos, como as plantas e os animais.

De olho na BNCC:

- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT205
- EM13CNT207
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT306
- EM13CNT309
- EM13CHS103
- EM13CHS304
- EM13LGG104

EM MODERNA

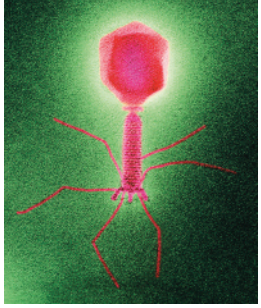
1. Vírus

O termo **vírus** (do latim *virus*, veneno) denomina um grupo variado de seres cujo tamanho se situa entre 15 e 300 nanômetros (nm). Os vírus são invisíveis até nos melhores microscópios ópticos, podendo ser visualizados somente em microscópios eletrônicos de alta resolução e grande aumento.

Os vírus distinguem-se de todos os outros seres biológicos porque são **acelulares**, ou seja, não são formados por células. Eles quase sempre têm estrutura compacta, constituída por uma ou algumas moléculas de ácido nucleico (que pode ser DNA ou RNA) envoltas por moléculas de proteínas (Fig. 1).

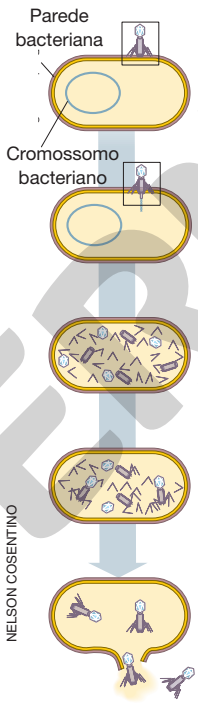
Todos os vírus são **parasitas intracelulares obrigatórios**. Quando estão fora das células hospedeiras, eles não se multiplicam nem manifestam qualquer tipo de atividade metabólica. Entretanto, ao invadir as células adequadas, eles se comportam como conquistadores implacáveis: assumem o comando das atividades celulares, levando as células hospedeiras a trabalhar na produção de novos vírus. Quase sempre a infecção viral leva à morte da célula ou afeta gravemente suas funções normais (Fig. 2).

As doenças causadas por vírus são genericamente denominadas **viroses**. Entre as viroses humanas mais conhecidas estão a aids, as gripes, o sarampo, a catapora, a dengue, a poliomielite e a COVID-19.



DEPT. OF MICROBIOLOGY, BIOZENTRUM/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1 Fotomicrografia eletrônica de um vírus bacteriófago, que ataca bactérias (microscópio eletrônico; aumento ≈ 100.000×; cores meramente ilustrativas). Sua forma lembra um módulo espacial, com a cabeça, a cauda e as fibras da cauda constituídas por proteínas. No interior da cabeça encontra-se o DNA do vírus.



NELSON COSENTINO

Figura 2 Sequência da infecção de uma bactéria pelo vírus bacteriófago T4. Esse vírus tem sido muito estudado e seu ciclo reprodutivo é bastante didático e fácil de compreender. O processo completo de reprodução dura cerca de 30 minutos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

2. Bactérias e arqueas

As bactérias têm sido a forma de vida mais abundante em nosso planeta nesses últimos 2,5 bilhões de anos. Bactérias e arqueas provavelmente foram os primeiros organismos a habitar a Terra. Ao longo do tempo, esses seres primitivos foram transformando ambientes inóspitos, como o entorno de vulcões submarinos, em locais favoráveis ao aparecimento e à evolução de outras espécies de seres vivos.

A célula bacteriana

Bactérias e arqueas são organismos constituídos por uma única **célula procariótica**, que se caracteriza por não ter núcleo nem organelas membranosas no citoplasma. A maioria das bactérias apresenta um envoltório externo rígido, a **parede bacteriana**, responsável pela forma da célula e por sua proteção. Internamente à parede bacteriana e aderida a ela situa-se a **membrana plasmática**, que delimita o **citoplasma**, no qual se situam o **cromossomo bacteriano** e milhares de pequenos grânulos denominados **ribossomos**, responsáveis pela produção das proteínas.

O cromossomo das bactérias é constituído por uma longa molécula de DNA cujas extremidades estão unidas. Essa molécula "circular" de DNA contém alguns milhares de genes necessários ao crescimento e à reprodução da bactéria. O cromossomo bacteriano geralmente fica na região central da célula, formando um emaranhado chamado de **nucleoide**. Não há membrana envoltória no nucleoide, como ocorre no núcleo de células eucarióticas.

Além do cromossomo, a célula bacteriana pode conter moléculas de DNA circulares denominadas **plasmídios**. Os plasmídios são menores que o cromossomo bacteriano e sua presença não é essencial à vida da bactéria. Possuir plasmídios, entretanto, pode ser vantajoso, pois neles geralmente há genes responsáveis pela resistência a substâncias prejudiciais à bactéria.

Na superfície de muitas bactérias, há filamentos proteicos móveis, os flagelos bacterianos, que atuam na movimentação da célula (Fig. 3).

HEATHER DAVIES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/GETTY IMAGES

Figura 3 Fotomicrografia eletrônica da bactéria *Helicobacter pylori*, que é dotada de flagelos (microscópio eletrônico; aumento ≈ 8.500×; cores meramente ilustrativas).

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

MODERNA

A reprodução das bactérias

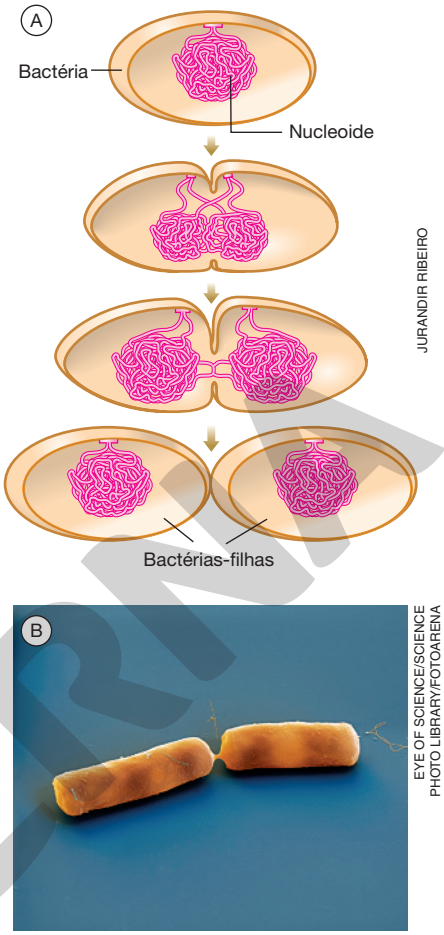
As bactérias reproduzem-se assexuadamente por **divisão binária**, processo em que a célula bacteriana duplica o cromossomo e em seguida divide-se ao meio, formando duas novas bactérias. Certas espécies bacterianas, em condições ideais, dividem-se a cada 20 minutos. Assim, em poucas horas, uma única bactéria pode originar uma população bacteriana composta de milhões de células geneticamente idênticas. Esses indivíduos constituem o que os cientistas denominam **clone**, ou seja, um conjunto de células ou indivíduos geneticamente idênticos que resulta da propagação assexuada de um indivíduo original (Fig. 4).

As arqueas

As **arqueas** são seres procarióticos bastante semelhantes às bactérias em tamanho e aparência; por isso elas só foram identificadas como um grupo distinto há poucas décadas, graças ao emprego de técnicas de análise molecular. Uma diferença marcante entre bactérias e arqueas está na organização e no funcionamento dos genes.

Muitas arqueas vivem em ambientes impróprios à maioria dos outros seres vivos. Um grupo de arqueas é o das termoacidófilas, que suportam condições extremas de acidez e temperatura, vivendo em fontes termais ácidas, onde a temperatura oscila entre 60 °C e 80 °C, ou em fendas vulcânicas nas profundezas oceânicas.

Estudos mostram que as arqueas são evolutivamente mais próximas dos organismos eucarióticos do que das bactérias. Isso é interpretado pelos cientistas da seguinte maneira: nos primórdios da vida na Terra, um grupo de organismos unicelulares primitivos separou-se em duas linhagens, uma que deu origem às bactérias atuais e outra que diversificou-se em duas, originando as arqueas e os seres eucarióticos.



JURANDIR RIBEIRO

EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 4 (A) Representação esquemática do processo de divisão binária de uma célula bacteriana em corte, para mostrar o nucleoide. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) (B) Fotomicrografia de uma célula bacteriana em divisão. (Microscópio eletrônico; aumento ≃ 7.000×; cores meramente ilustrativas.)

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

3. Protoctistas: algas e protozoários

Na classificação adotada neste livro, os diversos filos de algas e de protozoários estão incluídos no reino Protoctista.

A diversidade das algas

Algas são organismos eucarióticos e fotossintetizantes, unicelulares ou multicelulares; o corpo das algas multicelulares é chamado de talo. O grupo das algas é bastante diversificado e atualmente compreende diversos filos.

As algas unicelulares podem viver no mar, em água doce e em superfícies úmidas. Elas são parte importante dos ecossistemas aquáticos, produzindo gás oxigênio e substâncias orgânicas que servem de alimento para diversos outros seres.

Dependendo da espécie de alga, suas células podem conter um ou vários cloroplastos, organelas citoplasmáticas responsáveis pela fotossíntese. Na maioria das algas, as células são revestidas por uma parede celular composta de celulose geralmente combinada a outras substâncias, como o ágar, a carragenina, o carbonato de cálcio ($CaCO_3$), entre outras. Algumas dessas substâncias têm importância econômica.

Algas microscópicas vivem na parte superficial da água de mares e grandes lagos. Nesses locais, em conjunto com bactérias, protozoários, larvas de diversos animais, microcrustáceos etc., formam a comunidade aquática denominada **plâncton** (do grego *plankton*, errante). Algas e outros seres planctônicos fotossintetizantes constituem o **fitoplâncton**.

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

MODERNA

Um dos critérios para dividir as algas em grupos é quanto aos tipos de pigmentos apresentados além da clorofila. Assim, há o grupo das algas verdes (clorófitas), das algas marrons (feófitas), das algas vermelhas (rodófitas), das algas douradas (crisófitas), além de outros grupos, como o das diatomáceas, dos euglenoides e dos dinoflagelados (Fig. 5).

RASMUS LOETH PETERSEN/ ALAMY/FOTOARENA

MAREK MIS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

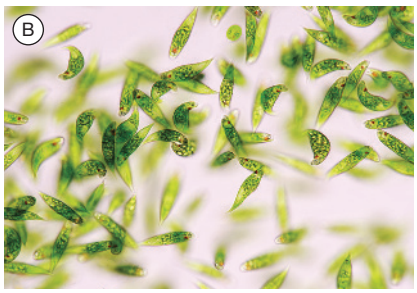


Figura 5 Representantes de dois grupos de algas. (A) Rodófita macroscópica *Asparagopsis taxiformis*, com cerca de 20 cm de altura. (B) Euglenoides do gênero *Euglena* (microscópio óptico; aumento ≃ 40×).

Em destaque

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Maré vermelha

Em um intervalo de 13 horas, 126 pessoas foram atendidas no Hospital Municipal de Porto Seguro, no extremo sul da Bahia, com sintomas de intoxicação, irritação na pele, dificuldade para respirar, secura nos olhos, vômito e diarreia. De acordo com Secretaria Municipal de Saúde, a suspeita é de que as situações estejam relacionadas a um fenômeno conhecido como maré vermelha, caracterizado pelo excesso de certas espécies de algas no mar. A Secretaria informou que as algas liberam substâncias que podem contaminar animais aquáticos e intoxicar pessoas que se alimentem deles. [...]

Fonte: *G1 BA*. Maré Vermelha pode ser causa de 126 intoxicações em Porto Seguro, na BA. Disponível em: <http://g1.globo.com/bahia/noticia/2016/03/mare-vermelha-pode-ser-causa-de-126-intoxicacoes-em-porto-seguro-na-ba.html>. Acesso em: 2 mar. 2020.

Seu desafio nesta atividade é pesquisar sobre o fenômeno das "marés vermelhas", que ocorre em certos locais e condições, causando mortandade de peixes. Identifique o grupo de protoctistas que causa as marés vermelhas e em que condições tal fenômeno ocorre. Resuma suas pesquisas em um pequeno material de divulgação, indicando como as pessoas podem identificar e prever esse tipo de fenômeno, bem como monitorar seus efeitos. Aproveite para pesquisar e descobrir, também, qual é o fenômeno marinho provocado pela noctiluca. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Pesquise, em livros de Biologia e na internet, os efeitos da poluição, como derrame de petróleo e despejo de esgoto no mar, sobre o plâncton e quais são as possíveis consequências para os ecossistemas marinhos.

Aproveite para pesquisar características e exemplos de organismos que constituem o **nécton** e o **bentos**, duas outras categorias que os biólogos aplicam às comunidades aquáticas, além de plâncton. Escreva um texto sobre suas pesquisas; se possível, ilustre-as com desenhos ou fotografias feitas por você mesmo. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

A reprodução das algas

Algas unicelulares reproduzem-se assexuadamente por **divisão binária**. Algas multicelulares filamentosas podem se reproduzir por **fragmentação**, processo em que o talo simplesmente se fragmenta e origina novos indivíduos. Diversas espécies se reproduzem por **esporulação**, processo em que se formam assexuadamente células reprodutivas denominadas **esporos** (Fig. 6).

O processo sexuado de reprodução das algas envolve fusão de dois gametas haploides com formação de um zigoto diploide. No ciclo de vida de muitas algas multicelulares ocorrem, alternadamente, gerações de indivíduos haploides (*n*) e diploides (2*n*), fenômeno denominado **alternância de gerações**.

As algas verdes do gênero *Ulva*, por exemplo, apresentam dois tipos de talo de aparência muito semelhante, mas constituídos por células diploides ou por células haploides. Indivíduos de talos diploides, chamados **esporófitos**, apresentam células que, na maturidade, passam por meiose e originam **esporos haploides**; por isso, fala-se em **meiose espórica**. Os esporos libertam-se do talo que os formou e germinam, originando talos haploides.

BIOPHOTO ASSOCIATES/ SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

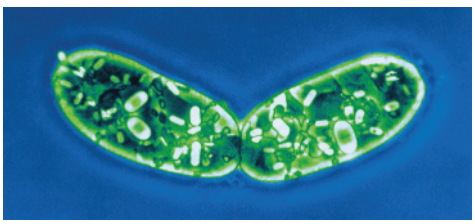
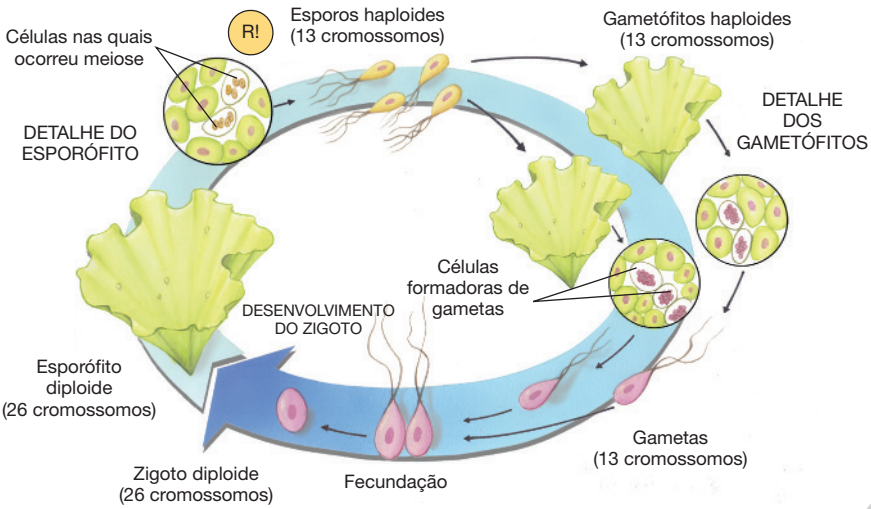


Figura 6 Alga unicelular do grupo dos euglenoides (*Euglena* sp.) em processo de divisão binária, ou cissiparidade. (Microscópio óptico; aumento ≃ 2.000×.)

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

MODERNA

Os indivíduos de talos haploides, denominados **gametófitos**, apresentam células que se multiplicam por mitose e, na maturidade, se diferenciam em **gametas haploides** flagelados. Estes se libertam do gametófito e fundem-se dois a dois, produzindo **zigotos diploides**. O desenvolvimento de um zigoto origina um novo talo diploide (esporófito), que, na maturidade, repetirá o ciclo (Fig. 7).



JURANDIR RIBEIRO

Figura 7 Representação esquemática do ciclo de vida da alga verde multicelular *Ulva lactuca*, a alface-do-mar. Nesse organismo há alternância de talos haploides e diploides. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

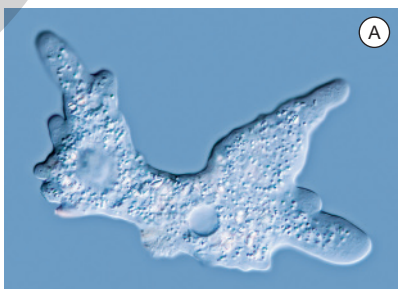
A diversidade dos protozoários

O termo **protozoário** (do grego *protos*, primitivo, primeiro, e *zoon*, animal) designa organismos unicelulares heterotróficos, atualmente distribuídos em diversos filos.

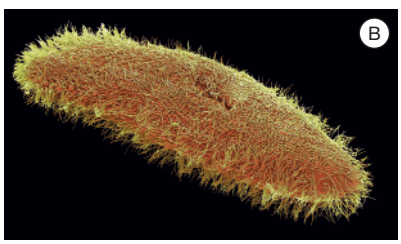
A maioria dos protozoários vive em água doce ou salgada, em regiões lodosas e em terra úmida, alimentando-se tanto da matéria orgânica de cadáveres (hábito saprofágico) como de microrganismos vivos, que podem ser bactérias, algas e outros protozoários (hábito predatório). Há espécies de protozoários de hábito parasita, que vivem no interior do corpo de animais invertebrados e vertebrados, incluindo a espécie humana; em muitos casos essas infestações causam doenças. Há também protozoários que trocam benefícios com outros seres vivos em uma relação de mutualismo, isto é, uma relação em que ambas as espécies participantes se beneficiam, como é o caso de espécies do gênero *Trichonympha*, protozoários que vivem no intestino dos cupins.

O tamanho dos protozoários varia entre 10 µm e 50 µm, mas alguns podem atingir 1 milímetro de comprimento. A organização celular dos protozoários é complexa e há organelas bem desenvolvidas, como o **vacúolo digestivo**, no qual ocorre a digestão intracelular das partículas de alimento ingeridas por **fagocitose**. Em espécies de água doce, há **vacúolos contráteis** bem desenvolvidos e ativos, que atuam na eliminação do excesso de água que penetra na célula por osmose.

As amebas movimentam-se por meio de **pseudópodes**, enquanto outros protozoários movimentam-se por ação de **flagelos** ou de **cílios**; há também espécies sem estruturas locomotoras. O tipo de estrutura locomotora é um dos critérios utilizados para dividir os protozoários em diversos grupos (Fig. 8).



GERD GUENTHER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 8 Representantes de alguns grupos de protozoários. (A) Ameba de água doce (gênero *Deuteramoeba*), protozoário de vida livre do grupo dos rizópodes, que se locomovem por meio de pseudópodes (microscópio óptico; aumento ≃ 300×. (B) Protozoário de vida livre do gênero *Paramecium*, representante do grupo dos cilióforos, que se locomovem por batimentos de cílios que recobrem a célula (microscópio eletrônico; aumento ≃ 350×; cores meramente ilustrativas).

A reprodução dos protozoários

A maioria dos protozoários de vida livre reproduz-se **assexuadamente** por **divisão binária**. A célula cresce até determinado tamanho e divide-se ao meio, originando dois novos indivíduos.

Alguns grupos podem se reproduzir assexuadamente por meio de **divisão múltipla**. Nesse caso, a célula multiplica o núcleo diversas vezes por mitose, antes de se fragmentar em inúmeras pequenas células.

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

MODERNA

A maioria dos protozoários apresenta processos sexuais. No tipo mais comum de **reprodução sexuada**, dois protozoários de sexos diferentes originam um zigoto, que posteriormente passa por meiose e origina indivíduos geneticamente recombinados (Fig. 9).

M.I. WALKER/ SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

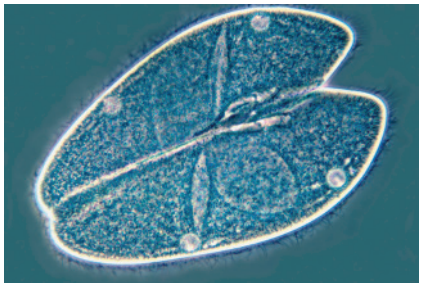


Figura 9 Foto de paramécios em conjugação, um processo de reprodução sexuada típico dos paramécios. Cada um dos conjugantes divide um de seus núcleos por meiose e o transfere ao parceiro. Após diversos processos nucleares e divisão do citoplasma, surgem quatro novos paramécios geneticamente recombinados. (Microscópio óptico; aumento ≈ 210×.)

4. O reino dos fungos

Os **fungos** atualmente são classificados em um reino próprio – Fungi. Eles são organismos eucarióticos e heterotróficos cuja parede celular contém quitina, substância também presente no esqueleto dos artrópodes (crustáceos, insetos, aranhas, entre outros). Fungos vivem no solo, na água ou no corpo de outros seres vivos, como parasitas. Seus principais representantes são os bolores, os cogumelos, as orelhas-de-pau e as leveduras, estas últimas também chamadas levedos ou fermentos (Fig. 10).

ARTERRA/UNIVERSAL IMAGES GROUP/GETTY IMAGES

STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

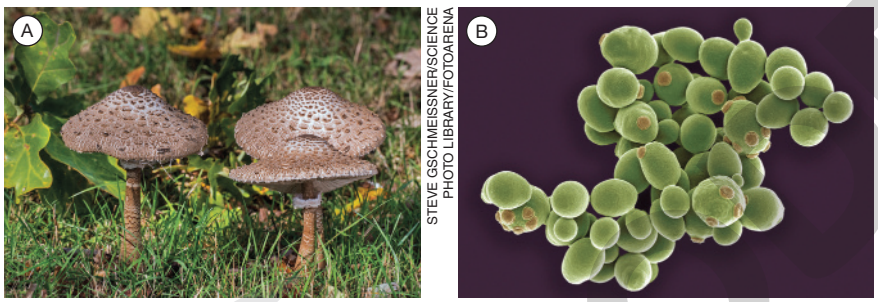


Figura 10 Representantes dos fungos. (A) Cogumelos da espécie *Lepiota procera*, que podem chegar a 40 cm de altura. (B) Fotomicrografia de células do levedo *Saccharomyces cerevisiae*, considerado uma espécie unicelular (microscópio eletrônico; aumento ≈ 3.000×; cores meramente ilustrativas).

Com poucas exceções, os fungos são seres multicelulares constituídos por longos filamentos microscópicos, ramificados e com parede quitinosa, as **hifas**, nas quais se encontra o conteúdo celular do fungo. O conjunto de hifas constitui o **micélio**, equivalente ao "corpo" do fungo.

O emaranhado de hifas que formam o micélio pode crescer indefinidamente, enquanto houver alimento disponível e condições favoráveis. O crescimento das hifas ocorre apenas nas extremidades; nas regiões mais afastadas das pontas, o conteúdo citoplasmático pode desaparecer, restando apenas as paredes das hifas.

Os fungos produzem **esporos**, os quais podem surgir de modo assexuado ou sexuado, após a fusão de núcleos celulares e a formação do zigoto. Quando encontra condições apropriadas, o esporo germina e origina uma hifa, que cresce e se ramifica, produzindo um novo micélio. Durante o crescimento, as hifas do micélio liberam enzimas digestivas que atuam extracelularmente, degradando substâncias orgânicas presentes no substrato. Em seguida, as hifas absorvem os produtos da digestão, utilizando-os como fonte de energia e de matéria-prima para viver e crescer. Esse modo de vida dos fungos é responsável pelo apodrecimento de diversos materiais, como frutas, verduras, cereais e uma gama de substratos orgânicos (madeira, couro etc.).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Imagine que você é o redator de uma revista de divulgação científica e tenha recebido duas incumbências: 1. pesquisar em que consiste a tecnologia denominada biorremediação, utilizada no tratamento de efluentes industriais; 2. descobrir como microrganismos podem ser utilizados no tratamento de esgotos, comparando o tratamento biológico com tratamentos físicos e químicos. Utilize o resultado de suas pesquisas para redigir um artigo de aproximadamente uma página com um título que exprima um objetivo, como o seguinte: **Microrganismos podem "curar" ambientes poluídos**. Use a imaginação e elabore uma manchete e um texto, e em seguida troque seu trabalho com os colegas de classe, que vão atuar como editores, apontando pontos positivos ou negativos em seu texto e, eventualmente, sugerindo modificações. Faça o mesmo com os textos recebidos dos colegas e utilize as críticas para melhorar a qualidade de seu trabalho.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade prática

A proposta desta atividade consiste em deixar frutos, como tomates e outros, em locais sombreados e úmidos, o que propiciará o desenvolvimento de fungos. É possível que você obtenha fungos de diversas espécies, de coloração esverdeada ou negra. Se possível, observe esses fungos com uma lente de aumento. Fotografe e compartilhe seus resultados com os colegas, relacionando suas observações e seus registros com o conteúdo do tópico. (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.

EM ABERTA

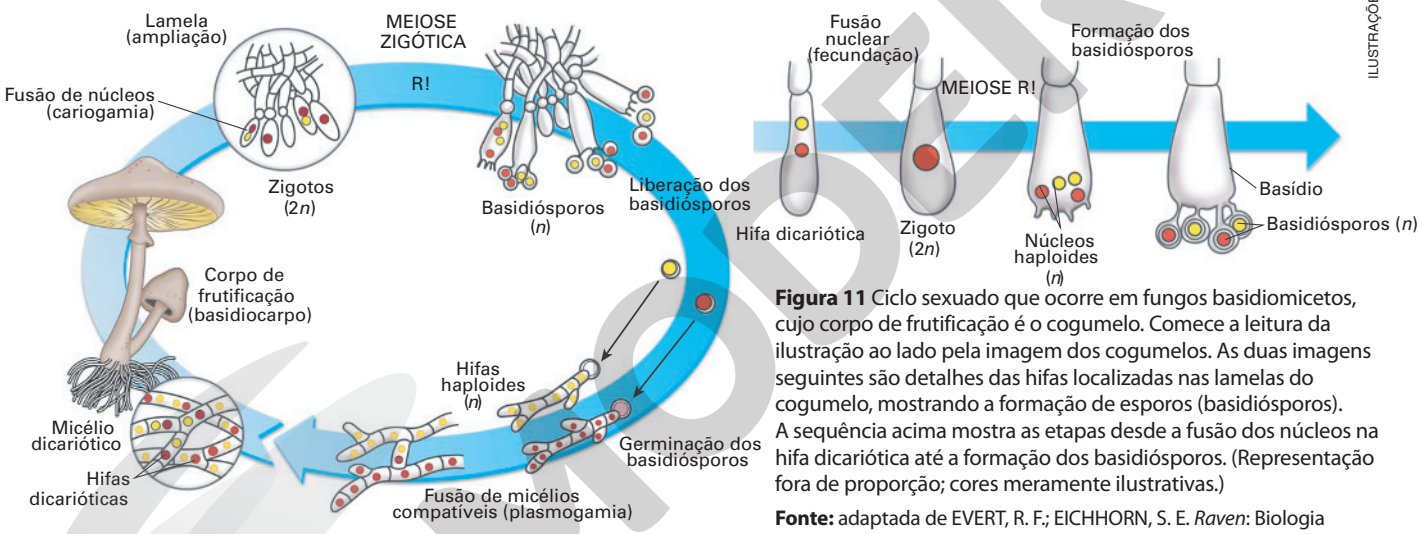
A reprodução dos fungos

Muitos fungos têm **reprodução assexuada** por **fragmentação** do micélio. Os fragmentos crescem e originam novos micélios. Certos fungos, como bolores do grupo dos zigomicetos, reproduzem-se assexuadamente por **esporulação**, processo em que o fungo forma hifas especiais, em cujas extremidades se diferenciam esporângios, onde se formam esporos haploides **(esporos assexuados)**. Ao cair em local com condições adequadas, o esporo germina e origina um novo micélio. Leveduras como *Saccharomyces cerevisiae* reproduzem-se por **brotamento**, ou gemulação. Os brotos (gêmulas) geralmente se separam da célula original, embora eventualmente possam permanecer unidos, formando cadeias de células.

De tempos em tempos, a maioria dos fungos passa por um estágio sexuado, em que se formam zigotos diploides. O zigoto sofre meiose e origina células haploides, que se diferenciam em esporos haploides **(esporos sexuados)**.

Nos fungos, a **reprodução sexuada** inicia-se pela conjugação de duas hifas sexualmente maduras e compatíveis que se aproximam e se fundem. A hifa resultante da fusão é dicariótica, ou seja, tem dois núcleos haploides por célula, um de cada hifa parental. Durante o crescimento e a ramificação dessa hifa, os núcleos se multiplicam diversas vezes no citoplasma, mantendo-se emparelhados, mas sem se fundir. Em certas espécies, as hifas dicarióticas originam um micélio que pode formar corpos de frutificação chamados de cogumelos.

Nas hifas que formam as lamelas sob o "chapéu" dos cogumelos, pares de núcleos procedentes das hifas parentais finalmente se unem, originando núcleos zigóticos diploides. Por meiose, esses núcleos produzem esporos sexuados. Em cogumelos do grupo dos basidiomicetos, os esporos são denominados **basidiósporos**, e o cogumelo, **basidiocarpo**. Os basidiósporos são liberados do cogumelo e levados pelo vento. Ao cair em local com condições adequadas, os basidiósporos germinam e originam novos micélios (Fig. 11).



ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Figura 11 Ciclo sexuado que ocorre em fungos basidiomicetos, cujo corpo de frutificação é o cogumelo. Comece a leitura da ilustração ao lado pela imagem dos cogumelos. As duas imagens seguintes são detalhes das hifas localizadas nas lamelas do cogumelo, mostrando a formação de esporos (basidiósporos). A sequência acima mostra as etapas desde a fusão dos núcleos na hifa dicariótica até a formação dos basidiósporos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Escreva, em seu caderno, o termo a seguir que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 5.

a) cromossomo bacteriano
b) divisão binária
c) flagelo bacteriano
d) nucleoide
e) plasmídio

1. (■) é uma estrutura proteica filamentosa que algumas bactérias utilizam para se movimentar.
1. c

2. (■) é uma molécula circular de DNA, cuja presença, embora vantajosa, não é essencial à vida de uma bactéria.
2. e

3. A molécula de DNA circular que contém os genes essenciais à vida de uma bactéria é a(o) (■).
3. a

4. A região da célula bacteriana ocupada pelo material genético é chamada (■).
4. d

5. O processo de reprodução das bactérias, em que um indivíduo origina dois, é a(o) (■).
5. b

6. Qual é a característica comum a todos os protozoários?
6. d
a) Todos têm vida livre.
b) Todos são aquáticos.
c) Todos têm parede celular.
d) Todos são unicelulares.

7. Construa uma tabela que compare algas, protozoários e fungos com relação aos seguintes aspectos: a) nutrição; b) organização estrutural; c) ambiente onde vivem; d) exemplos.

7. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

MODERNA

5. Como os seres microscópicos afetam nossa vida

Doenças causadas por vírus

Alguns vírus mantêm-se íntegros por pouco tempo fora de seus hospedeiros. Sua transmissão requer o contato direto entre um portador e um novo hospedeiro. Vírus causadores do herpes, por exemplo, que atacam células da pele e das mucosas, podem ser transmitidos pelo simples contato físico entre duas pessoas. Outros vírus são transmitidos somente por meio de secreções como saliva, fluidos vaginais, esperma etc. O vírus da raiva, por exemplo, é transmitido pela saliva de animais infectados; o HIV não é transmitido pela saliva, mas está presente nos fluidos do esperma, da vagina e do sangue. Vírus da gripe e os coronavírus são transmitidos de uma pessoa a outra por meio de gotículas de saliva expelidas ao falar, rir ou espirrar.

PREFEITURA DE CONTAGEM – SECRETARIA DE SAÚDE

Figura 12
Cartaz de uma campanha preventiva oficial contra a aids.

Outros vírus mantêm sua capacidade infectante por longo tempo, fora do hospedeiro. Nesses casos, o reservatório viral é o ambiente não vivo. Vírus que atacam o sistema digestório e são eliminados com as fezes têm como reservatório o solo ou a água contaminados por esgotos. Entre os vírus transmitidos por água e alimentos contaminados estão os causadores de gastrenterites, poliomielite e hepatites A e E.

O HIV, vírus causador da aids, tem um envoltório de lipídios e proteínas e uma parte central, o capsídio, onde há duas moléculas idênticas de RNA e algumas moléculas da enzima transcriptase reversa. Essa enzima permite produzir moléculas de DNA a partir das moléculas de RNA, exatamente o contrário do que costuma ocorrer nas células, onde RNA é produzido a partir de DNA. Por possuir essa enzima, que atua ao reverso do costumeiro, o HIV e outros vírus semelhantes são chamados de **retrovírus**.

Ao aderir à célula hospedeira, o envoltório do HIV funde-se com a membrana celular. Com isso, o capsídio viral penetra no citoplasma, onde se desfaz e libera o RNA e a transcriptase reversa. Essa enzima catalisa a formação de um DNA a partir do RNA viral. O DNA assim produzido penetra no núcleo da célula hospedeira, integra-se a um cromossomo e passa a produzir moléculas de RNA. Algumas delas vão constituir o material genético dos novos vírus, enquanto outras vão comandar a produção das proteínas virais e de transcriptase reversa. A união de proteínas, enzimas e RNA virais origina novos capsídios que, ao serem expelidos da célula, carregam fragmentos da membrana celular, que formam os envoltórios virais. A célula infectada, que apresenta o material genético do vírus integrado a seus cromossomos, pode continuar a produzir partículas virais enquanto viver (Fig. 12).

O coronavírus causador da síndrome respiratória aguda grave 2 (SARS-CoV-2)

Os coronavírus constituem uma grande família de vírus, alguns dos quais causam simples resfriados, enquanto outros provocam doenças graves como a SARS (do inglês, *Severe Acute Respiratory Syndrome*, síndrome respiratória aguda grave) e a MERS (do inglês, *Middle East Respiratory Syndrome*, síndrome respiratória do Oriente Médio), com taxas relativamente altas de mortalidade. Um novo tipo de coronavírus, denominado SARS-CoV-2 (do inglês, *Severe acute respiratory syndrome coronavirus* 2), detectado pela primeira vez na cidade de Wuhan, na China, no final de 2019, causou inicialmente uma epidemia local caracterizada por sintomas graves e mortes. Cientistas chineses que identificaram o novo coronavírus em janeiro de 2020 notaram que esse tipo de vírus nunca havia sido observado em seres humanos. Suspeita-se que o novo coronavírus tenha atravessado a barreira entre espécies, passando de animais silvestres, provavelmente de morcegos ou pangolins, para seres humanos. A epidemia da doença causada pelo novo coronavírus, chamada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) de COVID-19 (do inglês, *coronavirus disease* 2019, doença do coronavírus de 2019), rapidamente se alastrou da China para o restante do mundo (mais de 185 países, pelo menos), configurando uma pandemia global.

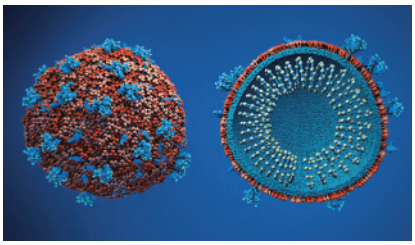
As enormes proporções e consequências dessa pandemia eram ainda desconhecidas enquanto este livro estava sendo produzido, mas as perspectivas eram dramáticas. A pandemia explosiva de COVID-19 deve-se ao fato de os coronavírus disseminarem-se de pessoa a pessoa pelo ar, transportados por gotículas de saliva e secreções nasais, o que torna difícil evitar sua transmissão. Os vírus também mantêm sua capacidade infectante por algum tempo fora do corpo humano, depositados sobre superfícies sólidas.

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

EM MODERNA

As pessoas infectadas pelo SARS-CoV-2 podem apresentar os seguintes sintomas: tosse seca, febre, perda do olfato e paladar, dores no corpo e diarreia. Casos mais graves evoluem para afecções pulmonares e falta de ar. Entretanto, sabe-se que há pessoas infectadas que têm sintomas atenuados, ou que até mesmo são assintomáticas.

O SARS-CoV-2 é um vírus envelopado por uma membrana lipoproteica, proveniente da célula em que ele se originou. No envelope viral há diversas substâncias que formam projeções (espículas), responsáveis pela adesão e penetração dos vírus nas células hospedeiras. O envelope envolve o material genético viral, constituído por uma molécula de RNA de cadeia simples; esse RNA é capaz de se multiplicar na célula hospedeira e gerar novas cópias de si. Os RNAs virais utilizam a maquinaria celular para a síntese das proteínas virais, que vão constituir o envoltório dos novos vírus. (Fig. 13).



DESIGN CELLS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 13 Modelo da estrutura do coronavírus causador da COVID-19, em visão tridimensional (à esquerda) e em corte (à direita). A molécula de RNA é mostrada com sua estrutura helicoidal, as espículas são mostradas em azul e o envelope lipoproteico, em vermelho. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas)

Dialogando com o texto Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Enquanto esta obra era produzida, o mundo atravessava a pandemia da COVID-19. Esperamos que quando estiver utilizando este livro, o pior já tenha passado e a vida tenha voltado ao normal. Esta atividade sugere uma pesquisa epidemiológica sobre a COVID-19. Em primeiro lugar, pesquise na internet sobre gráficos do mundo e do Brasil que mostrem a evolução do número de pessoas infectadas e do número de óbitos desde a origem da pandemia. Procure saber também quais foram as principais medidas sugeridas pela OMS, adotadas pela maioria dos países, para diminuir a propagação da pandemia da COVID-19. Entre os muitos aspectos tratados na internet, escolha um que lhe desperte maior interesse, por exemplo, quais são os principais grupos de risco da COVID-19, ou a procura por drogas terapêuticas capazes de combater a virose. Compartilhe os resultados de sua pesquisa com os colegas por meios digitais, como aplicativos de mensagens e outros. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

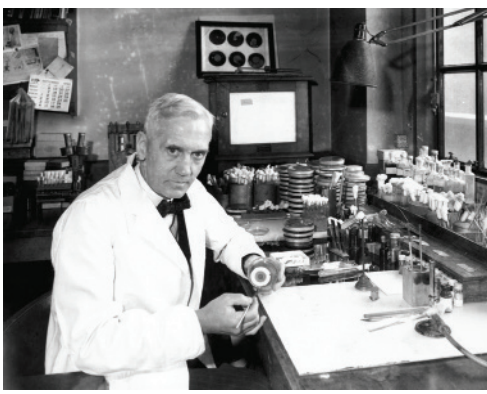
A importância das bactérias em nossa vida

Enquanto os vírus sempre penetram nas células hospedeiras, as bactérias parasitas geralmente vivem entre as células dos tecidos e nas superfícies e cavidades de órgãos. Entretanto, há bactérias, como as salmonelas e as micobactérias, que podem invadir células hospedeiras e reproduzir-se em seu interior, não sendo, porém, parasitas intracelulares obrigatórios como os vírus. Muitos sintomas das infecções bacterianas são provocados por substâncias tóxicas que as bactérias eliminam ou por substâncias presentes em suas paredes celulares.

O tratamento das infecções bacterianas é feito com **antibióticos**, substâncias capazes de matar bactérias (mas não vírus). O primeiro antibiótico foi descoberto em 1929 pelo médico escocês Alexander Fleming (1881-1955) (Fig. 14), que o extraiu de um fungo do gênero *Penicillium*, sendo por isso chamado de penicilina. Dez anos depois, a penicilina passou a ser produzida em grande escala. Todos os antibióticos continuam a ser extraídos de bactérias e de fungos, mas atualmente grande parte deles é modificada por processos químicos para aumentar seu potencial de ação. Por isso eles são denominados antibióticos sintéticos.

O desenvolvimento científico e tecnológico tem levado cada vez mais ao uso de seres vivos em tecnologias úteis à humanidade, atividade conhecida genericamente como **biotecnologia**. Embora tenham sido descobertos apenas no século XVII, os microrganismos já eram empregados havia muitos séculos em biotecnologias de produção de alimentos, como na fabricação de queijos, iogurtes, requeijões, vinagre, picles etc.

Bactérias são utilizadas na indústria farmacêutica para a produção de antibióticos e vitaminas. A indústria química também emprega bactérias para obter substâncias como o metanol, o butanol, a acetona etc. Nos grandes centros urbanos, as bactérias adquirem cada vez mais destaque como agentes decompositores da matéria orgânica dos esgotos domésticos e do lixo.



DAVIES/KEYSTONE/HULTON ARCHIVE/GETTY IMAGES

Figura 14 Retrato de Alexander Fleming, descobridor da penicilina, antibiótico que salvou milhões de vidas de soldados feridos na Segunda Grande Guerra. Na foto, o médico estava em seu laboratório em Londres, em 1943.

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

MODERNA

O potencial biotecnológico das bactérias aumentou nas últimas décadas em razão do desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante, também chamada de **Engenharia Genética**. Essa tecnologia consiste em um conjunto de técnicas que permite modificar geneticamente certas bactérias, fazendo-as produzir substâncias de interesse comercial. Hormônio de crescimento e insulina idênticos aos produzidos em células humanas já são fabricados por bactérias geneticamente transformadas por Engenharia Genética.

Além da importância para a humanidade, as bactérias são parte importante dos ecossistemas como **agentes decompositores**, participando, com os fungos, da reciclagem de restos orgânicos, decompondo-os e devolvendo seus elementos químicos à natureza, para serem reutilizados.

Importância ecológica e econômica das algas

As algas microscópicas que fazem parte do fitoplâncton de mares e lagos, sendo organismos autotróficos fotossintetizantes, ocupam a função de **produtores** em ecossistemas aquáticos. Elas utilizam a energia da luz solar para produzir o próprio alimento, crescer e se multiplicar, constituindo a base das muitas cadeias alimentares marinhas.

Diversas espécies de alga são comestíveis. As mais utilizadas como alimento, principalmente por povos asiáticos, são as algas marrons, as algas vermelhas e as algas verdes. Algas vermelhas do gênero *Porphyra*, depois de secas e prensadas, transformam-se em folhas crocantes, empregadas no preparo de *sushis* e de outros pratos da culinária japonesa. Do ponto de vista nutricional, as algas são ricas em vitaminas e minerais essenciais (Fig. 15).

Certas algas vermelhas são fonte de substâncias economicamente importantes, como as carrageninas e o ágar. As carrageninas são amplamente utilizadas como estabilizantes e clarificantes pela indústria alimentícia. O ágar, além de ser empregado como espessante de alimentos, é utilizado em laboratórios de pesquisa na preparação de meios de cultura para microrganismos. As algas marrons apresentam, em suas paredes celulares, o alginato, substância empregada pelas indústrias farmacêuticas, têxteis e de cosméticos, assim como na fabricação de sorvete, achocolatado, cerveja, creme dental etc., o que ilustra a versatilidade das substâncias produzidas pelas algas.

GREGORY REC/PORTLAND PORTLAND PRESS HERALD/GETTY IMAGES

CAVAN IMAGES/GETTY IMAGES

Figura 15 (A) A alga marinha vermelha *Porphyra* sp. é chamada de *nori* pelos japoneses; na foto, cultivo dessas algas; quando viva, a pórfira é violeta-escuro. (B) *Sushi* sendo preparado com peixe cru, arroz e *nori* prensado em folhas finas e crocantes.

Protozoários causadores de doenças

Diversas espécies de protozoários, principalmente as do grupo dos apicomplexos, causam doenças em invertebrados (como insetos e minhocas), em aves e em mamíferos, incluindo a espécie humana. Dependendo da espécie, o protozoário pode viver no interior de células, no sangue, em cavidades ou em outros locais do corpo do hospedeiro. Representantes conhecidos de protozoários patogênicos são o *Toxoplasma gondii*, que provoca toxoplasmose, e o *Pneumocystis carinii*, que causa pneumonia em pessoas com deficiência no sistema imunitário (imunodeprimidas).

Protozoários do gênero *Plasmodium* (plasmódio) causam malária, doença que já afligia os antigos egípcios há cerca de 5 mil anos. Segundo estimativas da OMS, em 2017 ocorreram no mundo 219 milhões de casos de malária, com 435 mil mortes, a maioria na África subsaariana e de crianças com menos de 5 anos. No Brasil, em 2018 foram registrados 194.271 casos de malária, a absoluta maioria na região amazônica, sendo o Amapá o estado mais afetado, com 36% dos casos do país.

Há quatro espécies do gênero *Plasmodium* que causam malária, todas transmitidas pela picada de fêmeas de mosquitos do gênero *Anopheles* (anófeles), que são hematófagas.

Uma pessoa adquire malária ao ser picada por fêmeas do mosquito anófeles contaminadas pelo protozoário. Ao picar, os mosquitos injetam uma secreção salivar anticoagulante que pode conter as formas infestantes do plasmódio, chamadas de esporozoítos. Parte dos esporozoítos penetra nas células hepáticas,

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

nas quais se multiplicam de modo assexuado, enquanto outra parte penetra nas hemácias. Entre 6 e 16 dias após a infecção inicial, as células hepáticas infectadas liberam no sangue os novos parasitas, agora em um estágio chamado merozoíto. Cada merozoíto que penetra em uma hemácia do sangue pode originar, assexuadamente, entre 8 e 24 novos merozoítos.

As hemácias infectadas se rompem e liberam na corrente sanguínea novos merozoítos, que invadem hemácias sadias, repetindo o ciclo. Na malária causada por *P. falciparu*m, essa ruptura ocorre a cada 48 horas. Milhares de hemácias, rompendo-se simultaneamente, liberam parasitas e substâncias tóxicas, que causam febre e calafrios. Os picos de febre alta, entre 39 °C e 40 °C, coincidem com a ruptura das hemácias infectadas e a consequente liberação dos merozoítos no plasma.

Em algumas hemácias, em vez de se reproduzir por divisão múltipla, os merozoítos crescem e se transformam em formas sexuadas, os chamados gametócitos masculinos e gametócitos femininos. Ao sugar o sangue de uma pessoa doente, o mosquito transmissor pode ingerir hemácias contendo gametócitos, que amadurecem no estômago do inseto, formando gametas masculinos e femininos. A união dos gametas dá origem a zigotos, que se instalam na parede estomacal do mosquito. Cada zigoto origina milhares de esporozoítos; estes são liberados nas cavidades corporais do inseto e migram para suas glândulas salivares, de onde podem ser transmitidos para pessoas sadias (Fig. 16).

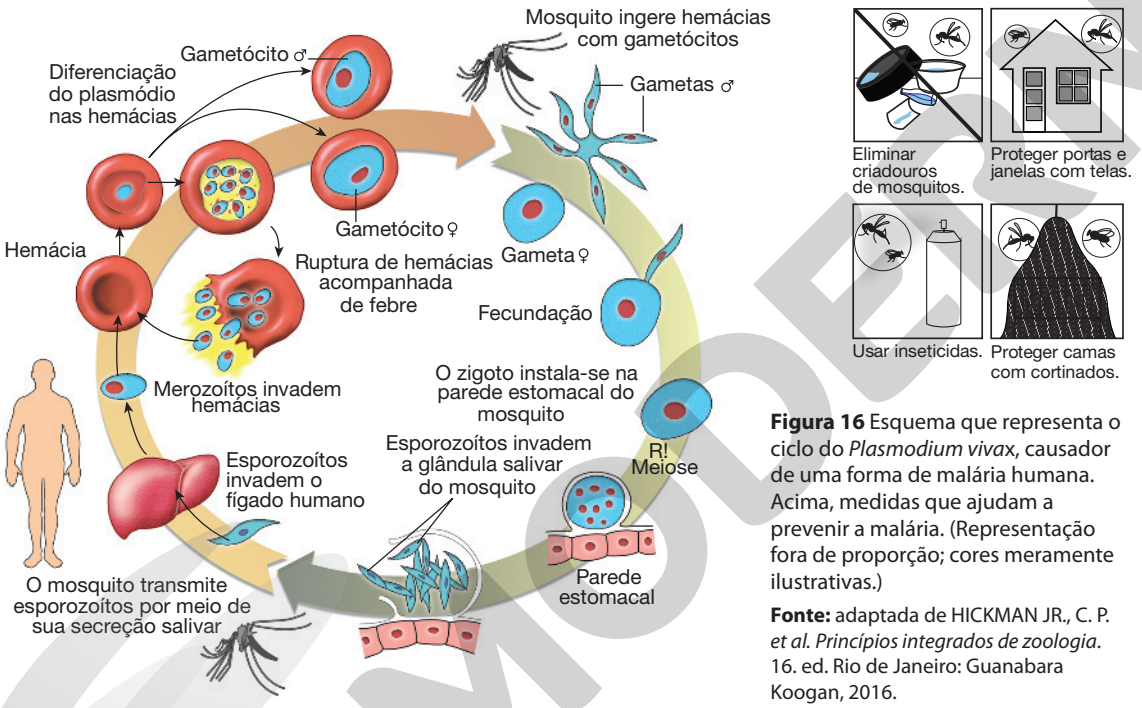


Figura 16 Esquema que representa o ciclo do *Plasmodium vivax*, causador de uma forma de malária humana. Acima, medidas que ajudam a prevenir a malária. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de HICKMAN JR., C. P. *et al. Princípios integrados de zoologia*. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Importância ecológica e econômica dos fungos

Fungos e certas bactérias desempenham o papel de **agentes decompositores** nas cadeias alimentares, permitindo que os elementos químicos constituintes da matéria de cadáveres e restos orgânicos diversos (urina, fezes etc.) possam ser reaproveitados por outros seres vivos. Certos fungos associam-se às raízes de plantas formando as micorrizas, que permitem uma melhor absorção de nutrientes escassos no solo e fundamentais ao crescimento da planta.

Muitos fungos também sintetizam substâncias úteis à indústria. O álcool etílico (etanol), por exemplo, é produzido pela fermentação da cana e de outros substratos realizada pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Fungos da espécie *Rhizopus nigrican*s são fontes de esteroides anti-inflamatórios, como cortisona, hidrocortisona e prednisona. Há espécies de fungo que são utilizadas pela indústria farmacêutica na produção de vitaminas, hormônios esteroides e antibióticos, como a penicilina. Leveduras e outros fungos são empregados pela indústria alimentícia para a produção de pães, vinhos, cervejas, queijos etc. (Fig. 17).

CLEIVO/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Figura 17 Além da fabricação de pães, as leveduras são utilizadas há milênios na fabricação de bebidas alcoólicas como o vinho, resultante da fermentação de uvas.

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

MODENA

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. O inglês Fred Griffith realizou, no final da década de 1920, um experimento no qual descobriu a **transformação bacteriana**. O experimento consistiu simplificadamente em misturar em tubo de ensaio uma linhagem não patogênica (que não causa pneumonia) da bactéria *Pneumococcus pneumoniae* e um extrato de bactérias mortas e trituradas de uma linhagem patogênica (que causa pneumonia). Surpreendentemente, surgiram dessa mistura linhagens patogênicas, que passaram a se multiplicar mantendo a capacidade de provocar a doença.

Forme um grupo de trabalho e divida com os colegas as pesquisas sobre o assunto, que podem ser feitas em livros ou na internet. Em seguida, responda às seguintes questões: Qual foi a importância da descoberta de Griffith para a Biologia? Quais foram as etapas de sua experiência? Que materiais de laboratório ele utilizou nesse experimento? Levante esses e outros dados importantes e elabore um infográfico detalhado sobre a experiência, nos moldes dos que acompanham matérias jornalísticas. O infográfico pode ser feito em tamanho grande e colocado no mural da escola. Além disso, *smartphones*, *tablets* e postagens na internet podem auxiliar na divulgação dos trabalhos de seu grupo. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

2. (Unesp)

2. b

> A profilaxia pré-exposição (PrEP) ao vírus HIV é um tratamento que consiste no consumo diário do antirretroviral Truvada® e tem como público-alvo pessoas com maior vulnerabilidade a adquirir o vírus. Segundo o Ministério da Saúde, o uso correto do medicamento reduz o risco de infecção por HIV em mais de 90%. Esse uso, porém, não barra a entrada do vírus no organismo, apenas bloqueia a ação da enzima transcriptase reversa.
>
> Disponível em: <https://g1.globo.com>. Adaptado.

O tratamento com Truvada®

a) é profilático porque combate o agente transmissor da AIDS.
b) evita que a célula infectada produza moléculas de DNA viral.
c) dispensa o uso de métodos contraceptivos de barreira.
d) impede a entrada do vírus em células humanas de defesa.
e) pode ser eficaz contra outros vírus constituídos por DNA.

3. (Fuvest-SP) No grupo dos fungos, são conhecidas perto de 100 mil espécies. Esse grupo tão diverso inclui espécies que

3. d

a) são sapróbias, fundamentais na ciclagem dos nutrientes, pois sintetizam açúcares a partir do dióxido de carbono do ar.
b) são parasitas, procariontes heterotróficos que absorvem compostos orgânicos produzidos pelos organismos hospedeiros.
c) são comestíveis, pertencentes a um grupo de fungos primitivos que não formam corpos de frutificação.
d) formam, com as raízes de plantas, associações chamadas micorrizas, mutuamente benéficas, pela troca de nutrientes.
e) realizam respiração, na presença de oxigênio, e fotossíntese, na ausência desse gás, sendo, portanto, anaeróbias facultativas.

4. (UEA-AM) As leveduras são organismos eucariontes, unicelulares e heterótrofos. Apresentam parede celular e membrana plasmática envolvendo o citoplasma, onde são encontrados mitocôndrias, retículo endoplasmático, ribossomos, complexo golgiense e outras organelas. Não possuem cloroplastos e nem moléculas de clorofila dispersas no citosol.

4. c

As leveduras são seres que

a) possuem envoltório nuclear, sintetizam proteínas e não realizam respiração celular.
b) não possuem envoltório nuclear, não sintetizam proteínas e realizam fotossíntese.
c) possuem envoltório nuclear, sintetizam proteínas e não realizam fotossíntese.
d) não possuem envoltório nuclear, não sintetizam proteínas e realizam respiração celular.
e) não possuem envoltório nuclear, sintetizam proteínas e não realizam fotossíntese.

5. Enquanto preparávamos este livro, disseminava-se no mundo uma preocupação com a pandemia do coronavírus. Microrganismos como bactérias e vírus já causaram enormes prejuízos e alto índice de mortalidade em populações humanas em diferentes épocas. Sugerimos que você realize uma pesquisa em livros ou em *sites* confiáveis da internet sobre os seguintes assuntos:

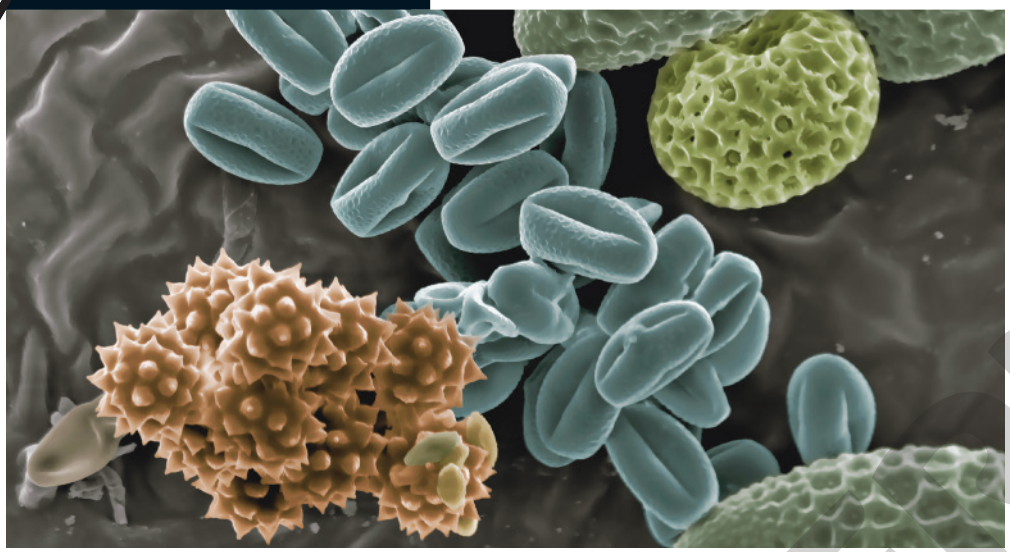
a) a peste bubônica (peste negra), que assolou a Europa em ondas sucessivas. Tente responder às seguintes perguntas: • Qual era o agente causador da doença e seus sintomas? • Como funcionaria a relação: causador da peste bubônica; ratos; pulgas; seres humanos? • Como seria tratada uma doença como essa nos dias de hoje?
b) Pesquise sobre epidemias de doenças virais que assolaram a humanidade nos últimos anos (SARS, gripe suína, influenza etc). Elabore uma tabela que sintetize informações sobre o ano, agente causador, sintomas e índice de mortalidade da virose pesquisada.
c) Acompanhe sempre as notícias sobre as mais recentes epidemias virais (como a do coronavírus, por exemplo), uma vez que a população precisa estar cada vez mais bem preparada para minimizar os efeitos de futuras viroses humanas. Para finalizar, redija um texto sobre a importância na saúde pública da vacinação, que está sendo negligenciada no Brasil e em outras partes do mundo e divulgue para a comunidade (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro). Pesquise a respeito em *sites* confiáveis na internet.

MODERNA

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

CAPÍTULO 2

ANATOMIA E FISIOLOGIA DAS PLANTAS



JANNICKE WIIK-NIELSEN/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Variedade de grãos de pólen das plantas, cuja ornamentação característica permite associar o pólen à espécie vegetal que o produziu. O estudo de grãos de pólen fósseis tem possibilitado aos paleobiologistas encontrar mais informações sobre plantas de épocas passadas. A microfotografia foi obtida no microscópio eletrônico de varredura, que fornece imagens tridimensionais dos objetos observados. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≃ 500×; cores meramente ilustrativas.)

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

As plantas foram os primeiros seres vivos a conquistar a terra firme. Ancestrais das plantas atuais começaram a ocupar as regiões litorâneas há mais de 500 milhões de anos, abrindo caminho para a chegada dos animais. A Botânica, ramo da Biologia que estuda as plantas, e outras áreas biológicas têm conseguido alterar variedades de plantas domesticadas, tornando-as mais produtivas ou mais nutritivas, entre outras características. Um dos grandes desafios atuais é compreender melhor esses organismos, para que possamos atuar em sua preservação.

As plantas são presença constante em nosso dia a dia. Sementes como o arroz e o feijão, legumes, verduras e frutas não podem faltar em nossa alimentação. Além disso, muitos de nós temos ao menos uma planta em casa, em vasos ou no jardim. Sem falar do comércio de flores, que movimenta anualmente cerca de 20 bilhões de dólares no mundo todo.

Graças ao estudo das plantas e de sua fisiologia, podemos conhecer as incríveis soluções e estratégias adaptativas desses seres vivos. Uma delas, talvez a principal, é o fato de elas serem autotróficas, ou seja, capazes de produzir seu próprio alimento; elas certamente sobreviveriam sem nós, mas nós dificilmente sobreviveríamos sem elas. Além disso, as plantas se utilizam de processos relacionados às propriedades da água, como a evaporação, a capilaridade e a tensão superficial, entre outros, para realizar com alta eficiência seus processos metabólicos.

Os conhecimentos sobre as plantas vêm sendo aplicados há séculos em benefício da humanidade. A evolução das técnicas de adubação e de cultivo embasadas no conhecimento científico, aliadas a técnicas de melhoramento genético, vêm possibilitando à humanidade produzir alimentos vegetais em maior quantidade e qualidade, revertendo as sombrias previsões do economista britânico Thomas Malthus (1766-1834), que, no início do século XIX, acreditava que o tamanho da população humana logo excederia sua capacidade de produzir alimentos.

Procure observar sempre as plantas no seu dia a dia e tente aplicar ao mundo o que aprende na escola e nos livros. Quanto maiores forem nossos conhecimentos sobre a natureza, mais ampla será nossa visão de mundo e, consequentemente, maiores serão nossas chances de interagir positivamente com a realidade que nos cerca.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT202** • **EM13CNT302**
- **EM13CNT205** • **EM13CNT303**
- **EM13CNT301** • **EM13LGG102**

Dialogando com o texto

As ideias de Thomas Malthus foram muito impactantes em sua época. Entretanto, elas se revelaram equivocadas, principalmente devido aos avanços na agricultura e na pecuária, amparados por estudos científicos. Peça auxílio aos professores de Geografia e História para encontrar referências sobre as ideias de Malthus; pesquise também em *sites* confiáveis da internet. O resultado das pesquisas pode ser explicado em um texto, embasado em dados, que responda à seguinte questão: "Seriam falsas as previsões de Malthus sobre as populações humanas? E se considerarmos as mudanças tecnológicas, a exploração do ambiente e o crescimento populacional humano no século XXI?". Compartilhe os resultados das pesquisas com os colegas. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

1. Origem e classificação das plantas

Há evidências de que as primeiras plantas que conquistaram a terra firme eram semelhantes aos musgos e às hepáticas de hoje. Essas plantas não apresentavam vasos condutores de seiva. Plantas sem vasos condutores são denominadas pelos botânicos **plantas avasculares** (do grego *a*, prefixo de negação, e do latim *vasculum*, pequeno vaso, túbulo).

Com a evolução das plantas pioneiras surgiram novidades, como o desenvolvimento de estruturas especializadas na absorção de água e sais minerais do solo – raízes – e o aparecimento de estruturas tubulares internas – vasos condutores – que agilizam o transporte de soluções nutritivas por todo o corpo da planta. Plantas dotadas de vasos condutores de seiva são denominadas **plantas vasculares**, ou traqueófitas. As primeiras plantas vasculares aparecem no documentário fóssil cerca de 40 milhões de anos após a conquista da terra firme pelas primeiras plantas (Fig. 1).

Com exceção das briófitas (musgos, hepáticas e antóceros atuais), todos os outros grupos vegetais são **traqueófitas**, assim chamadas por causa da presença de reforços nas paredes dos vasos condutores de seiva que lembram as traqueias dos insetos.

As plantas vasculares também desenvolveram sistemas eficientes de proteção contra a perda de água, como epidermes impermeáveis e estômatos de abertura regulável, características que possibilitaram sua adaptação a regiões relativamente secas, distantes das bordas de rios e lagos onde viveram suas ancestrais. Acredita-se que tenha sido nessa etapa do processo evolutivo que as plantas assumiram uma organização corporal típica, com raízes, caule e folhas. As novidades evolutivas possibilitaram às plantas vasculares atingir grandes tamanhos e constituir vastas comunidades florestais. Esses novos ambientes ofereceram condições propícias à colonização por animais, que encontraram na vegetação abrigo e alimento.

Outra novidade importante ocorrida na evolução das plantas foi o surgimento da **semente**, estrutura resistente que abriga um embrião envolto por tecidos nutritivos produzidos pela planta-mãe. A semente possibilitou às plantas **espermatófitas**, grupo que reúne plantas com sementes, dispersarem-se pelos mais diversos ambientes da Terra.

Figura 1 (A) Rocha com fóssil da planta da espécie *Cooksonia pertoni*, junto a uma agulha de costura que serve como referência de tamanho. (B) Representação artística de plantas do gênero *Cooksonia*, a mais antiga planta conhecida a apresentar vasos condutores de seiva e considerada uma forma de transição entre as plantas avasculares e as vasculares.

Grandes grupos de plantas atuais

No sistema de classificação que adotamos neste livro, as plantas atuais são classificadas em 10 filos. Sete deles são de plantas vasculares (traqueófitas) e três são de plantas avasculares, sem vasos condutores de seiva (briófitas) (Tabela 1).

TABELA 1 CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÃO DOS COMPONENTES ATUAIS DO REINO PLANTAE

CARACTERÍSTICAS			FILOS
VASOS CONDUTORES	SEMENTE	FRUTO	
Ausentes	Ausente	Ausente	**Bryophyta** (musgos) **Hepatophyta** (hepáticas) **Anthocerophyta** (antóceros)
Presentes	Ausente	Ausente	**Pteridophyta** (samambaias, avencas, cavalinhas e psilotos) **Lycopodiophyta** (licopódios e selaginelas)
	Presente	Ausente	**Coniferophyta** (coníferas) **Cycadophyta** (cicadófitas) **Gnetophyta** (gnetófitas) **Ginkgophyta** (gincófitas)
		Presente	**Anthophyta** (angiospermas)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

A Tabela 1, ao lado, reúne os grandes grupos de plantas atuais segundo a classificação tradicional (reino e principais filos). Seu primeiro desafio é analisar a tabela e conferir quais são as plantas mencionadas que você conhece. Se possível, faça ilustrações simples dessas plantas. Em seguida pesquise, em livros ou em *sites* confiáveis da internet, as plantas que eventualmente você não conhecia e confira as que lembrava de conhecer. De posse dessas informações elabore em seu caderno uma tabela que reúna, além das informações escritas, uma ilustração simplificada de cada grupo de plantas mencionado. Por fim, compartilhe com os colegas a nova tabela. (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.

MODERNA

2. Desenvolvimento e tecidos das plantas com sementes

Germinação da semente

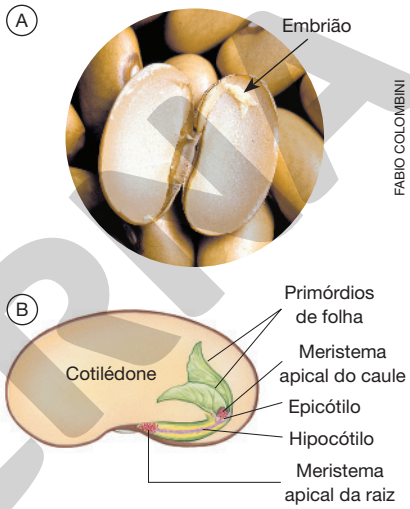
A semente madura abriga em seu interior o embrião vegetal em estado de dormência, além de substâncias nutritivas. Uma das extremidades do embrião é a **radícula** (do latim *radix*, raiz), o primórdio de raiz, que apresenta na extremidade um conjunto de células indiferenciadas com alta capacidade de multiplicação. Essas células compõem o **meristema apical da raiz**, ou meristema subapical, uma vez que o tecido meristemático não está exatamente no ápice, sendo envolvido por um capuz protetor, a coifa.

Na extremidade embrionária oposta situa-se o **caulículo**, o primórdio do caule, em cuja extremidade há um meristema apical propriamente dito. Um pouco abaixo da extremidade do caulículo há uma ou duas folhas modificadas – os **cotilédones** –, especializadas na transferência de nutrientes estocados na semente para o corpo do embrião. Nas plantas **monocotiledôneas**, como diz o nome, o embrião apresenta apenas um cotilédone; nas **dicotiledôneas**, ele apresenta dois cotilédones.

A região inferior do embrião, que se situa entre a radícula e o ponto de implantação do cotilédone (ou dos cotilédones), é denominada **hipocótilo** (do grego *hypo*, abaixo, e *kotyledon*, cotilédone). A região superior do embrião, situada entre o cotilédone e o meristema apical do caulículo, é o **epicótilo** (do grego *epi*, acima) (Fig. 2).

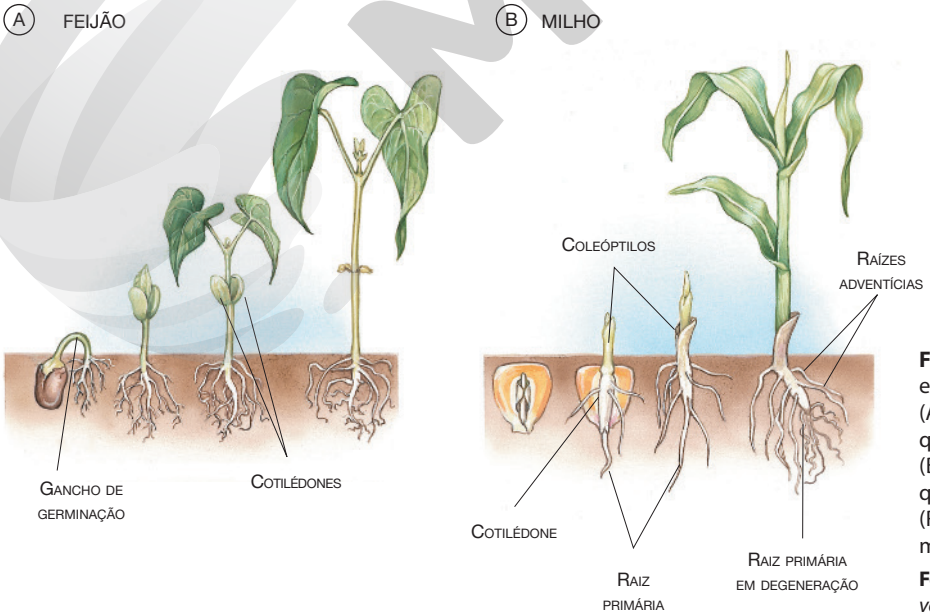
Nas gramíneas a extremidade do caulículo embrionário é envolta por uma bainha protetora, o **coleóptilo** (do grego *koleos*, lâmina, e *ptilon*, pena).

A **germinação** da semente é a retomada do crescimento e da diferenciação do embrião e depende de diversos fatores, sobretudo da presença de água, de gás oxigênio e de temperatura adequada. O primeiro passo para a germinação é a absorção de água, de que as células embrionárias necessitam para retomar suas atividades metabólicas e mobilizar as reservas nutritivas estocadas nos cotilédones ou no endosperma. A absorção de água faz a semente inchar e sua casca se romper, o que permite ao embrião acesso ao gás oxigênio, necessário à respiração das células (Fig. 3).



FABIO COLOMBINI

Figura 2 (A) Fotografia de sementes do feijão *Phaseolus vulgaris*, o feijão comum. Na semente aberta o embrião está indicado pela seta. (B) Representação esquemática de uma semente de feijão aberta, mostrando o embrião e suas partes. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Figura 3 Ilustrações que representam etapas da germinação de sementes. (A) Germinação de semente de feijão, que apresenta dois cotilédones. (B) Germinação de semente de milho, que tem apenas um cotilédone. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al. Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

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

MODERNA

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Estudando a germinação de sementes

Forme um grupo com alguns colegas e divida com eles a tarefa de obter os materiais necessários ao trabalho.

Material

- sementes de milho e de feijão;
- 4 placas de Petri ou pires de tamanho médio;
- algodão;
- água para regar;
- material para desenhar (papel e lápis de cor);
- 8 sementes de feijões grandes, como o feijão-branco ou o rajado, que serão utilizados no item 5 do procedimento;
- faca de ponta arredondada para cortar a casca dos feijões.
- papel-alumínio ou de outro tipo.

Atenção: Cuidado ao manusear a faca!

Procedimento, observações e questões

1. Coloque uma camada de algodão no fundo das placas ou pires e embeba-a com água, sem encharcar demais.
2. Coloque 6 sementes de feijão em cada um dos dois pires; faça o mesmo com o milho. Um pires com feijão e o outro com milho devem ser deixados em local bem iluminado e os outros dois, no escuro. O algodão tem que ser mantido sempre úmido para o sucesso da germinação.
3. Anote todas as mudanças observadas diariamente. Quando a germinação começar, observe-as duas vezes por dia. Anote, desenhe e fotografe tudo o que conseguir observar.

   Ao final da atividade, prepare um relatório com seus desenhos, fotos e observações escritas. Você pode dar ênfase ao texto, ilustrando-o com imagens, ou ao aspecto visual, criando infográficos que priorizem as imagens, utilizando informações escritas como legendas.
4. Ao observar e comparar sementes de feijão que germinaram no claro e no escuro é possível notar diferenças marcantes. Quais são elas? Pesquise e consulte seus professores sobre a resposta de estiolamento e avalie se ela se enquadra nos resultados experimentais. Por que a resposta do estiolamento de uma semente enterrada no solo, por exemplo, pode ser considerada adaptativa?
5. Devidamente protegido, execute um corte superficial na casca de alguns feijões, ao longo da borda, de modo a separar as duas metades; uma ficará com o embrião aderido e outra não. Aproveite para observar, de preferência com uma lupa, as partes do embrião e onde se inseria a metade (folha cotiledonar) separada. Coloque as metades com e sem embrião sobre o algodão umedecido, com a casca para baixo. Cubra metade dos cotilédones de cada tipo com algodão úmido e papel-alumínio ou de outro tipo, que seja à prova de luz; deixe metade dos cotilédones sem cobrir. Observe diariamente para constatar se ocorreram mudanças. Que hipóteses poderiam ser formuladas com base nesses procedimentos? O que seria esperado para cada grupo experimental, tendo em vista o papel do cotilédone na germinação e na fase inicial do desenvolvimento embrionário?

Meristemas

Durante a germinação da semente, assim como nas fases iniciais de desenvolvimento da planta, o crescimento depende da multiplicação das **células meristemáticas** (do grego *merizein*, divisão), que se caracterizam pela alta capacidade de multiplicação por mitose. Tecidos formados por células meristemáticas estão presentes nas extremidades de caules e de raízes, sendo chamados de **meristemas primários**. Essa denominação enfatiza que suas células descendem em linha direta de células do embrião, sem nunca terem perdido suas características embrionárias devido a processos de especialização celular.

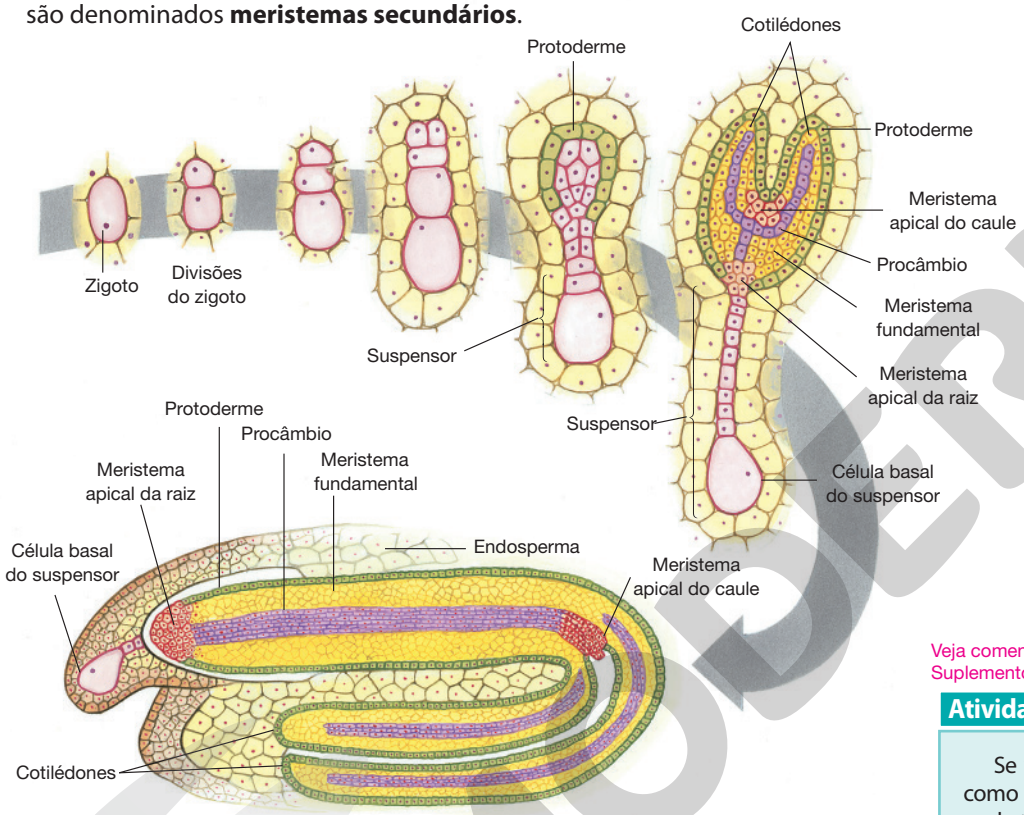
Diferenciação celular e tecidos vegetais

As células produzidas incessantemente por atividade dos meristemas primários, situados nas extremidades do caule e da raiz, fazem o embrião se alongar. À medida que as células vão se distanciando de seus locais de origem, elas iniciam a especialização que as levam a realizar determinadas funções, processo conhecido como **diferenciação celular**. Os primeiros tecidos a se diferenciar no embrião das plantas traqueófitas são a protoderme, o meristema fundamental e o procâmbio.

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

A **protoderme** (do grego *protos*, primeira, e *derma*, pele) é a camada de células que reveste externamente o embrião e que dará origem à epiderme, o primeiro revestimento da planta. O **meristema fundamental** forma um cilindro interno à protoderme o qual originará o **córtex** (do latim *cortex*, casca, invólucro). A região central do embrião, envolvida pelo meristema fundamental, diferencia-se em **procâmbio** (do latim *pro*, antes, e *cambiare*, trocar), que dará origem aos tecidos condutores da planta, o **xilema** e o **floema** (Fig. 4).

Durante o desenvolvimento da planta, células já diferenciadas para o exercício de certas funções podem se desdiferenciar, isto é, voltar atrás na diferenciação e readquirir a capacidade de se dividir. Tecidos formados por esse tipo de células meristemáticas, provenientes de tecidos previamente diferenciados, são denominados **meristemas secundários**.



JURANDIR RIBEIRO

Figura 4 Representação esquemática do desenvolvimento embrionário de uma dicotiledônea mostrando a formação dos primeiros tecidos vegetais. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al. Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Tecidos de revestimento

Plantas ainda jovens são revestidas por uma camada de células achatadas e bem encaixadas entre si que constituem a **epiderme** (do grego *epi*, superior, e *derma*, pele). As células epidérmicas secretam, na superfície da planta exposta ao ambiente, substâncias impermeabilizantes que formam uma película, a **cutícula**, que evita a perda de água por transpiração.

As células epidérmicas, exceto as que formam os estômatos, não têm cloroplastos. **Estômatos** são estruturas epidérmicas que contêm um orifício regulável, capaz de controlar a entrada e a saída de gases na planta e evitar a perda de água por evaporação.

Na epiderme também pode haver estruturas filamentosas denominadas **pelos**, ou **tricomas**, que podem ser constituídas por uma ou mais células. A raiz, por exemplo, apresenta grande quantidade de **pelos absorventes**, que aumentam a área epidérmica radicular capaz de absorver água e sais minerais do solo. Nas folhas também pode haver tricomas, que executam diversas funções.

Algumas plantas, à medida que amadurecem, têm a epiderme de suas raízes e caules substituída por um novo revestimento, mais espesso, mais resistente e bastante impermeável, que protege as partes internas de traumas e da perda de água. Esse revestimento que substitui a epiderme é a **periderme**, originada de um cilindro de células meristemáticas formadas por desdiferenciação de células do córtex,

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Se você já visitou regiões secas, como uma caatinga ou um deserto, pode ter notado que as plantas que ali vivem são adaptadas à pouca água disponível no solo e na atmosfera. Cactos, por exemplo, têm adaptações como a ausência de folhas, as quais se transformaram evolutivamente em espinhos, além de apresentar caules suculentos e dotados de uma epiderme revestida por uma espessa cutícula. Seus desafios nesta atividade são:

a) pesquisar e definir o termo xeromorfismo, exemplificando as características principais apresentadas por plantas xeromórficas.

b) redigir um parágrafo a ser introduzido no texto sobre tecidos de revestimento; procure destacar as adaptações mais típicas das plantas xeromórficas e em que partes do mundo essas plantas se concentram.

MODERNA

o **felogênio**, um meristema secundário. As células do felogênio multiplicam-se intensamente, produzindo camadas celulares para o interior da planta, onde originam a **feloderme**, e para o exterior, onde originam o **súber**. Enquanto a feloderme é constituída por células vivas, o súber é constituído por células que morreram em decorrência de sua diferenciação, restando apenas as paredes celulares, que formam uma camada resistente e impermeável em raízes e troncos de certas plantas (Fig. 5).

J.D. DALLET/AGEFOTOSTOCK/AGB PHOTO LIBRARY

Figura 5 Extração de cortiça de árvore da espécie *Quercus suber*, a corticeira (que atinge cerca de 15 m de altura), cujo tronco é revestido por espessa camada de súber (cortiça), material empregado na fabricação de rolhas.

Parênquimas e tecidos de sustentação

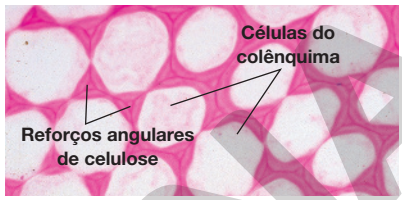
Parênquimas são tecidos vegetais constituídos por células de paredes finas e compostas basicamente de celulose, denominadas **paredes primárias**. Além da função de preencher espaços entre tecidos de revestimento e tecidos condutores, as células do parênquima têm capacidade de desdiferenciação, ou seja, elas podem voltar a se dividir, desempenhando papel importante na regeneração de eventuais lesões.

Certos tecidos parenquimáticos se especializam em acumular amido e outras substâncias de reserva (parênquimas de reserva). Plantas de regiões áridas têm parênquimas aquíferos, especializados em reservar água. Nas folhas e em certos caules há um parênquima cujas células apresentam grande número de cloroplastos, sendo por isso chamado de parênquima clorofiliano, cuja função é realizar fotossíntese.

Embora a parede de cada célula vegetal constitua um "microesqueleto" de sustentação, as plantas traqueófitas apresentam ainda dois tecidos especializados na sustentação esquelética do corpo vegetal: o colênquima e o esclerênquima.

O **colênquima** é formado por células vivas e alongadas, cujas paredes apresentam reforços de celulose principalmente nos cantos. As células do colênquima estão organizadas em feixes longitudinais no interior de raízes e caules, principalmente em partes jovens da planta (Fig. 6).

O **esclerênquima** é formado por células que morreram em decorrência de sua diferenciação. As paredes celulares (paredes secundárias) são impregnadas de uma substância altamente impermeável, a lignina, formando elementos de grande resistência, principalmente fibras esclerenquimáticas.



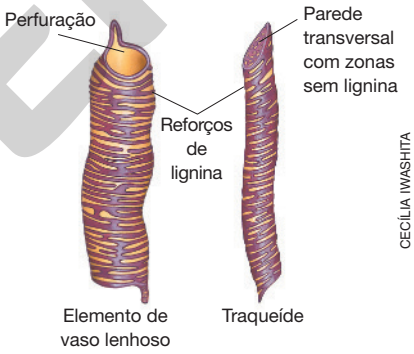
JANE E. KRAUSS/IBUSP

Figura 6 Fotomicrografia de corte transversal do caule de uma planta angiosperma mostrando as células vivas do colênquima com reforços de celulose. (Microscópio óptico; aumento ≃ 200×; cores meramente ilustrativas.)

Tecidos condutores de seiva

As plantas vasculares, ou traqueófitas, apresentam dois tecidos condutores de seiva: o xilema, que conduz a seiva mineral (água e sais minerais) da raiz para as folhas, e o floema, que conduz a seiva orgânica, uma solução de substâncias orgânicas produzidas nas folhas, para as diversas partes da planta.

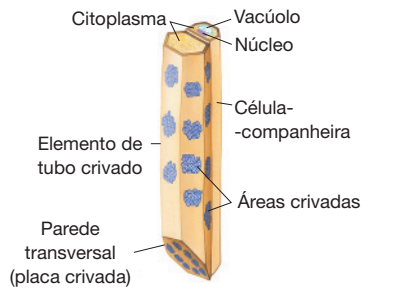
O **xilema** é composto basicamente de dois tipos de elementos condutores: **traqueídes** e **elementos de vaso lenhoso**. Ambos são constituídos de células mortas, das quais restaram apenas as paredes celulares espessas e impregnadas de lignina. Também fazem parte do xilema elementos não diretamente envolvidos na condução de seiva, como fibras, células parenquimáticas e células secretoras (Fig. 7).



CECÍLIA IWASHITA

Figura 7 Representações esquemáticas de um elemento de vaso lenhoso e de uma traqueíde, componentes do xilema. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

O **floema**, também chamado líber (do latim *liber*, parte interna da casca), é constituído de dois tipos de elementos condutores da seiva orgânica: as **células crivadas** e os **elementos de tubo crivado**. Há também fibras e células acessórias que participam do transporte de seiva orgânica. Os elementos condutores do floema são células vivas mas que perderam o núcleo e a maior parte das organelas citoplasmáticas, restando nelas apenas retículo endoplasmático não granuloso, mitocôndrias e alguns plastos. As células condutoras floemáticas são nutridas por células acessórias (células companheiras e células albuminosas) (Fig. 8).



JURANDIR RIBEIRO

Figura 8 Representação esquemática de um elemento condutor de seiva orgânica, o floema. A ilustração mostra um tubo crivado e uma célula companheira. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptadas de RAVEN, P. H. *et al. Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

As células crivadas e os elementos de tubo crivado recebem essa denominação por apresentarem em suas paredes regiões com grande número de poros; tais regiões, por lembrarem um chuveiro, são denominadas áreas crivadas (crivos são os orifícios do chuveiro). Os poros das áreas crivadas são atravessados por finas pontes citoplasmáticas, os **plasmodesmos**, que se comunicam com células vizinhas ao floema.

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

MODERNA

3. Organização corporal das plantas angiospermas

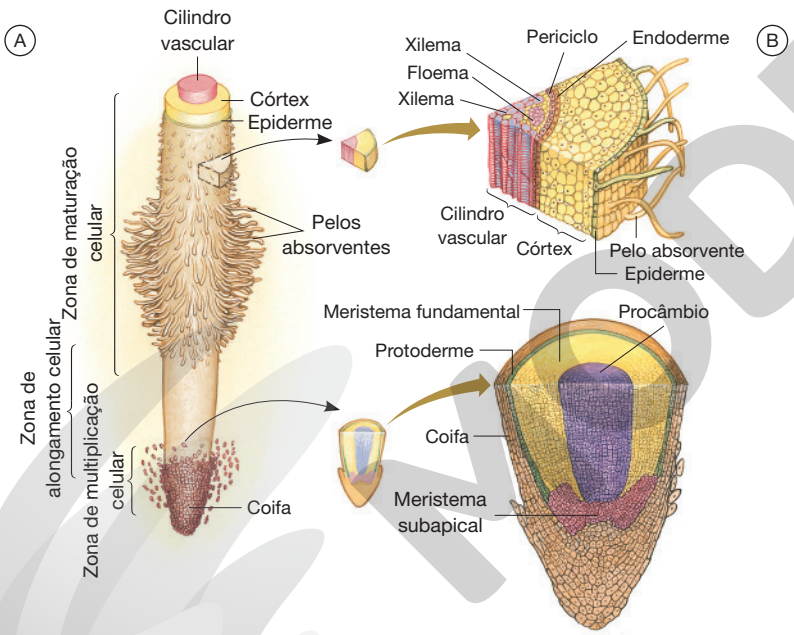
À medida que o desenvolvimento embrionário prossegue e a diferenciação dos tecidos vegetais progride, ocorre a **morfogênese** (do grego *morphe*, forma, e *genese*, origem), processo em que se formam a raiz, o caule e as folhas da nova planta.

Raiz

A extremidade de uma raiz é envolta por uma estrutura celular em forma de capuz, a **coifa** (do latim *cofia*, espécie de gorro). A coifa protege a zona de multiplicação celular, constituída basicamente pelo meristema subapical, do atrito com as partículas do solo que poderiam danificá-lo.

Na parte interna da raiz, as células originadas pelo meristema começam a amadurecer e a se diferenciar em córtex e cilindro central. Na parte externa dessa região de maturação celular, forma-se a epiderme, na qual há grande quantidade de **pelos absorventes**, que são projeções tubulares de células epidérmicas recém-diferenciadas.

Internamente ao córtex, na região em que as células amadurecem, diferencia-se uma camada celular em forma de cilindro, a **endoderme** (do grego *endon*, dentro, e *derma*, pele), que delimita a região interna da raiz. A endoderme é constituída de células bem encaixadas entre si e dotadas de reforços em forma de cinta, as **estrias de Caspary**, que formam uma faixa contínua nas paredes laterais das células endodérmicas, vedando completamente os espaços entre elas. Qualquer substância, mesmo a água, para penetrar no cilindro interno onde estão os vasos condutores tem necessariamente que atravessar a membrana e o citoplasma das células endodérmicas, o que possibilita à planta controlar o fluxo de substâncias e a composição da seiva transportada pelos vasos condutores (Fig. 9).



JURANDIR RIBEIRO

Figura 9 (A) Representação da ponta de uma raiz mostrando suas diversas regiões e a coifa. (B) Representações da extremidade e da porção superior da zona de maturação celular da raiz, em corte, mostrando a organização interna dos tecidos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al. Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Internamente à endoderme, ocupando toda a região central da raiz, há o **cilindro vascular**, também chamado de **cilindro central**, cujos principais componentes são os tecidos condutores de seiva. O xilema localiza-se mais internamente e o floema, em posição mais periférica do cilindro central. Este é delimitado por um tecido denominado **periciclo** (do grego *peri*, ao redor, e *kyklos*, círculo). O periciclo é constituído de uma ou algumas camadas de células capazes de se desdiferenciar readquirindo assim a capacidade de multiplicação por mitose. O periciclo dá origem às raízes laterais, provenientes, portanto, de regiões internas da planta.

Caule

A função básica do **caule** é interligar raízes e folhas, tanto do ponto de vista estrutural quanto do funcional. Além de constituir a estrutura física em que se inserem raízes e folhas, o caule é o responsável pelo transporte de água, sais minerais e substâncias orgânicas entre esses órgãos.

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

MODERNA

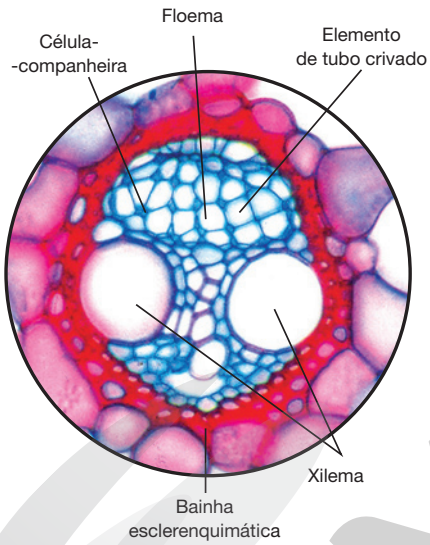
A parte mais jovem do caule é o ápice, onde ocorre continuamente a multiplicação das células do **meristema apical**, responsável pelo crescimento em extensão da planta. À medida que o caule cresce vão surgindo, de espaços a espaços, **primórdios foliares**, estruturas precursoras de folhas em que há células meristemáticas.

Na junção de cada primórdio foliar com o eixo caulinar há um grupo de células meristemáticas derivadas diretamente dos meristemas embrionários. Essas células formam **gemas laterais**, ou axilares. Essas gemas permanecem em estado de dormência até que, em certas condições, entram em atividade e produzem ramos laterais (Fig. 10).

As células geradas pela atividade do meristema apical do caule originam os três tipos básicos de meristema – protoderme, meristema fundamental e procâmbio –, a partir dos quais se diferenciam, respectivamente, a epiderme, o córtex e os tecidos condutores de seiva caulinares.

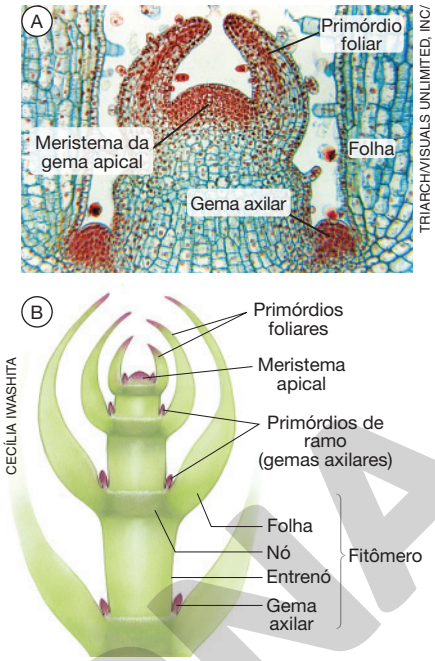
Em plantas ainda jovens, os tecidos condutores organizam-se em feixes espalhados pelo interior do caule. Esses feixes, denominados **feixes liberolenhosos**, contêm floema na região voltada para o exterior da planta e xilema na região voltada para o interior dela (Fig. 11).

Os componentes dos feixes liberolenhosos surgem do procâmbio, tecido meristemático que permanece entre o xilema e o floema. O procâmbio possibilita a contínua formação de novos elementos xilemáticos voltados para o interior do caule e de novos elementos floemáticos voltados para o exterior dele.



JANE E. KRAUSS/IBUSP

Figura 11 Fotomicrografia de um feixe liberolenhoso do caule da monocotiledônea *Cyperus papyrus*, o papiro, em corte transversal (Microscópio fotônico; aumento ≈ 330×; cores artificiais.)



TRIARCH/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

CECÍLIA IWASHITA

Figura 10 (A) Fotomicrografia do ápice caulinar de *Coleus* sp. em corte longitudinal. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 150×; cores meramente ilustrativas.) (B) Representação esquemática da organização geral de um caule. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al. Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

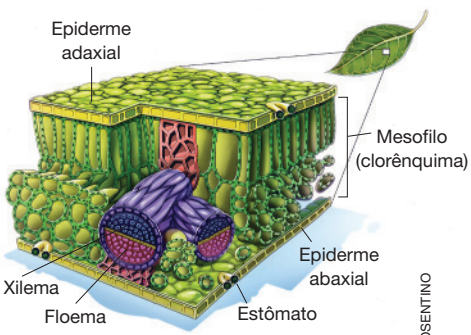
Folha

As **folhas** são estruturas laminares altamente adaptadas à captação de luz; elas se desenvolvem a partir dos tecidos meristemáticos presentes nos primórdios foliares. O tipo mais comum de folha tem uma área laminar alargada, a **lâmina foliar**, e um pedúnculo, o **pecíolo**, pelo qual a folha se prende ao ramo caulinar.

A folha é totalmente revestida pela epiderme, a qual produz a **cutícula**, camada impermeabilizante localizada sobre a epiderme. As trocas gasosas entre a folha e o ambiente são realizadas por meio dos **estômatos**, presentes principalmente na face inferior da folha.

A parte interna da lâmina foliar, compreendida entre as epidermes superior e inferior, é o **mesofilo** (do grego *mesos*, meio, e do latim *folia*, folha). O mesofilo é preenchido por um tecido parenquimático com células dotadas de cloroplastos, o **parênquima clorofiliano**, ou clorênquima.

Os tecidos condutores da folha estão agrupados em feixes, muitas vezes associados a tecidos de sustentação, formando as **nervuras foliares**. Os feixes condutores da folha são prolongamentos dos feixes liberolenhosos do caule, neles o xilema está voltado para a face superior da folha (adaxial) e o floema está voltado para a face inferior (abaxial) (Fig. 12).



NELSON COSENTINO

Figura 12 Representação esquemática tridimensional de uma folha em corte apresentando sua estrutura interna. (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.

MODERNA

4. Fisiologia das plantas angiospermas

Nutrição das plantas: fotossíntese e nutrientes minerais

As plantas são seres autotróficos fotossintetizantes. A **fotossíntese** é o processo bioquímico por meio do qual plantas, algas e bactérias fotossintetizantes convertem gás carbônico (CO_2) e água (H_2O) em moléculas orgânicas, liberando gás oxigênio (O_2) como subproduto. A energia para essa conversão é proveniente da luz.

Uma substância essencial à fotossíntese é a **clorofila**, presente em todos os organismos fotossintetizantes. A clorofila absorve energia luminosa, principalmente nas faixas correspondentes às cores azul e vermelha do espectro de radiações eletromagnéticas provenientes do Sol. Os comprimentos de onda de luz menos absorvidos pela clorofila correspondem ao verde, daí a cor verde desse pigmento fotossintetizante, que reflete comprimentos de onda correspondentes a essa faixa do espectro luminoso visível. (Fig. 13).

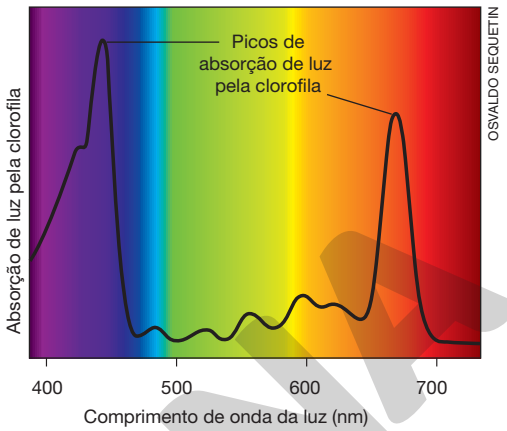


Figura 13 Gráfico que mostra as quantidades relativas de energia absorvida pela clorofila em cada comprimento de onda das radiações visíveis (luz).

A fotossíntese é afetada por diversos fatores, entre os quais se destacam a concentração de gás carbônico no ar, a temperatura e a intensidade da luz que incide na planta. Na presença de luz, a planta faz fotossíntese, consumindo gás carbônico e produzindo gás oxigênio; a maior parte do gás oxigênio produzida é eliminada para a atmosfera por meio dos estômatos, geralmente presentes nas folhas, embora também ocorram em caules fotossintetizantes. Ao mesmo tempo que faz fotossíntese, a planta também respira, utilizando para isso parte do gás oxigênio produzido na fotossíntese. Ao respirar, a planta libera moléculas de gás carbônico, que também são utilizadas na fotossíntese.

Na ausência de luz, a planta para de fazer fotossíntese, mas não para de respirar. Uma vez que os estômatos se fecham à noite, a planta utiliza gás oxigênio acumulado no mesofilo durante o dia para a respiração celular. O gás carbônico liberado nesse processo acumula-se no mesofilo e será rapidamente consumido na fotossíntese tão logo a planta receba luz.

Sob determinada intensidade luminosa, as taxas de fotossíntese e de respiração se equivalem; nesse ponto, todo o gás oxigênio liberado na fotossíntese é empregado na respiração, assim como todo o gás carbônico produzido na respiração é utilizado na fotossíntese. A intensidade luminosa em que fotossíntese e respiração se equivalem é chamada de **ponto de compensação fótico**, ou ponto de compensação luminosa (Fig. 14).

Para crescer as plantas precisam receber, pelo menos durante algumas horas do dia, intensidade luminosa superior à de seu ponto de compensação fótico. Nesse caso haverá maior taxa de produção de substâncias orgânicas na fotossíntese do que a taxa consumida na respiração, restando matéria orgânica para o crescimento da planta.

O ponto de compensação fótico varia entre as espécies. Plantas com pontos de compensação fótico elevados só conseguem viver em locais de alta luminosidade, sendo por isso chamadas de plantas **heliófilas** (do grego, *helios*, sol, e *philos*, amigo), ou plantas de sol. Espécies com pontos de compensação fótico baixos podem viver em ambientes sombreados, sendo por isso chamadas de plantas **umbrófilas** (do latim, *umbra*, sombra, e *philos*, amigo), ou plantas de sombra.

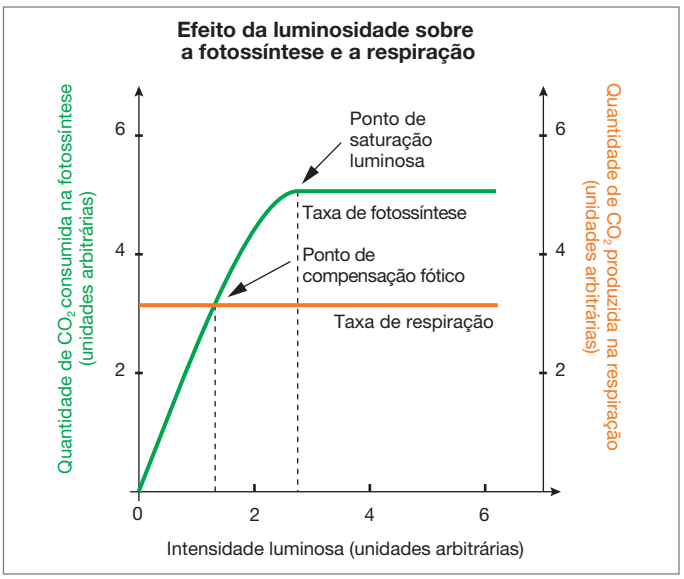


Figura 14 Gráfico que mostra o efeito da luminosidade sobre as taxas de fotossíntese e de respiração de uma planta.

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

MODERNA

O organismo vegetal necessita de diversos elementos químicos essenciais ao funcionamento de suas células; estes são absorvidos do solo, onde se encontram na forma de **sais minerais**.

Há elementos químicos de que a planta necessita em quantidades relativamente grandes, e que por isso são chamados de **macronutrientes**. Elementos necessários em quantidades relativamente menores são denominados **micronutrientes**. Se faltar à planta algum elemento químico essencial, ela pode apresentar sintomas específicos da deficiência. Se faltar magnésio, por exemplo, as folhas ficam amareladas, em virtude da diminuição na produção de clorofila (Tabela 2).

TABELA 2 ELEMENTOS QUÍMICOS ESSENCIAIS ÀS PLANTAS*

MACRONUTRIENTES	MICRONUTRIENTES
Hidrogênio (H)	Cloro (Cℓ)
Carbono (C)	Ferro (Fe)
Oxigênio (O)	Boro (B)
Nitrogênio (N)	Manganês (Mn)
Fósforo (P)	Sódio (Na)
Cálcio (Ca)	Zinco (Zn)
Magnésio (Mg)	Cobre (Cu)
Potássio (K)	Níquel (Ni)
Enxofre (S)	Molibdênio (Mo)
Silício (Si)	

* Por ordem de requerimento.

Fonte: adaptada de TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*. Connecticut: Sinauer Associates, 2002.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Suponha um ambiente cuja luminosidade seja intermediária entre os valores correspondentes aos pontos de compensação fótico de uma planta de sombra e de uma planta de sol. Se as duas plantas forem mantidas nesse ambiente, pode-se prever que

1. c

a) ambas crescerão bem.
b) a planta de sol crescerá bem, mas a planta de sombra será prejudicada.
c) a planta de sombra crescerá bem, mas a planta de sol será prejudicada.
d) ambas serão prejudicadas.

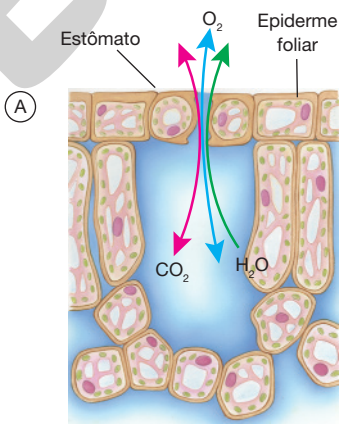
Absorção e condução da seiva mineral

A água e os sais minerais penetram na planta pelas extremidades das raízes, principalmente através dos pelos absorventes. Após atravessar a endoderme e chegar ao cilindro central, a solução aquosa de sais minerais penetra nos vasos do xilema, onde passa a constituir a **seiva mineral**, ou seiva xilemática.

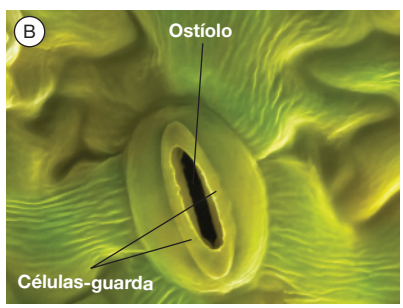
A hipótese que explica o deslocamento da seiva mineral denomina-se **hipótese da coesão-tensão**, também chamada de hipótese de Dixon. De acordo com ela, a seiva mineral é arrastada das raízes até as folhas por forças geradas basicamente pelo fenômeno de transpiração foliar. **Transpiração** é a perda de água em forma de vapor que ocorre pela superfície corporal de um ser vivo. As células das folhas, quando perdem água por transpiração foliar, ficam com o citoplasma mais concentrado e a pressão osmótica aumentada, o que as leva a absorver água das células vizinhas. Estas, por sua vez, absorvem a seiva mineral do interior dos vasos xilemáticos, forçando a coluna líquida a subir por eles, desde a raiz até as folhas. Calcula-se que a tensão criada pela transpiração seja suficiente para elevar as colunas de água nos vasos xilemáticos a cerca de 160 m de altura.

A transpiração das plantas ocorre principalmente pelos estômatos. Um **estômato** (do grego *stoma*, boca) é formado por duas células epidérmicas de forma arqueada, ricas em cloroplastos, denominadas **células estomáticas**, ou células-guarda. Entre elas há um orifício denominado **ostíolo** (do latim *ostiolu*, pequena porta), que permite trocas gasosas entre a planta e o ambiente quando o estômato está aberto (Fig. 15).

A abertura e o fechamento do estômato dependem do grau de inchação, que os botânicos denominam **turgor**, ou turgidez, das células-guarda do estômato. Se elas absorverem água e ficarem túrgidas, o ostíolo se abre. Se elas perderem água e tornarem-se flácidas, o ostíolo se fecha. Esse comportamento, em que o grau de turgidez controla a abertura e o fechamento do estômato, deve-se à disposição estratégica das fibras de celulose na parede das células estomáticas.



JURANDIR RIBEIRO



POWER AND SYRED/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 15 (A) Representação de um corte transversal de folha que mostra o intercâmbio de gases pelo estômato. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas) (B) Fotomicrografia em vista frontal de um estômato (Microscópio eletrônico; aumento ≃ 1.000×; cores meramente ilustrativas.)

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

MODERNA

A abertura e o fechamento dos estômatos são regulados por diversos fatores, entre eles a luminosidade ambiental, a concentração de gás carbônico no ar e o suprimento de água disponível no solo para as raízes (Tabela 3).

TABELA 3 FATORES ENVOLVIDOS NA ABERTURA E NO FECHAMENTO DOS ESTÔMATOS

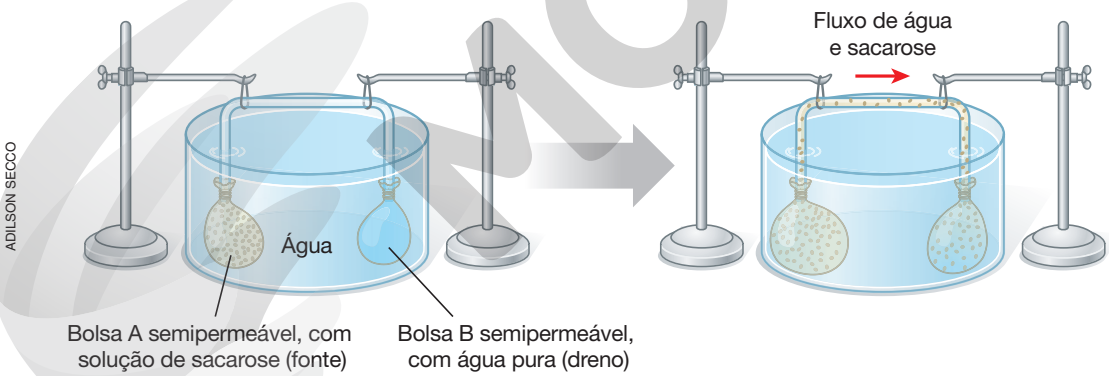
CONDIÇÕES AMBIENTAIS		COMPORTAMENTO DO ESTÔMATO
Intensidade luminosa	Alta	Abre
	Baixa	Fecha
Concentração de CO_2	Alta	Fecha
	Baixa	Abre
Suprimento de água	Alto	Abre
	Baixo	Fecha

Produção e condução da seiva orgânica

A solução de substâncias orgânicas produzidas nas folhas por meio da fotossíntese é denominada **seiva orgânica**, ou seiva floemática, sendo distribuída por toda a planta pelo floema. As substâncias orgânicas que alimentam a planta deslocam-se das células em que são produzidas (ou em que estão armazenadas) para as células em que serão utilizadas. O mecanismo de deslocamento da seiva orgânica pelo floema é explicado pela **hipótese do fluxo de massa**, também chamada de hipótese do desequilíbrio osmótico.

Segundo essa hipótese, nas regiões de produção ou de armazenamento de substâncias orgânicas, chamadas de locais-fontes, há células especializadas do floema que bombeiam ativamente substâncias orgânicas solúveis, principalmente a sacarose, para o interior dos elementos floemáticos. Esse bombeamento faz a pressão osmótica dentro dos vasos ficar maior do que nas células adjacentes; consequentemente os vasos floemáticos passam a absorver água por osmose. O ingresso de água nos elementos floemáticos cria um fluxo que arrasta as moléculas orgânicas em direção a seus locais-destinos, onde elas são absorvidas e utilizadas pelas células consumidoras, denominadas tecnicamente de células-drenos, uma vez que não produzem nem armazenam substâncias orgânicas. (Fig. 16)

A absorção ativa de substâncias orgânicas pelas células-drenos faz com que a pressão osmótica diminua no interior dos elementos floemáticos próximos; mantém-se, portanto, o desequilíbrio osmótico, que possibilita o contínuo transporte de substâncias orgânicas às células consumidoras.



ADILSON SECCO

Figura 16 Modelo físico da hipótese do fluxo de massa para explicar o deslocamento da seiva orgânica nos elementos condutores do floema. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Dialogando com o texto Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Todas as células de uma planta estão conectadas por finos filamentos de citoplasma chamados de plasmodesmos, que atravessam os poros presentes nas paredes das células vegetais. Assim, em um tecido como o floema, há um citoplasma em continuidade entre as células das folhas e das raízes e destas entre si. Seu desafio, nesta atividade, é pesquisar sobre o papel dos plasmodesmos (tanto em livros como na internet) e analisar o modelo físico que explica a condução floemática, identificando nele o que corresponderia aos plasmodesmos anteriormente mencionados e explicando o porquê.

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

MODERNA

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. No século XVII, o médico e fisiologista flamengo Jan Baptista van Helmont (1577-1644) realizou o seguinte experimento: em um vaso colocou 190 kg de terra bem seca, molhando-a em seguida, e nela plantou uma estaca de salgueiro com 2,25 kg. Colocando uma tampa sobre o vaso, ele impediu que a poeira do ar se depositasse sobre o vaso, que foi regado diariamente, durante cinco anos.

Depois desse tempo, a estaca havia se transformado em um arbusto com 76 kg e a terra do vaso, depois de seca, pesou 189,94 kg. Van Helmont concluiu que o aumento de massa da planta se devia quase totalmente à água e que os constituintes do salgueiro, embora diferentes da água, tinham sua origem nela.

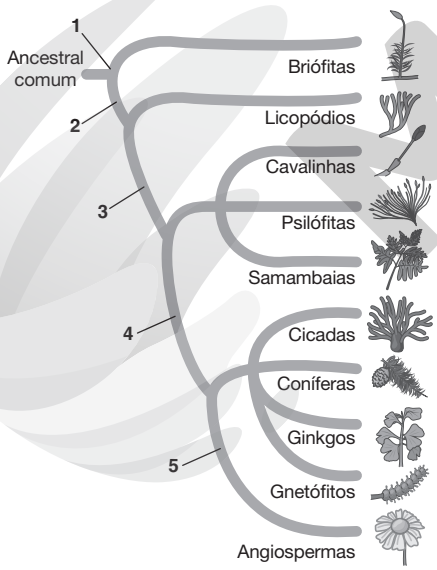
a) Com base no que se sabe atualmente sobre a fisiologia das plantas, como podemos explicar os resultados obtidos por van Helmont?

b) Como se pode explicar o desaparecimento de 60 g da terra original?

2. Duas plantas da mesma espécie são submetidas às seguintes situações: a) ambiente bem iluminado e, em determinado momento, o suprimento de água no solo torna-se insuficiente; b) ambiente de solo bem irrigado com suprimento de água abundante e, em determinado momento, começa a anoitecer. Qual é o comportamento esperado dos estômatos nessas duas situações? Explique a razão desses comportamentos e especule sobre sua possível importância para a planta.

3. (UPE) Todos os vegetais descendem de algas verdes primitivas, porém a complexidade veio com o tempo. Assim, vamos descrever a figura a seguir.

3. b



ADILSON SECCO

É correto afirmar que as plantas vasculares evoluíram para plantas vasculares com sementes na passagem marcada pelo número

a) 5. **b)** 4. **c)** 3. **d)** 2. **e)** 1.

4. (Unicamp-SP) Muitas vezes se observa o efeito do vento nas plantas, que faz com que a copa das árvores e eventualmente o caule balancem vigorosamente sem, contudo, se romper. No entanto, quando ocorre a ruptura de um ramo, as plantas têm a capacidade de retomar o crescimento e ocupar novamente o espaço deixado pela queda do ramo.

a) Cite e caracterize os tipos de tecidos que promovem a sustentação e a flexibilidade dos ramos e caules.

b) Como se dão o surgimento e o crescimento do novo ramo em plantas danificadas pelo vento?

5. (UFRGS-RS) Em relação às raízes de Angiospermas, é correto afirmar que

5. e

a) são as responsáveis pela nutrição orgânica das plantas.

b) absorvem macronutrientes como o manganês (Mn).

c) têm o câmbio fascicular como o responsável pelo crescimento em altura.

d) apresentam epiderme e mesofilo altamente diferenciado.

e) têm pelos absorventes como os principais responsáveis pela absorção de água e sais minerais.

6. O metabolismo das plantas utiliza, de maneira bastante direta, algumas propriedades físico-químicas da água. Por exemplo, o processo denominado transpiração nada mais é do que a evaporação da água na superfície vegetal. Como é explicado fisicamente o processo de evaporação? O objetivo desta atividade é estudar mais a fundo e de maneira integrada certos processos metabólicos vegetais que se utilizam das propriedades físico-químicas da água. A seguir apresentamos algumas propriedades da água. O desafio é conceituar físico-quimicamente o fenômeno da evaporação, explicando-o e aplicando-o aos aspectos fisiológicos das plantas tratados no livro. Pesquise o assunto em *sites* confiáveis da internet, em livros e peça sugestões a professores de Química e de Física em sua escola. As propriedades citadas são:

a) **A água como solvente** (solubilidade e importância das reações químicas vitais);

b) **O calor específico da água** (relação entre o valor do calor específico e suas implicações no metabolismo das plantas; importância da evaporação na fisiologia da folha e do próprio processo de transporte pelo xilema).

c) **A físico-química da osmose** (aspectos fisiológicos vegetais em que a osmose desempenha papel relevante).

d) **Propriedades de adesão e coesão das moléculas de água** (capilaridade e relação com os fenômenos da condução da seiva).

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

MODERNA

CAPÍTULO 3

GEOMETRIA MOLECULAR E INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

FLORIDASTOCK/SHUTTERSTOCK

O gelo é menos denso que a água em razão do modo com que suas moléculas se organizam.

Sugestão de atividade complementar
No Suplemento do Professor, há uma sugestão de atividade experimental referente ao tema, que pode ser realizada antes do início do capítulo, visando à sondagem de concepções prévias.

Todos os seres vivos precisam de diferentes substâncias para sobreviver. Entre todas essas substâncias, a água é uma das mais importantes, pois, entre outros fatores, apresenta propriedades físicas e químicas que a tornam fundamental para a manutenção da vida na Terra.

Em razão da forte atração entre as moléculas de água, uma grande quantidade de calor é necessária para separá-las durante a ebulição. Por apresentar temperatura de ebulição relativamente elevada, se comparada às temperaturas dos ambientes terrestres, a água existe no estado de agregação líquido na maior parte da superfície da Terra. Na forma líquida, ela possibilita a dissolução de nutrientes, o que facilita a passagem dessas substâncias através das membranas celulares. No interior das células, ela atua como o meio para a maioria das reações químicas. Além disso, as interações entre as moléculas de água permitem que ela escoe com relativa facilidade nos rios e canais, penetre em poros e materiais rochosos, flua por estruturas condutoras no interior de plantas e forme gotas.

A maneira com que as moléculas de água interagem também gera efeitos sobre a sua densidade. Por exemplo, na estrutura cristalina do gelo, as moléculas de água se atraem e se organizam de tal forma que o gelo apresenta maior volume que a água líquida (comparando a mesma massa dessa substância nos estados de agregação líquido e sólido). Isso torna a sua estrutura cristalina menos densa que a da água líquida e, por essa razão, o gelo flutua na água e pode servir de camada isolante térmica na superfície de lagos e rios que abrigam seres vivos.

Neste capítulo, estudaremos as atrações estabelecidas entre as moléculas da água e também entre as moléculas de outras substâncias. Além disso, veremos como essas atrações influenciam propriedades e comportamentos dos materiais. Como ponto de partida, precisamos estudar a geometria de moléculas e, em decorrência desse estudo, será possível perceber como as moléculas interagem.

De olho na BNCC:
- EM13CNT101
- EM13CNT205
- EM13CNT206
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT307
- EM13CNT308
- EM13CH5304
- EM13LP34

PROVA

1. Geometria molecular

Neste capítulo, estudaremos que certas propriedades das substâncias moleculares resultam das interações atrativas entre suas moléculas. Esse estudo requer, entre outros conhecimentos, saber determinar a **geometria molecular**, conceito associado à estrutura tridimensional da molécula.

Uma molécula é constituída de dois ou mais átomos unidos por ligações covalentes, estabelecidas pelo compartilhamento de elétrons. Uma das representações empregadas para uma molécula é a fórmula eletrônica, na qual se representam os símbolos dos elementos químicos cujos átomos constituem a molécula e também os elétrons da camada de valência (última camada da eletrosfera) desses átomos (Fig. 1). Outra representação é a fórmula estrutural, em que cada ligação covalente é representada por um traço (Fig. 2).

A determinação experimental de geometrias moleculares é feita por meio de técnicas experimentais avançadas. Neste item, vamos mostrar como podemos prevê-las utilizando o **modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência** (às vezes, abreviado pela sigla VSEPR, do inglês *valence-shell electron-pair repulsion*).

Para aplicar esse modelo, chamaremos de **domínio eletrônico**:

- qualquer ligação covalente simples (1 par eletrônico compartilhado), dupla (2 pares eletrônicos compartilhados) ou tripla (3 pares eletrônicos compartilhados) estabelecida pelo átomo central da molécula (aquele ligado aos demais); e
- qualquer par eletrônico não ligante (não compartilhado) da camada de valência desse mesmo átomo.

Os domínios eletrônicos são regiões de alta densidade eletrônica que se repelem mutuamente, pois elétrons têm cargas elétricas de mesmo sinal (negativo) e tendem, portanto, a se afastar o máximo possível, fazendo com que os domínios eletrônicos adquiram arranjos como os representados esquematicamente (com o auxílio didático de balões de gás) nas Figuras 3.A, 3.B e 3.C, em que cada balão representa um domínio eletrônico. Unindo os centros imaginários desses balões, obtemos um segmento de reta (Fig. 3.D), um triângulo equilátero (Fig. 3.E) e um tetraedro (Fig. 3.F).

Para determinar a geometria de uma molécula pelo modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, primeiramente elaboramos a fórmula eletrônica da substância e contamos quantos domínios eletrônicos existem ao redor do átomo central da molécula. Há exemplos na primeira coluna da Tabela 1 (veja na próxima página), cujas substâncias representadas são as mesmas da Figura 1. Perceba, analisando a primeira coluna dessa tabela, que **cada** ligação covalente — seja ela simples, dupla ou tripla — e **cada** par eletrônico não ligante é contado, indistintamente, como **um** domínio eletrônico.

A seguir, escolhemos a disposição espacial e distribuímos esses domínios ao redor do átomo central com máximo afastamento entre eles: segmento de reta para 2 domínios eletrônicos, triângulo equilátero para 3 domínios eletrônicos e tetraedro para 4 domínios eletrônicos (segunda coluna da Tabela 1).

Por fim, determinamos a geometria molecular considerando **apenas** a posição relativa dos átomos unidos ao átomo central (terceira coluna da Tabela 1). Neste terceiro passo, não são considerados os pares de elétrons não ligantes, pois enunciar a geometria de uma molécula é indicar qual é a posição relativa dos átomos que a constituem.

Na quarta coluna da Tabela 1, são apresentados modelos moleculares de cada uma das geometrias obtidas. Nesses modelos, com finalidade didática, o *átomo central* foi representado em *roxo* e os *átomos ligantes* (isto é, ligados ao átomo central) foram representados em *laranja*. Além disso, cada vareta representa indistintamente ligação simples, dupla ou tripla.

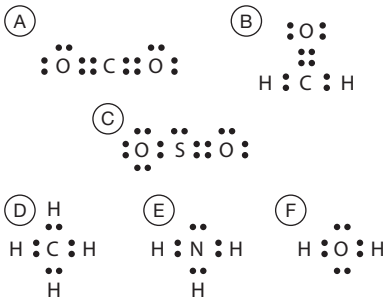


Figura 1 Fórmulas eletrônicas das substâncias (A) dióxido de carbono (CO_2), (B) metanal ou formaldeído (CH_2O), (C) dióxido de enxofre (SO_2), (D) metano (CH_4), (E) amônia (NH_3) e (F) água (H_2O). Neste livro, os elétrons presentes na fórmula eletrônica serão representados por pequenos círculos.

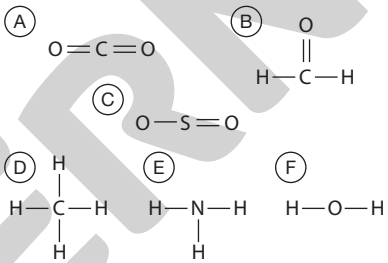


Figura 2 Fórmulas estruturais das mesmas substâncias mencionadas na Fig. 1.

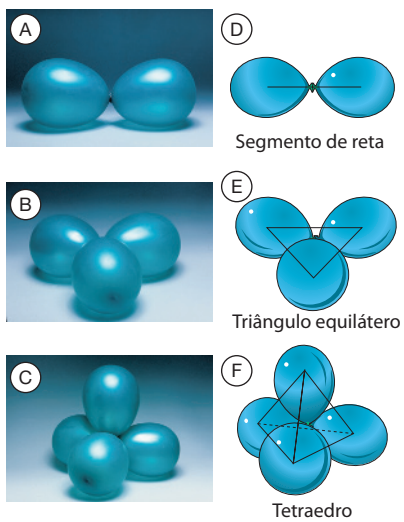


Figura 3 Fotografias em que balões de gás, amarrados entre si pelas bocas, são utilizados para ilustrar a **disposição espacial** de dois (A), três (B) e quatro (C) domínios eletrônicos. A **repulsão** entre os domínios eletrônicos é de **natureza eletrostática** e acarreta o **máximo afastamento** entre eles. (Os balões são empregados **apenas com o intuito de visualização** dos arranjos decorrentes desse máximo afastamento.) (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

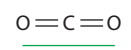
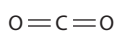
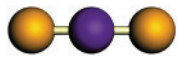
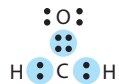
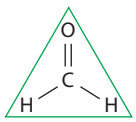
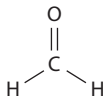
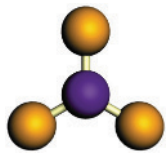
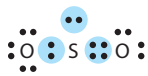
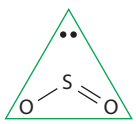
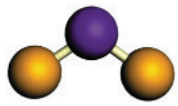
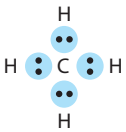
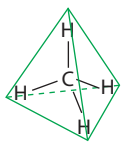
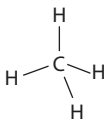
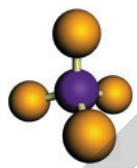
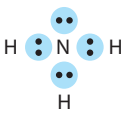
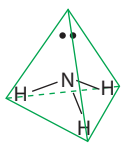
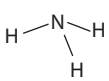
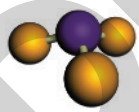
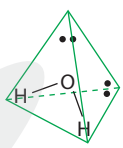
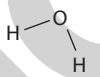
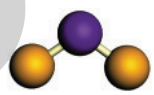
FOTOS: EDUARDO SANTALIESTRA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Tabela 1 Exemplos de utilização do modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (VSEPR) para determinar geometria molecular

1º passo: contagem dos domínios eletrônicos	2º passo: distribuição dos domínios	3º passo: determinação da geometria	Modelo molecular*
2 domínios eletrônicos	 segmento de reta	 linear	
 3 domínios eletrônicos	 triângulo equilátero	 trigonal plana	
 3 domínios eletrônicos	 triângulo equilátero	angular	
 4 domínios eletrônicos	 tetraedro	 tetraédrica	
 4 domínios eletrônicos	 tetraedro	 piramidal	
4 domínios eletrônicos	 tetraedro	 angular	

* Representação de geometrias moleculares estudadas neste capítulo. Cada esfera representa um átomo — átomo central em roxo e átomos ligados a ele (nesse contexto, denominados ligantes) em laranja —, e cada vareta indica uma ou mais ligações covalentes. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

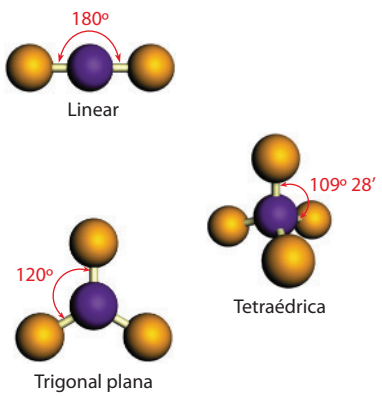
A previsão teórica da estrutura tridimensional de moléculas complexas (com dezenas, centenas ou milhares de átomos) é possível atualmente, mas requer uso de computadores de elevada capacidade de processamento. Com eles, são realizados cálculos que se fundamentam em trabalhos experimentais que elucidaram, ao longo de décadas, a estrutura tridimensional de diversos compostos (Fig. 4).

Ao falar de geometria molecular, costuma-se mencionar **ângulos de ligação** (Fig. 5). Por exemplo, nas moléculas lineares CO_2 e BeF_2, o ângulo de ligação é 180°; na trigonal plana BF_3, os ângulos de ligação são 120°; e, nas tetraédricas CH_4 e CCl_4, são 109°28′.

Na molécula de água (angular) e na de amônia (piramidal), os ângulos entre as ligações são, respectivamente, 104,5° e 107°. Esse fechamento em relação ao ângulo previsto (109°28′) é explicado considerando que cada par eletrônico não ligante, por estar situado apenas no átomo central, e não disperso na região entre dois núcleos, repele muito intensamente os pares eletrônicos das ligações.

CORBIN O'GRADY STUDIO/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 4 A química egípcia Dorothy Mary Crowfoot Hodgkin (1910-1994), em foto de 1989, na Universidade de Oxford (Inglaterra), trabalhou no aprimoramento e na aplicação da técnica denominada difração de raios X com a finalidade de determinar a estrutura de biomoléculas. Entre outras contribuições, Hodgkin desvendou a estrutura tridimensional de esteróis (tipo de lipídio que inclui o colesterol), do antibiótico penicilina (pelo que recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1964), da cobalamina (vitamina B_{12}) e do hormônio insulina. Para esta última determinação, a complexidade da molécula exigiu grande aprimoramento da técnica, o que levou muito tempo; o projeto iniciou-se em 1934 e só foi concluído em 1969.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

Figura 5 Ângulos de ligação em moléculas de geometria linear, trigonal plana e tetraédrica em que o átomo central esteja unido a ligantes iguais. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

MODERNA

Na Química Orgânica, área que estuda os compostos formados por átomos do elemento químico carbono, a maioria das moléculas não apresenta um único átomo central ligado a todos os demais (Fig. 7). Nesses casos, não costuma haver uma terminologia para denominar a geometria da molécula toda, mas podemos descrever a geometria de cada átomo de carbono e seus ligantes.

Para elucidar as diferentes possibilidades, consideremos as moléculas CH_4, CH_2O, HCN e CO_2 (Fig. 6), que apresentam apenas um átomo de carbono. Aplicando a elas o modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, determinamos, respectivamente, as geometrias tetraédrica, trigonal plana, linear e linear. Daí, podemos generalizar que:

- átomo de carbono que estabelece quatro ligações simples forma, com os átomos ligantes, uma estrutura de geometria **tetraédrica**;
- átomo de carbono que estabelece uma ligação dupla e duas simples forma, com os átomos ligantes, uma estrutura de geometria **trigonal plana**;
- átomo de carbono que estabelece uma ligação tripla e uma simples ou duas ligações duplas forma, com os átomos ligantes, uma estrutura de geometria **linear**.

Assim, mesmo em uma molécula mais complexa, os químicos costumam atribuir uma geometria a cada átomo de carbono — tetraédrica, trigonal plana ou linear —, fazendo, com isso, uma referência à maneira como os ligantes estão dispostos ao redor desse átomo de carbono. É importante perceber que a fórmula estrutural plana não mostra necessariamente a real geometria dos átomos de carbono. Essa é percebida em modelos moleculares específicos (Fig. 7).

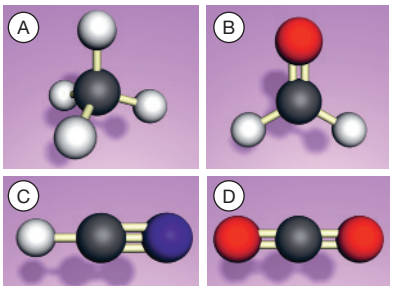
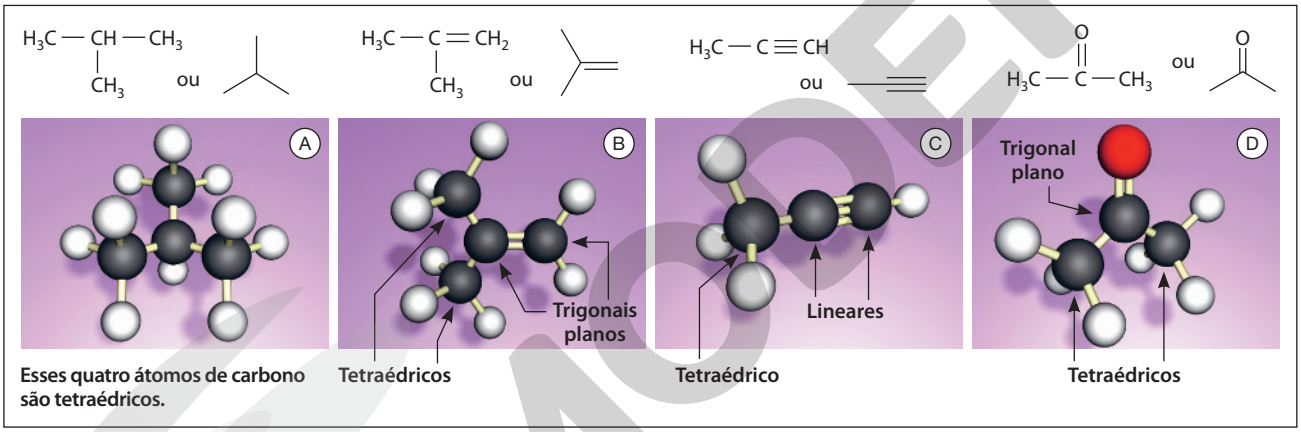


Figura 6 Modelos moleculares de: (A) metano (CH_4); (B) metanal (CH_2O); (C) cianeto de hidrogênio (HCN); e (D) dióxido de carbono (CO_2). Note que a geometria da molécula é tetraédrica em A, trigonal plana em B e linear em C e D. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Figura 7 Fórmulas estruturais, modelos moleculares e indicação da geometria dos átomos de carbono de metilpropano (A), metilpropeno (B), propino (C) e propanona (D), também chamada acetona. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



2. Polaridade de ligações

A atração do núcleo sobre os elétrons de um átomo é de origem eletrostática. Assim como o núcleo de um átomo atrai os elétrons desse átomo, em uma ligação química ele também pode atrair os elétrons de outros átomos a ele ligados. Embora essa atração se dê sobre todo o ambiente eletrônico que circunda um núcleo atômico, é de particular interesse a atração exercida sobre os elétrons das ligações químicas. A grandeza denominada **eletronegatividade** indica a tendência que o átomo de determinado elemento químico apresenta para atrair os elétrons envolvidos em uma ligação química. A eletronegatividade é uma grandeza adimensional (sem unidade).

A eletronegatividade depende de fatores como o número de prótons, pois, quanto maior esse número, mais elevada é a atração que o núcleo exerce sobre os elétrons. Ela também é influenciada pela distância entre os elétrons da camada de valência e o núcleo, pois elétrons da camada de valência são menos intensamente atraídos pelo núcleo. Entre as diversas escalas de eletronegatividade existentes, a mais conhecida foi elaborada pelo químico estadunidense Linus Pauling (1901-1994), mostrada na Figura 8.

1																	
H 2,1	2											13	14	15	16	17	
Li 1,0	Be 1,5											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	
Na 0,9	Mg 1,2											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0	
K 0,8	Ca 1,0											Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8	
Rb 0,8	Sr 1,0											In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5	
Cs 0,7	Ba 0,9											Tl 1,8	Pb 1,9	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2	

< 1,5 | 1,5–1,9 | 2,0–2,9 | 3,0–4,0

Figura 8 Eletronegatividade de alguns elementos químicos. São apresentados os valores propostos por Pauling, com pequenas correções mais recentes.

Fonte dos dados: BROWN, T. L. *et al*. *Chemistry: the Central Science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

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

EM MODERNA

Em uma molécula de HF (Fig. 9.A), embora o par de elétrons da ligação seja compartilhado, ele se encontra mais deslocado no sentido do átomo de flúor, mais eletronegativo, estabelecendo nele uma **carga parcial negativa** (simbolizada por δ–). No átomo de hidrogênio, estabelece-se uma **carga parcial positiva** (simbolizada por δ+). Entre H e F existe uma **ligação covalente polar**, aquela que origina polos elétricos, um negativo e outro positivo. De modo geral, uma ligação covalente será polar sempre que os dois átomos ligados tiverem diferentes eletronegatividades. Na molécula de H_2 (Fig. 9.B), ao contrário, os átomos têm a mesma eletronegatividade e não há polarização da ligação, isto é, não surgem polos elétricos. Dizemos que se trata de uma **ligação covalente apolar**.

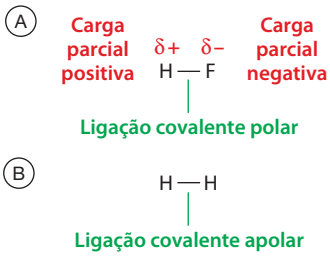


Figura 9 Uma ligação covalente entre elementos de diferentes eletronegatividades é polar (A); a carga parcial negativa (δ–) se estabelece no átomo do elemento mais eletronegativo, e a positiva (δ+) se estabelece no átomo do elemento menos eletronegativo. Já uma ligação covalente entre átomos de igual eletronegatividade é apolar (B), pois não ocorre polarização da ligação.

3. Polaridade de moléculas

Se uma molécula tiver apenas dois átomos (molécula diatômica) e a ligação covalente entre eles for polar, isso fará com que a **molécula** seja **polar**, isto é, ela apresentará polos elétricos (Fig. 10.A). Se, ao contrário, a ligação for apolar, a **molécula** será **apolar** (Fig. 10.B).

Se houver mais de dois átomos, a análise precisará ser mais elaborada. Existem diferentes maneiras de realizá-la, e apresentaremos um método adequado para quando há *um átomo central e até quatro domínios eletrônicos*.

Nesses casos, se todos os domínios eletrônicos forem **idênticos**, haverá simetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central, e a molécula será **apolar** (Fig. 11), pois uma distribuição **simétrica** de carga ao redor do centro da molécula não resulta no estabelecimento de uma extremidade negativa e outra positiva. Por outro lado, se ao menos um dos domínios eletrônicos for **diferente** dos demais (seja um átomo diferente ou um par eletrônico não compartilhado), a **assimetria** do ambiente eletrônico provocará o surgimento de uma região com carga parcial positiva e outra com carga parcial negativa; assim, a molécula será **polar** (Fig. 12).

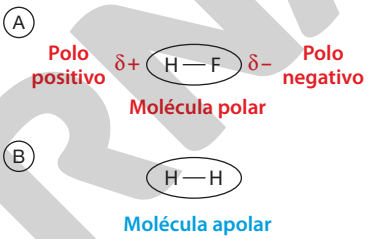


Figura 10 HF é uma molécula polar (A), pois tem polos elétricos: um positivo (no átomo de hidrogênio) e outro negativo (no átomo de flúor). Já H_2 é uma molécula apolar (B).

A relação entre momento de dipolo elétrico permanente e elementos de **simetria molecular** é bem estabelecida na literatura de Física e Química (*e.g.* OZEROV, R. P.; VOROBYEV, A. A. *Physics for chemists*. Oxford: Elsevier, 2007; COTTON, F. A. *Chemical applications of Group Theory*. 3. ed. Nova York: John Wiley, 1990;

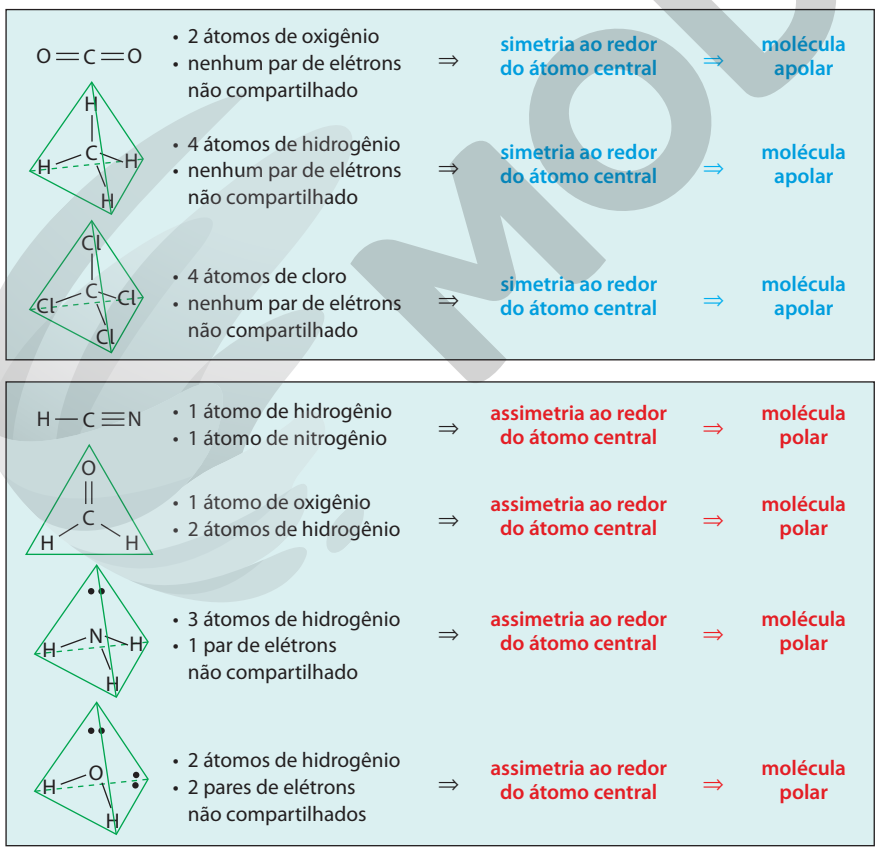


Figura 11 Exemplos de moléculas apolares. Nelas, há simetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central porque todos os domínios eletrônicos são iguais.

LADD, M. *Symmetry and Group Theory in Chemistry*. Chicester: Horwood, 1998; BISHOP, D. M. *Group Theory and Chemistry*. Nova York: Dover, 1993). A justificativa pedagógica pela opção de empregar considerações de simetria molecular para determinação da polaridade de moléculas, em vez da soma vetorial em três dimensões, é que a primeira opção é de mais fácil compreensão pelos estudantes para as moléculas estudadas neste nível de escolaridade.

Figura 12 Exemplos de moléculas polares. Em todas elas, a polaridade molecular é resultado da assimetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central, pois nem todos os domínios eletrônicos são iguais.

Na Química Universitária, existem casos com cinco e seis domínios eletrônicos que correspondem, respectivamente, às hibridações sp^3d e sp^3d^2 do átomo central. Nesses casos, as considerações de simetria aqui apresentadas precisam ser ampliadas para que tenham validade.

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

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

MODERNA

Para moléculas maiores em que não existe apenas um átomo central, realizar uma previsão sobre polaridade é possível, contudo mais complexo. Os químicos dispõem de recursos para determinar experimentalmente se uma substância é polar ou apolar, e é conveniente conhecer alguns resultados importantes:

- são **polares**: metanol (ou álcool metílico, CH_3OH), etanol (ou álcool etílico, CH_3CH_2OH) e propanona (ou acetona, H_3CCOCH_3);
- são **apolares** (ou de polaridade reduzida, praticamente nula): hidrocarbonetos — substâncias formadas exclusivamente por átomos de carbono e hidrogênio (Fig. 13) — e frações derivadas diretamente do petróleo (por exemplo, gasolina, querosene, óleo diesel, óleo lubrificante, vaselina, graxa e parafina, as quais são misturas constituídas majoritariamente de hidrocarbonetos). Também são apolares ceras, óleos e gorduras de origem animal ou vegetal.

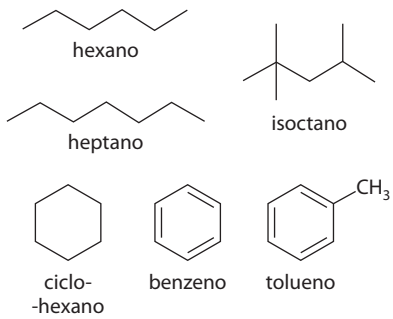


Figura 13 Exemplos de hidrocarbonetos. Esse tipo de substância é constituído somente por átomos de carbono e de hidrogênio e apresenta polaridade nula ou muito pequena, praticamente nula.

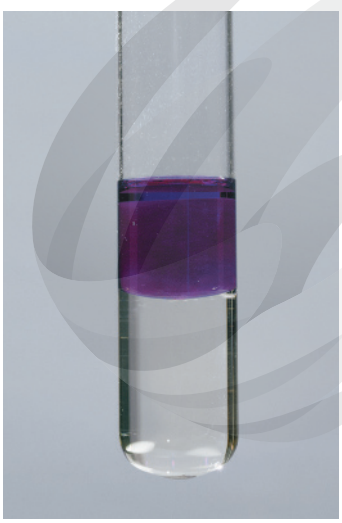
4. Polaridade e solubilidade

Muitas constatações experimentais evidenciaram que substâncias **polares** tendem a se dissolver bem em líquidos **polares** e também que substâncias **apolares** tendem a se dissolver bem em líquidos **apolares**. Não costuma haver tendência de solubilização de substância apolar em líquido polar, tampouco de substância polar em líquido apolar.

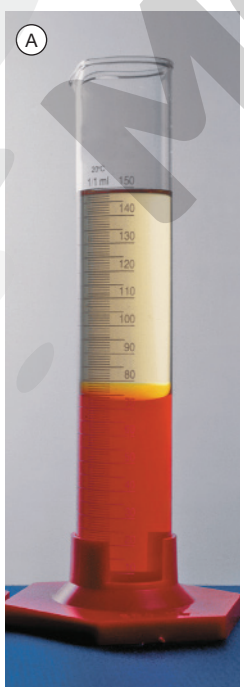
Assim, por exemplo, o iodo (I_2), um sólido apolar, dissolve-se bem no hidrocarboneto ciclo-hexano (C_6H_{12}), líquido apolar, mas não na água, líquido polar. Além disso, ciclo-hexano e água são imiscíveis, constituindo duas fases distintas (Fig. 14).

A água, polar, e o tetracloreto de carbono, apolar, também são líquidos imiscíveis; colocados em um mesmo frasco, constituem duas fases distintas. O bromo (Br_2), líquido apolar, dissolve-se muito melhor na fase apolar (Fig. 15.A). As substâncias iônicas, aquelas constituídas de íons, como é o caso do sulfato de cobre(II) ($CuSO_4$, em que há íons Cu^{2+} e SO_4^{2-}), têm uma afinidade maior por líquidos polares do que apolares e, assim, tendem a se dissolver melhor em água do que em tetracloreto de carbono, por exemplo (Fig. 15.B).

No Capítulo 10, apresentaremos uma visão mais ampla do tema solubilidade, comentando outros fatores determinantes dessa propriedade. Poderemos, então, voltar a esse tema para explicá-lo com mais detalhes conceituais.



ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



DOTTA2

DOTTA2

Figura 14 Tubo de ensaio com fase superior de ciclo-hexano (C_6H_{12}) e iodo (I_2), ambos apolares. O ciclo-hexano é incolor; o roxo se deve ao iodo nele dissolvido. A fase inferior é água, substância polar.

Dialogando com o texto

Os experimentos das Figuras 14 e 15 **NÃO** devem ser realizados pelo estudante. O tetracloreto de carbono é uma substância muito tóxica, e sua inalação ou ingestão altera os sistemas circulatório e nervoso central. Provoca danos no fígado, nos rins e nos pulmões. O bromo (Br_2) é um líquido volátil, castanho-escuro, que provoca ulceração da córnea, queimaduras na pele, dor de cabeça, edema pulmonar e diarreia. O ciclo-hexano é um líquido inflamável que provoca irritação nos olhos, na pele e nas vias respiratórias e narcose.

Tetracloreto de carbono
TÓXICO

Bromo
TÓXICO

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 15 Nas duas provetas, o solvente da fase superior é a água (H_2O, polar) e o da inferior é o tetracloreto de carbono (CCl_4, apolar), ambos incolores. Na proveta da foto (A), foi colocado bromo (Br_2, apolar), que se dissolve predominantemente na fase apolar, conferindo-lhe a cor alaranjada. Uma pequena porção do Br_2 permanece dissolvida na fase aquosa, resultando na leve coloração laranja dessa fase. Na proveta da foto (B), foi adicionado sulfato de cobre(II) ($CuSO_4$, constituído de íons Cu^{2+} e SO_4^{2-}), que se dissolve preferencialmente na fase polar, dando-lhe cor azul.

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

MODERNA

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Trabalhando em equipes, pesquisem casos de derramamento de petróleo no mar, acidentes com a característica da imiscibilidade do poluente com a água (Fig. 16). Escolham exemplos graves, incluindo ocorrências no Brasil, e selecionem dados e imagens que ilustrem as consequências.

Imaginem-se desenvolvedores de aplicativos para celular e outros dispositivos. Que características um aplicativo deveria apresentar para mobilizar toda a sociedade no sentido de vigiar e avisar em caso de derramamento de petróleo no mar? Como isso poderia contribuir para minimizar danos ambientais? Haveria necessidade de geolocalização? E integração com redes sociais e órgãos de fiscalização e proteção? Que outras irregularidades causadoras de problemas ambientais poderiam ser percebidas pela população e imediatamente denunciadas às autoridades por meio do aplicativo?

Agora, imaginem que vocês vão apresentar essa ideia a investidores para convencê-los a entrar com recursos financeiros para o desenvolvimento do aplicativo. Gravem um vídeo que apresente a proposta, motivando-os a financiar o projeto. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.) Utilizem, nessa fase, argumentos fundamentados na pesquisa que fizeram.

Postem o vídeo nas redes sociais (esclarecendo em que contexto foi produzido), a fim de compartilhar com a comunidade as ideias da equipe e estimular ações de mobilização em prol da conservação ambiental.

TIAGO CALDAS/FOTOARENA

Figura 16 Trabalho de limpeza de óleo na Praia de Pirituba (Salvador, BA, 2019). A contaminação foi resultado de derramamento de derivados de petróleo em alto-mar. Transportados pela maré, esses produtos atingiram diversos pontos do litoral brasileiro, matando animais e outras formas de vida, contaminando o ambiente e tornando praias impróprias para banho até serem descontaminadas. Alguns ecossistemas atingidos poderão levar décadas para se recompor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. Alguns estudantes de Ensino Médio visitavam uma feira de produtos para o lar e viram, pendurados em exposição, alguns móbiles decorativos, reproduzidos nas ilustrações abaixo.

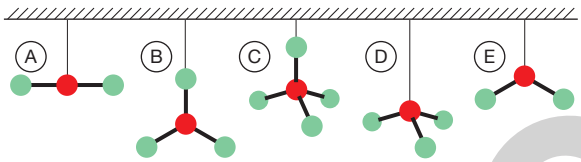


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Imediatamente, perceberam que esses objetos poderiam representar a geometria de algumas moléculas e puseram-se a discutir quais seriam elas. Eles mencionaram CH_4, NH_3, H_2O, CO_2, $COCl_2$, CCl_4, PCl_3, HCN, CS_2, SiH_4 e H_2S.

Associe cada uma das moléculas mencionadas pelos estudantes ao móbile que representa adequadamente sua geometria molecular.

2. O funil de separação (também denominado funil de decantação) é o equipamento de vidro provido de tampa e torneira mostrado na foto ao lado. Ele está encaixado em uma argola de metal presa a um suporte. Explique por que esse equipamento serve para fracionar (separar) uma mistura de óleo de cozinha e água, mas não uma de acetona e água. Inclua argumentos referentes às propriedades moleculares relevantes para a explicação.

RABBITMINDPHOTO/SHUTTERSTOCK

3. Para realizar determinado procedimento de laboratório, uma química precisa utilizar ciclo-hexeno (C_6H_{10}) dissolvido em um líquido apropriado. Para dissolver essa substância, ela dispõe de dois líquidos, água e octano (C_8H_{18}). Acertadamente, ela optou por um deles. Explique qual foi a escolha e apresente uma argumentação que a embase.

4. Um tecido de valor histórico contém uma pequena mancha de graxa. Uma restauradora, incumbida de removê-la, pode optar por esfregar gentilmente a parte atingida com um algodão embebido em heptano (C_7H_{16}) ou etanol (CH_3CH_2OH), líquidos que evaporarão do tecido após o procedimento. Qual deles a restauradora deve preferir? Por quê?

5. (Enem) Em um laboratório de química foram encontrados cinco frascos não rotulados, contendo: propanona, água, tolueno, tetracloreto de carbono e etanol. Para identificar os líquidos presentes nos frascos, foram feitos testes de solubilidade e inflamabilidade. Foram obtidos os seguintes resultados:

5. c

- Frascos 1, 3 e 5 contêm líquidos miscíveis entre si;
- Frascos 2 e 4 contêm líquidos miscíveis entre si;
- Frascos 3 e 4 contêm líquidos não inflamáveis.

Com base nesses resultados, pode-se concluir que a água está contida no frasco

a) 1. **c)** 3. **e)** 5.
b) 2. **d)** 4.

6. Apresente os argumentos que o conduziram à resposta da atividade anterior.

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

MODERNA

5. Interações intermoleculares

Quando uma substância molecular está na fase gasosa, as moléculas ficam bastante separadas, movimentando-se com muita liberdade. Na fase líquida, elas se encontram mais próximas e passam a ter maior interação umas com as outras, movimentando-se com menor liberdade. Na fase sólida, as moléculas estão bem organizadas, interagindo mais intensamente e com seu movimento restrito a oscilações ao redor de posições relativamente bem definidas. Um dos fatores responsáveis pelas moléculas ficarem mais próximas nas fases sólida e líquida são interações de atração mútua entre elas, chamadas **interações** (ou **forças**) **intermoleculares**. Vejamos três tipos importantes dessas interações.

Uma molécula de HCl é polar em razão da diferença de eletronegatividade entre seus átomos. Dizemos que moléculas polares, como essa, apresentam **dipolo elétrico**. Entre moléculas de HCl próximas, o polo negativo (δ –) de uma atrai eletrostaticamente o polo positivo (δ +) de outra, e vice-versa. Essa força de atração entre os polos elétricos de moléculas polares é chamada de **interação dipolo-dipolo**, ou **interação dipolo permanente-dipolo permanente** (Fig. 17), e é responsável por manter a proximidade, nas fases líquida e sólida, das moléculas de substâncias polares como HCl, HBr, HI, H_2S, H_2Se, H_2Te, PH_3, AsH_3, SbH_3 e H_3CCOCH_3 (acetona).

Os átomos de flúor (F), de oxigênio (O) e de nitrogênio (N) são muito eletronegativos. Quando estão ligados a um átomo de hidrogênio, há grande polarização dessa ligação. O polo positivo estabelecido no átomo de hidrogênio é tão intenso que ele interage atrativamente com o par de elétrons do átomo de flúor, de oxigênio ou de nitrogênio de outra molécula próxima (Fig. 18). Essa interação entre moléculas recebe o nome de **ligação de hidrogênio**. Trata-se de uma interação **mais forte** do que as do tipo dipolo-dipolo e que ocorre tipicamente entre moléculas que tenham átomo de hidrogênio diretamente ligado a átomo de elemento químico muito eletronegativo (F, O ou N), tais como HF, H_2O, NH_3, CH_3OH (metanol), CH_3CH_2OH (etanol), CH_3NH_2 (metilamina) e CH_3COOH (ácido acético).

Considere, agora, uma molécula apolar. Ela não apresenta dipolo permanente, mas, em dado instante, a distribuição de elétrons na molécula pode deixar de ser uniforme, levando à formação de uma região com maior densidade eletrônica e outra com menor densidade eletrônica. Nesse momento, surgiu um **dipolo instantâneo** (Fig. 19.A), ou seja, por um brevíssimo intervalo de tempo terão se estabelecido dois polos elétricos (um positivo e um negativo) na molécula. O polo positivo desse dipolo instantâneo atrai os elétrons da molécula vizinha, na qual, em razão dessa atração, origina-se um **dipolo induzido** (Fig. 19.B). As extremidades de cargas opostas desses dois dipolos, o instantâneo e o induzido, atraem-se mutuamente, como no caso dos dipolos permanentes. Embora essa situação, denominada **interação dipolo instantâneo-dipolo induzido**, seja temporária, ela se repete indefinidamente, sendo responsável pela interação de moléculas apolares, como H_2, N_2, O_2, F_2, Cl_2, Br_2, I_2, CH_4, SiH_4, GeH_4, SnH_4, hidrocarbonetos e algumas substâncias presentes em materiais como ceras, óleos e gorduras.

As interações dipolo instantâneo-dipolo induzido são também conhecidas como **forças de dispersão de London**, em homenagem ao físico alemão Fritz Wolfgang London (1900-1954). Elas **estão presentes em todas as substâncias**, polares ou apolares, pois distorções momentâneas da densidade eletrônica ocorrem em qualquer molécula. Apesar de **relativamente fracas**, são o único tipo de interação intermolecular entre moléculas apolares, daí sua relevância quando estudamos sistemas com esse tipo de molécula. Alguns autores chamam essas interações de **forças de van der Waals**, embora outros autores usem esse termo como sinônimo de forças intermoleculares em geral. A denominação é um reconhecimento aos estudos de interações intermoleculares realizados pelo físico holandês Johannes Diderik van der Waals (1837-1923).

Abordamos aqui interações intermoleculares em substâncias puras. Daremos atenção às interações intermoleculares em soluções em outros capítulos deste livro, em especial no 10.

As interações íon-dipolo serão comentadas no Capítulo 6, ao tratar da dissociação de eletrólitos em água.

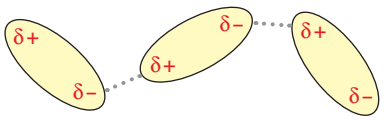


Figura 17 Representação esquemática das interações dipolo-dipolo (em pontilhado cinza), atração eletrostática mútua entre polos de cargas opostas de moléculas polares. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

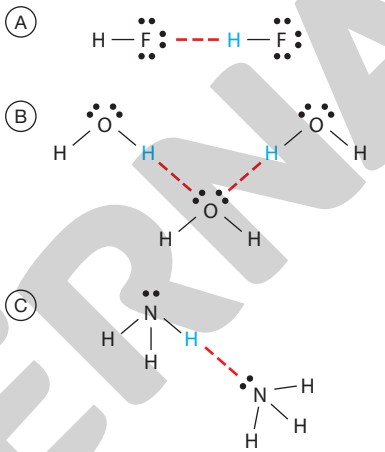


Figura 18 Representação esquemática (em tracejado vermelho) das ligações de hidrogênio no fluoreto de hidrogênio (A), na água (B) e na amônia (C), líquidos ou sólidos. Os átomos de hidrogênio destacados em azul são os envolvidos nas ligações de hidrogênio representadas.

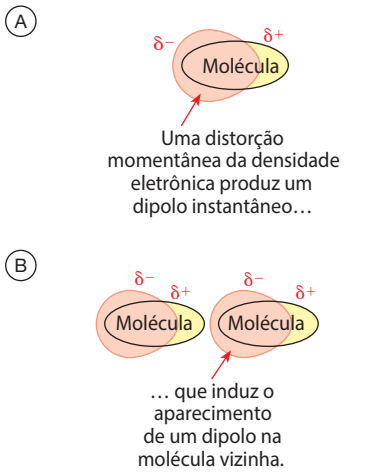


Figura 19 Esquema mostrando a origem das interações intermoleculares do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

ADILSON SECCO

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

EDMODERNA

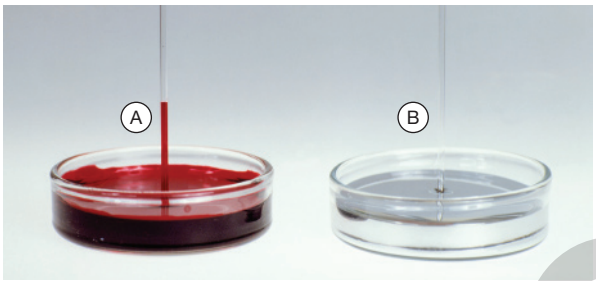
6. Efeitos de interações intermoleculares

Quando uma substância molecular está na fase sólida ou líquida, suas moléculas interagem atrativamente em razão das forças intermoleculares que, nesse contexto, são denominadas **forças de coesão**, já que mantêm as moléculas unidas, coesas. Quando a água evapora, por exemplo, ligações de hidrogênio são rompidas e as moléculas praticamente deixam de interagir atrativamente umas com as outras. Se o vapor de água condensar sobre uma superfície fria (Fig. 20), ligações de hidrogênio voltam a se estabelecer entre as moléculas. Forças intermoleculares também são responsáveis pelas gotas se ligarem à superfície, sendo denominadas, nesse contexto, **forças de adesão**.

MAGICINFOTO/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

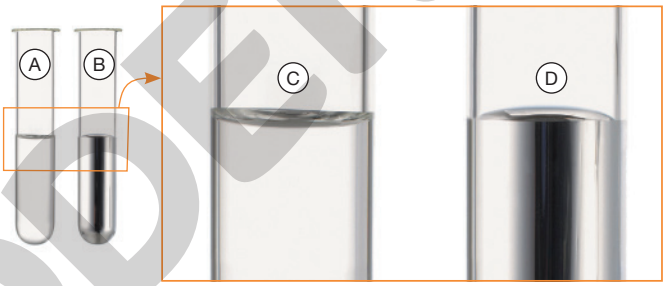
Figura 20 Quando o vapor de água condensa sobre uma superfície de vidro, são estabelecidas ligações de hidrogênio entre suas moléculas (forças de coesão). Interações intermoleculares também são responsáveis pela aderência das gotas à superfície do vidro (forças de adesão).

Se um tubo extremamente fino de vidro, que denominamos capilar (do latim *capillaris*, referente a cabelo), é parcialmente mergulhado na água, verifica-se que o nível do líquido dentro dele sobe (Fig. 21.A, na qual a água contém corante vermelho para visualização). Esse fenômeno, chamado de **ação capilar**, ou **capilaridade**, deve-se, entre outros fatores, ao fato de as forças de adesão entre água e vidro serem mais intensas que as forças de coesão da água (ligações de hidrogênio). Já o mercúrio não sobe pelo capilar (Fig. 21.B) porque as forças de coesão no líquido (as ligações químicas existentes entre seus átomos) são mais intensas que as forças de adesão ao vidro. Essa diferença entre mercúrio e água também se manifesta no formato da superfície do líquido, denominada **menisco**, quando colocado em um tubo de ensaio. O menisco da água tem concavidade voltada para cima, e o do mercúrio, concavidade voltada para baixo (Fig. 22).



SINCLAIR STAMMERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 21 Subida de água (colorida de vermelho para visualização) em um capilar de vidro (A). Com o mercúrio (B), não ocorre essa elevação. Uma observação bem mais próxima revela que o nível do mercúrio, dentro do capilar, está abaixo do externo. (O experimento **NÃO deve ser reproduzido na escola**; o mercúrio e seus vapores são **TÓXICOS**.)



SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 22 Tubos de ensaio contendo água (A) e mercúrio (B). O menisco da água tem concavidade voltada para cima (C) porque a adesão dela ao vidro é mais intensa que a coesão no líquido. No mercúrio, a concavidade do menisco é voltada para baixo (D) porque a coesão é mais intensa que a adesão. O experimento **NÃO deve ser reproduzido na escola**; o mercúrio e seus vapores são **TÓXICOS**.

Se colocarmos, muito delicadamente, um pequeno clipe de aço sobre a superfície da água pura, ele permanecerá na superfície, apesar de ser feito de um material quase oito vezes mais denso do que a água (Fig. 23). A **tensão superficial** é uma propriedade dos líquidos que indica a resistência que sua superfície oferece a ser deformada e que se deve ao fato de as moléculas da superfície não serem igualmente atraídas pelas vizinhas em todas as direções (Fig. 24). A água, em razão das intensas ligações de hidrogênio, apresenta elevada tensão superficial, ou, em outras palavras, sua superfície oferece resistência a ser deformada. Por isso, objetos pequenos e leves, ainda que constituídos de material mais denso do que a água, podem, eventualmente, permanecer na superfície do líquido sem perfurá-la e sem afundar. Veremos, no Capítulo 10, que a presença de sabões ou detergentes diminui a tensão superficial da água.

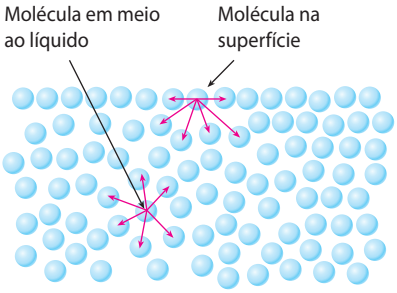
Para certo volume, a esfera é a forma tridimensional cuja área superficial é a menor possível. A elevada tensão superficial da água faz com que sua superfície atue como uma membrana elástica e, assim, uma gota desse líquido tende a adquirir forma esférica (Fig. 25), com a superfície minimamente tensionada. A atuação da força peso provoca o achatamento da gota (Fig. 26), que é tanto mais pronunciado quanto maior for seu volume.

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 23 Um pequeno clipe de aço, se colocado delicadamente sobre a água, não perfura a superfície e não afunda. Esse fenômeno decorre da elevada tensão superficial desse líquido.

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

MODERNA



ADILSON SECCO

Figura 24 Uma molécula em meio ao líquido é atraída por vizinhas em todas as direções. Já uma na superfície só é atraída por vizinhas laterais e inferiores, o que origina a tensão superficial, que será tanto maior quanto mais intensas forem as forças intermoleculares existentes na substância líquida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

UPI/NASA/ALAMY/FOTOARENA

Figura 25 O astronauta estadunidense Clayton Anderson (nascido em 1959), em órbita da Terra (em veículo acoplado à Estação Espacial Internacional, 2010), observa uma gota de água. A tensão superficial tende a fazê-la assumir a forma esférica, que tem a menor relação entre área superficial e volume. Nas circunstâncias da foto, a gota não é achatada como ocorre quando ela está na superfície da Terra.

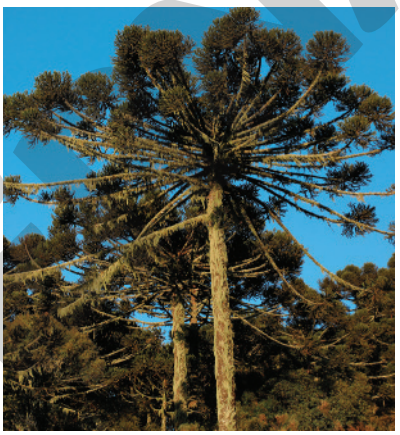
BLICKWINKEL/ALAMY/FOTOARENA

Figura 26 Aves aquáticas espalham nas penas, com o bico, óleo produzido na glândula uropigiana (próxima da cauda). O óleo impermeabiliza as penas, que, ao reterem ar, permitem ao animal flutuar na água. Na foto, gota de água (com largura de 7 mm) sobre penas impermeabilizadas. A gota, submetida à força peso e apoiada na superfície, fica ligeiramente achatada.

As intensas forças de coesão entre as moléculas de água desempenham importante papel na condução da seiva mineral (água e sais minerais nela dissolvidos), da raiz até as folhas das plantas (Fig. 27), no interior dos vasos do xilema (estruturas condutoras de seiva mineral, Capítulo 2). Neles, finas colunas de água podem se manter coesas e atingir até cerca de 160 metros de altura.

Além da tensão superficial, outra propriedade dos líquidos decorrente da intensidade das interações intermoleculares é a **viscosidade**, grandeza relacionada à lentidão de um líquido para escorrer (Fig. 28). Quanto mais intensas as forças atrativas entre as moléculas de um líquido, mais viscoso ele será.

A atuação de alguns fármacos deve-se a interações intermoleculares entre eles e partes específicas do nosso organismo ou de organismos invasores. Nesse contexto, a parte específica com a qual se pretende que o fármaco interaja é denominada alvo do fármaco. Por exemplo, alguns antitérmicos (medicamentos para combater a febre) têm como alvo determinada enzima do nosso organismo, com a qual interagem por forças intermoleculares, inibindo sua atuação e reduzindo, em decorrência disso, o processo febril. Antibióticos, empregados **estritamente sob orientação médica** no combate a infecções bacterianas, têm como alvo enzimas das bactérias invasoras; sua inibição (decorrente de interações intermoleculares entre fármaco e enzima) impede a reprodução bacteriana, combatendo a infecção. Um dos tratamentos, **sob supervisão médica**, para a infecção viral conhecida como varicela, ou catapora, fundamenta-se em um fármaco que inibe uma enzima que o vírus, instalado no interior de células do organismo humano, utiliza para se reproduzir (Fig. 29).



FABIO COLOMBINI

Figura 27 Araucária, árvore que pode chegar a 50 metros de altura. (Urupema, SC, 2019.) As ligações de hidrogênio promovem acentuada coesão das moléculas de água, que é, em parte, responsável pela condução de seiva mineral (água e sais minerais) até as folhas. Sem essas intensas forças de coesão, as árvores não ultrapassariam uma altura de aproximadamente 10 metros.

FASCINADORA/SHUTTERSTOCK

Figura 28 O mel escorre mais lentamente que a água porque é mais viscoso.

AUTOR DESCONHECIDO/CC BY 4.0/WIKIMEDIA COMMONS

Figura 29 A bioquímica estadunidense de ascendência lituana Gertrude Belle Elion (1918-1999), em foto do início da década de 1990. Ela ganhou o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1988 pelo desenvolvimento de princípios ativos de medicamentos. Entre suas contribuições está o primeiro fármaco antiviral bem-sucedido, designado pelo nome genérico aciclovir. Ele é utilizado no tratamento de varicela (catapora), herpes zóster (cobreiro) e herpes simples humana (tipos 1 e 2) e atua inibindo uma enzima que age na reprodução do vírus dentro de células humanas sem afetar, de modo significativo, os processos metabólicos do organismo humano.

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

PROIBIDA

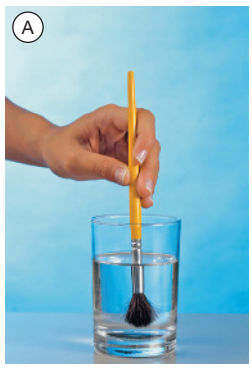
Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

7. Quando um pincel limpo imerso em água (foto A) é retirado dela, as cerdas imediatamente se unem (foto B). Proponha uma explicação para esse fato.

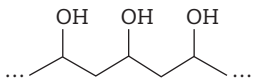
DOTTA2



DOTTA2

8. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos com cerca de oito átomos de carbono na molécula. Que tipo de ligação química mantém as moléculas coesas na gasolina líquida? Inclua, na resposta, explicação sobre a origem dessas forças.

9. Determinada cola consiste de poli(álcool vinílico), polímero que tem a seguinte estrutura:

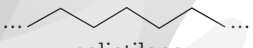


A atuação desse adesivo está relacionada à sua tendência de estabelecer ligações de hidrogênio com materiais de estrutura apropriada.

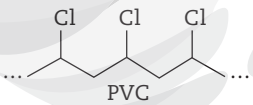
Imagine que você precisa colar:

- as partes de uma caneta de polietileno quebrada;
- a asa de uma caneca de poliestireno;
- um detalhe decorativo de couro sintético (PVC) que caiu de uma jaqueta desse mesmo material;
- tecido de algodão (celulose) para revestir uma caixa de papelão (também celulose).

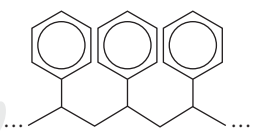
Considerando as estruturas dos materiais envolvidos, mostradas a seguir, deduza qual dessas colagens tem maior chance de sucesso com a cola mencionada. Apresente argumentos que sustentem sua resposta.



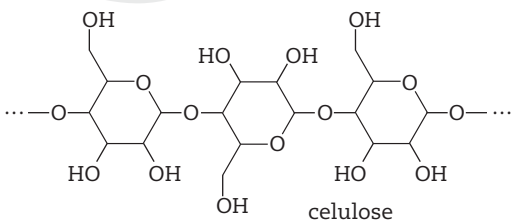
polietileno



PVC



poliestireno



celulose

10. Tecidos de algodão, madeiras e papéis são constituídos do polímero celulose e têm grande afinidade pela água, umedecendo-se com muita facilidade.

a) Considerando a fórmula estrutural da celulose (veja na atividade anterior), argumente por que suas moléculas são tão propensas a interagir atrativamente com moléculas de água.

b) Proponha um esquema da interação envolvida.

11. As pequenas gotas de orvalho aderidas a uma teia de aranha adquirem formato esférico, como na foto.

FABIO COLOMBINI

Gotas de orvalho em teia de aranha. As maiores têm cerca de 1 mm de diâmetro. (Floresta Amazônica, Parque Estadual do Cristalino, Alta Floresta, MT.)

a) Explique por que essas gotículas têm formato esférico. Argumente com base em uma relevante propriedade da água, deixando claro que propriedade é essa e como se origina.

b) Os fios de seda que a aranha produz para tecer sua teia são de uma proteína cuja molécula é muito longa e apresenta diversos grupos C═O e N—H. Fundamentado nessa informação, decida que interações intermoleculares são responsáveis pela adesão da água aos fios da teia e represente-as.

12. Quando gotas de água caem sobre uma superfície recentemente encerada (por exemplo, um piso cerâmico ou a lataria de um automóvel), elas adquirem um formato bem diferente de quando caem sobre uma folha de papel. Elabore um desenho esquemático do formato das gotas em cada caso e proponha uma explicação para a diferença.

13. As superfícies de muitas folhas e frutos são naturalmente revestidas de uma camada de cera. Quando você observa a superfície de uma manga, por exemplo, pode perceber o discreto brilho dessa camada. As ceras naturais são constituídas de diversos tipos de longas moléculas, constituídas exclusiva ou predominantemente por átomos de carbono e de hidrogênio. Dois exemplos são $C_{29}H_{60}$ e $C_{31}H_{64}$.

Essa camada proporciona à planta, entre outras coisas, redução da perda de água por evaporação.

Proponha uma explicação para o fato de a água que está dentro de uma manga não tender a atravessar a camada de ceras que existe em sua casca.

14. O óleo lubrificante usado em motores é constituído de uma mistura de hidrocarbonetos e apresenta alta viscosidade. Proponha uma explicação, fundamentada no conhecimento sobre forças intermoleculares, para a necessidade de usar óleo lubrificante no motor.

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

MODELO

7. Interações intermoleculares e vaporização

Quando uma substância molecular muda de fase, suas moléculas continuam a existir, pois as ligações covalentes (entre os átomos que formam a molécula) não são rompidas. O que ocorre são alterações nas interações **entre** as moléculas.

Na fusão, por exemplo, parte das interações intermoleculares é rompida. As moléculas liberam-se de suas posições e passam a se mover com relativa liberdade, mas ainda sob influência das moléculas próximas. Na vaporização, as interações intermoleculares características do estado líquido são desfeitas e as moléculas passam a se mover de forma ainda mais caótica e independente, constituindo a fase vapor. Esses processos demandam energia, geralmente fornecida à substância na forma de calor (Fig. 30), uma vez que interações intermoleculares são rompidas nas mudanças de fase.

Por que substâncias moleculares têm diferentes tendências a vaporizar, apresentando, consequentemente, diferentes temperaturas de ebulição?

Ao compararmos substâncias com massas moleculares aproximadamente iguais, aquela com forças intermoleculares mais intensas apresentará maior temperatura de ebulição. A sequência **crescente** de intensidade de forças intermoleculares, para moléculas de massas similares, é dipolo instantâneo-dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio.

A massa molecular pode ser calculada somando a massa de todos os átomos constituintes. As massas atômicas são obtidas por consulta à tabela periódica e são expressas na **unidade de massa atômica unificada**, simbolizada por **u**. Por exemplo, a tabela periódica mostra que a massa atômica do carbono é 12 u, e a do hidrogênio é 1 u. Com esses valores, pode-se calcular, por exemplo, que a massa molecular do metano (CH_4) é 16 u.

Para exemplificar o efeito da intensidade das interações intermoleculares sobre a temperatura de ebulição, podemos mencionar o propano ($CH_3CH_2CH_3$), o éter dimetílico (CH_3OCH_3) e o etanol (CH_3CH_2OH), que têm massas moleculares próximas (respectivamente, 44 u, 46 u e 46 u). A 1 atm (pressão atmosférica ao nível do mar) suas temperaturas de ebulição (*TE*), na ordem citada, são aproximadamente – 42 °C, – 25 °C e 78 °C, consequência do fato de as ligações intermoleculares serem, nessa mesma ordem, dipolo instantâneo-dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio.

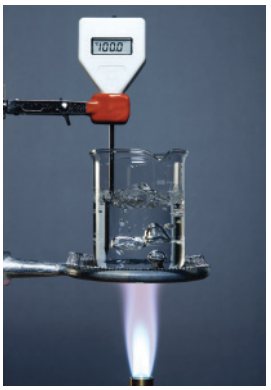
Também podemos citar o butano ($CH_3CH_2CH_2CH_3$, 58 u), a trimetilamina ($N(CH_3)_3$, 59 u) e a propilamina ($CH_3CH_2CH_2NH_2$, 59 u), cujos valores aproximados de *TE*, a 1 atm, são, respectivamente, –1 °C, 3 °C e 47 °C. Aqui também as forças intermoleculares são, na ordem em que as substâncias foram mencionadas, dipolo instantâneo-dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio.

Ao compararmos duas substâncias com o mesmo tipo de interação intermolecular, a que tiver maior massa molecular possuirá maior temperatura de ebulição. A explicação é que as interações dipolo instantâneo-dipolo induzido ocorrem em **todas** as substâncias, não só nas apolares. Assim, quanto mais elevada a massa de uma molécula, maior será a quantidade total de elétrons, maior a possibilidade de ocorrerem distorções momentâneas da densidade eletrônica e mais importante será a contribuição desse tipo de interação intermolecular para a temperatura de ebulição.

Como exemplo, consideremos três substâncias em que ocorrem ligações de hidrogênio e seus valores aproximados de *TE* a 1 atm: metanol (CH_3OH, 32 u, *TE* = 65 °C), etanol (CH_3CH_2OH, 46 u, *TE* = 78 °C) e propan-1-ol ($CH_3CH_2CH_2OH$, 60 u, *TE* = 97 °C). Note que as temperaturas de ebulição aumentam à medida que a massa molecular aumenta.

Outro exemplo, também a 1 atm, agora com substâncias em que a força intermolecular é dipolo instantâneo-dipolo induzido: pentano (C_5H_{12}, 72 u, *TE* = 36 °C), hexano (C_6H_{14}, 86 u, *TE* = 69 °C) e heptano (C_7H_{16}, 100 u, *TE* = 99 °C).

Os dados numéricos apresentados neste item são provenientes de HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.



TURTLE ROCK SCIENTIFIC/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 30 Água em ebulição, a 100 °C e 1 atm. O dispositivo cujo sensor está mergulhado no líquido é um termômetro digital. Nessa mudança de fase, as moléculas da substância água não são destruídas, apenas se separam umas das outras porque há ruptura de interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio. A energia necessária para causar essa ruptura provém da combustão de gás de botijão em um dispositivo de aquecimento chamado bico de Bunsen.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Os perfumes são misturas de substâncias com diferentes aromas, dissolvidas em líquido apropriado. As moléculas evaporam e atingem a cavidade nasal, onde ficam nossos receptores do olfato.

Após aplicar um perfume na pele, os componentes mais voláteis (os que evaporam mais rápido) constituem as **notas de saída** (ou de cabeça), sendo os primeiros percebidos. Os de volatilidade intermediária são as **notas de coração** (ou de corpo). Os menos voláteis formam as **notas de fundo** (ou de base) e são sentidos tempos depois.

Pesquisem as fórmulas estruturais e as massas moleculares de **limoneno** (aroma cítrico), **jasmona** (essência de jasmim) e **muscona** (odor de almíscar), que pertencem a notas diferentes.

Debatam e associem cada substância à sua nota. Apresentem argumentos consistentes que justifiquem a escolha.

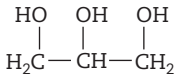
Elaborem um vídeo (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro) expondo as conclusões e explicando à comunidade por que o cheiro de um perfume aplicado na pele muda com o tempo.

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

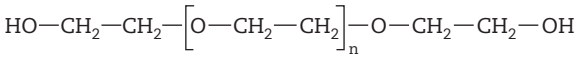
EM PROVA

Registre as respostas em seu caderno. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. (Enem) A pele humana, quando está bem hidratada, adquire boa elasticidade e aspecto macio e suave. Em contrapartida, quando está ressecada, perde sua elasticidade e se apresenta opaca e áspera. Para evitar o ressecamento da pele é necessário, sempre que possível, utilizar hidratantes umectantes, feitos geralmente à base de glicerina e polietilenoglicol:



glicerina



polietilenoglicol

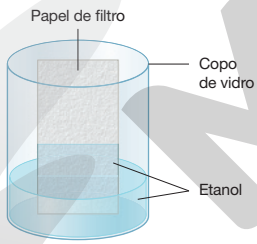
Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/saude/hidratacao-pele.htm>. Acesso em: 9 abr. 2021 (adaptado).

A retenção de água na superfície da pele promovida pelos hidratantes é consequência da interação dos grupos hidroxila (OH) dos agentes umectantes com a umidade contida no ambiente por meio de

a) ligações iônicas.
b) forças de London.
c) ligações covalentes.
d) forças dipolo-dipolo.
e) ligações de hidrogênio.

1. e

2. (Enem) Um experimento simples, que pode ser realizado com materiais encontrados em casa, é realizado da seguinte forma: adiciona-se um volume de etanol em um copo de vidro e, em seguida, uma folha de papel. Com o passar do tempo, observa-se um comportamento peculiar: o etanol se desloca sobre a superfície do papel, superando a gravidade que o atrai no sentido oposto, como mostra a imagem. Para parte dos estudantes, isso ocorre por causa da absorção do líquido pelo papel.



Do ponto de vista científico, o que explica o movimento do líquido é a

a) evaporação do líquido.
b) diferença de densidades.
c) reação química com o papel.
d) capilaridade nos poros do papel.
e) resistência ao escoamento do líquido.

2. d

3. (EEM-SP) As substâncias, dadas pelas suas fórmulas moleculares, CH_4, H_2S e H_2O, estão em ordem crescente de suas temperaturas de ebulição. Explique por que, do ponto de vista estrutural, esses compostos estão nessa ordem.

4. (Unifor-CE) Analise as substâncias abaixo.

I. etanol (C_2H_5OH)
II. éter dimetílico (H_3COCH_3)
III. propan-1-ol (C_3H_7OH)

Considerando a existência ou não de ligações de hidrogênio ligando moléculas iguais e suas correspondentes massas moleculares é de se prever que, sob mesma pressão, as temperaturas de ebulição dessas substâncias sejam crescentes na seguinte ordem:

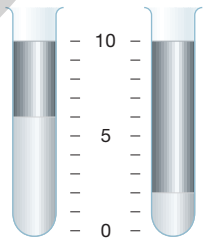
a) I, II e III.
b) I, III e II.
c) II, I e III.
d) II, III e I.
e) III, II e I.

4. c

5. (Unicamp-SP) As "margarinas", muito usadas como substitutos da manteiga, contêm gorduras vegetais hidrogenadas. A diferença fundamental entre uma margarina "light" e outra "normal" está no conteúdo de gordura e de água.

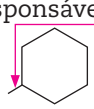
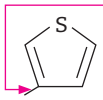
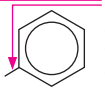
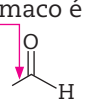
Colocou-se em um tubo de ensaio uma certa quantidade de margarina "normal" e, num outro tubo de ensaio, idêntico ao primeiro, colocou-se a mesma quantidade de margarina "light".

Aqueceram-se em banho-maria os dois tubos contendo as margarinas até que aparecessem duas fases, como esquematizado na figura.



a) Reproduza, no caderno, a figura do tubo correspondente à margarina "light", identificando as fases lipídica e aquosa.
b) Admitindo que as duas margarinas tenham o mesmo preço e considerando que este preço diz respeito, apenas, ao teor da gordura de cada uma, em qual delas a gordura custa mais e quantas vezes (multiplicação) este preço é maior do que na outra?

6. (Enem) A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto moléculas contendo substituintes planares são inativas. O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é

a) 
b) 
c)
d) 
e) 

No contexto da questão, esses traços não indicam CH_3, mas ligação do grupo ao restante da molécula.

6. a

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

CAPÍTULO 4

REPRODUÇÃO DAS PLANTAS E HORMÔNIOS VEGETAIS

DR MORLEY READ/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

A conquista do ambiente seco pelos ancestrais das plantas abriu caminho para que a vida animal pudesse se instalar em terra firme. Algumas plantas adaptaram-se bem à pouca umidade, a ponto de viver em desertos; outras, porém, ainda dependem de ambientes de alta umidade, como é o caso da planta briófita mostrada na fotografia (*Marchantia polymorpha*, que mede cerca de 10 cm de comprimento).

Imagine se pudéssemos voltar no tempo e visitar a Terra de 500 milhões de anos atrás. Haveria grande variedade de seres vivos nos mares, mas as terras emersas ainda eram desertas de vida. Nos litorais, entretanto, os antepassados das plantas já se preparavam para conquistar o ambiente seco.

A evolução dos vegetais e sua expansão pelos ambientes emersos criaram condições para a ocupação da terra firme por diversos animais, que também se adaptaram à vida fora da água. Até hoje a quase totalidade dos seres vivos de terra firme depende direta ou indiretamente das plantas, que ocupam os mais diversos hábitats e são essenciais para a vida em nosso planeta.

Pense em como as plantas participam de nosso cotidiano: você acorda e lembra que logo mais tem prova de Biologia, cujo tema é Botânica. Também tem aula de Educação Física. Então bebe um café, que é uma infusão de sementes torradas e moídas de plantas do gênero *Coffea*, conhecidas por suas propriedades estimulantes. Toma também um copo de leite com chocolate em pó, este proveniente de sementes fermentadas da planta *Theobroma cacao*, alimento altamente nutritivo.

Na escola, enquanto responde às questões de Botânica, você não pode deixar de notar que elas estão impressas em fibras de celulose altamente prensadas, o papel, sem o qual nossa cultura não seria a mesma. A propósito, você sabia que a celulose, principal constituinte das paredes das células vegetais, é o material orgânico mais abundante na Terra?

Em casa, ao voltar da escola, espera por você uma refeição nutritiva, da qual os vegetais são parte importante. Você sabe muito bem que uma dieta rica em verduras e legumes crus e cozidos é boa para a saúde. Como entrada da refeição há uma salada de alface com tomate (*Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum*). O prato principal é a dupla mais tradicional do Brasil: arroz e feijão (sementes de uma espécie do gênero *Oryza*, o arroz, servidas com sementes do feijão *Phaseolus vulgaris*). Também é servido um refogado de couve, preparado com uma das muitas variedades de *Brassica oleracea* e temperado com bulbos finamente fatiados e fritos de *Allium sativum*, o alho. Sem falar de alimentos de origem animal eventualmente presentes.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT206**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT307**
- **EM13LGG703**

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

EM MODERNA

Esse breve relato ilustra a importância das plantas em nossa vida. Além de servirem de alimento ou serem usadas para fins medicinais, muitas plantas são fundamentais para a produção de materiais úteis à humanidade, como madeira, papel, fibras etc.

Neste capítulo vamos estudar a reprodução em diferentes grupos de plantas. Veremos como as plantas tornaram-se cada vez mais adaptadas aos ambientes de terra firme desde que o conquistaram, há mais de 400 milhões de anos. Estudaremos também como as plantas percebem o ambiente e respondem a ele por meio de uma comunicação entre suas células, mediada por mensageiros químicos denominados fitormônios, ou hormônios vegetais.

1. Reprodução em alguns grupos de plantas

O ciclo de vida das plantas é bem diferente do nosso. Elas apresentam **ciclo de vida alternante**, ou seja, alternam uma **geração diploide** (**2*n***) e uma **haploide** (***n***). Nosso ciclo de vida, por outro lado, é constituído por apenas uma geração diploide.

No ciclo das plantas há uma geração diploide, genericamente denominada **geração esporofítica**, que na maturidade produz, por meiose, **esporos haploides**. Um esporo, ao germinar, origina um organismo haploide, o gametófito, que representa a **geração gametofítica**. Essa geração é constituída por indivíduos haploides que produzem gametas; estes se unem dois a dois pela fecundação, originando **zigotos diploides**. O zigoto passa por sucessivas mitoses e origina uma planta diploide, o esporófito, que, na maturidade, formará por meiose esporos haploides, fechando o ciclo (Fig. 1).

Grandes grupos de plantas atuais

No capítulo 2 apresentamos uma tabela sobre os principais grupos do reino das plantas. Vale a pena consultá-la e mesmo reproduzi-la em seu caderno enquanto lê o texto a seguir.

As plantas vasculares geralmente são separadas em dois grandes grupos, com base na presença ou na ausência de sementes. Plantas vasculares sem sementes são chamadas informalmente de **pteridófitas**, entre elas as mais conhecidas são as samambaias e as avencas, pertencentes ao filo Pteridophyta.

As plantas vasculares com sementes são genericamente chamadas **espermatófitas**, ou fanerógamas. Entre elas há um grupo no qual as sementes localizam-se externamente no órgão reprodutivo feminino, o que lhes valeu a denominação de **gimnospermas** (do grego *gymnos*, nu, e *sperma*, semente). Os representantes mais conhecidos das gimnospermas atuais são os pinheiros e os ciprestres. O outro grupo de espermatófitas apresenta as sementes abrigadas no interior do fruto: são as **angiospermas** (do grego *angion*, vaso, e *sperma*, semente). A maioria das plantas atuais pertence ao grupo das angiospermas (Fig. 2).

Reprodução e ciclo de vida de uma briófita

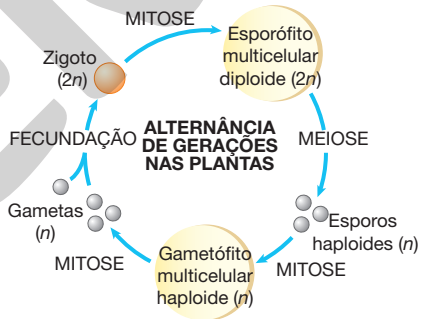
Nas **briófitas** o gametófito haploide (***n***) é a geração mais desenvolvida e persistente do ciclo de vida; o esporófito diploide (**2*n***) tem tamanho reduzido e desenvolve-se sobre o gametófito, nutrindo-se deste até atingir a maturidade, quando produz esporos e morre.

Na maturidade, os gametófitos formam estruturas reprodutivas masculinas e femininas. As estruturas masculinas são os **anterídios**, no interior dos quais se originam os gametas masculinos flagelados e capazes de nadar, denominados **anterozoides**. As estruturas reprodutivas femininas são chamadas de **arquegônios**; em seu interior se originam os gametas femininos, as **oosferas**. A fecundação da oosfera por um anterozoide origina o **zigoto diploide**. Este divide-se por mitoses sucessivas e gera o esporófito, que continua fisicamente ligado ao gametófito materno.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Os cientistas acreditam que as plantas de terra firme tenham se originado de algas que viviam em regiões litorâneas e que, ao longo do processo evolutivo, desenvolveram adaptações que permitiram a vida em ambiente seco. Entre elas destaca-se a independência da água em estado líquido para a reprodução, um dos temas do capítulo. Seu desafio, nesta atividade, é pesquisar em livros e na internet quais teriam sido outras adaptações que permitiram às plantas viver em terra firme, até mesmo em desertos. Forme um grupo de colegas para elaborar uma apresentação do trabalho, de preferência ilustrada. Combine com os professores como coordenar as apresentações dos diferentes grupos da classe. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)



ADILSON SECCO

Figura 1 Representação esquemática do ciclo de vida alternante das plantas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al*. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

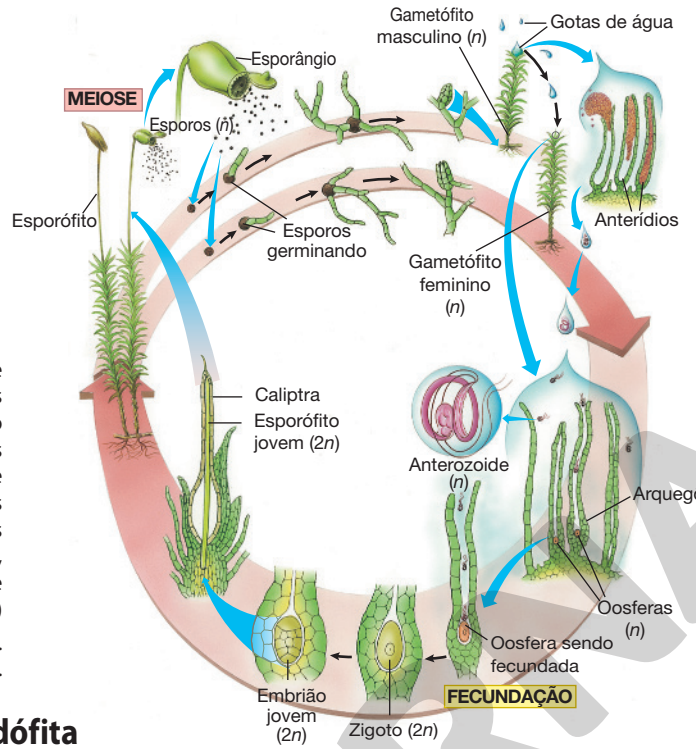
FABIO COLOMBINI

Figura 2 Sementes nuas do pinheiro-do-paraná (pinhões, que medem cerca de 7 cm de comprimento), produzidas pela gimnosperma *Araucaria angustifolia*, que chega a medir 35 m de altura.

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

MODERNA

O esporófito forma estruturas reprodutivas denominadas **esporângios**, no interior dos quais há células que se dividem por meiose, originando **esporos haploides**. Estes libertam-se do esporângio e dispersam-se com o vento; ao atingir um local com condições favoráveis de umidade, temperatura e luminosidade, os esporos germinam, originando um **gametófito haploide**, fechando-se o ciclo (Fig. 3).



JURANDIR RIBEIRO

Figura 3 Representação esquemática do ciclo de vida de musgo do gênero *Polytrichum*, espécie dioica, ou seja, as plantas têm sexos separados. Os anterozoides libertam-se do anterídio e nadam na água acumulada sobre os esporófitos masculinos. Respingos de chuva borrifam água, que carrega anterozoides para musgos femininos próximos. Os anterozoides nadam em direção aos arquegônios, nos quais penetram e fecundam a oosfera, originando o zigoto diploide, que se desenvolve em um esporófito. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

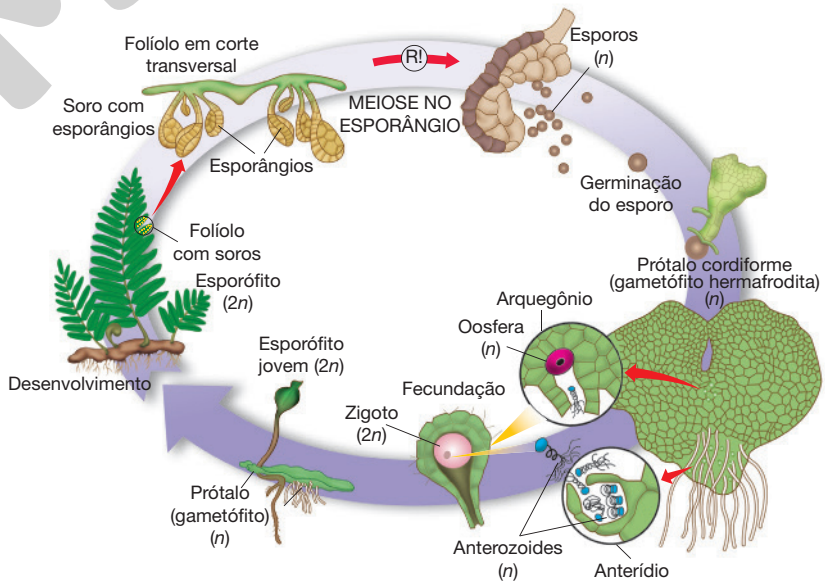
Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al*. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Reprodução e ciclo de vida de uma pteridófita

As **pteridófitas**, das quais samambaias e avencas são os representantes mais conhecidos, apresentam em seu ciclo de vida predominância da fase esporofítica diploide, diferentemente do que ocorre nas briófitas. O gametófito haploide de samambaias e avencas é uma planta pequena e achatada, de cor verde e formato de coração (cordiforme), denominada **prótalo** (do grego *protos*, primeiro, e *thallos*, corpo vegetativo).

Esporófitos adultos de pteridófitas apresentam folhas especiais, férteis, nas quais se formam estruturas reprodutivas denominadas **esporângios**. Dentro destes há células que passam por meiose, originando **esporos haploides**. Os esporos libertam-se dos esporângios e são transportados pelo vento. Se encontrar condições favoráveis de umidade, temperatura e luminosidade, o esporo germina, originando o prótalo. Este é um gametófito hermafrodita, que apresenta estruturas reprodutivas masculinas, os **anterídios**, e estruturas femininas, os **arquegônios**. Nos anterídeos formam-se os gametas masculinos, os **anterozoides**, e nos arquegônios formam-se os gametas femininos, as **oosferas**. Para que a fecundação ocorra, o anterozoide flagelado precisa nadar na superfície úmida do prótalo até atingir o arquegônio e fecundar a oosfera, formando-se o **zigoto diploide**; este, por divisões mitóticas sucessivas, origina um **esporófito diploide**.

Nas fases iniciais do desenvolvimento o esporófito é nutrido pelo gametófito, até que este degenera. Quando isso ocorre, o esporófito já desenvolveu folhas e raízes, tornando-se autossuficiente. Na maturidade o esporófito diploide forma folhas férteis, dotadas de esporângios, nos quais há células que passam por meiose, originando esporos haploides; fecha-se, assim, o ciclo de vida (Fig. 4).



SELMA CAPARROZ

Figura 4 Representação esquemática do ciclo de vida de uma samambaia. O esporófito adulto tem folhas férteis, nas quais se formam soros, estruturas que abrigam esporângios. Nestes há células que passam por meiose, originando esporos haploides. Ao germinar, o esporo origina um gametófito hermafrodita, o prótalo, que tem anterídios e arquegônios. Para que a fecundação ocorra os anterozoides flagelados precisam nadar no filme líquido sobre o prótalo. Isso explica por que essas plantas necessitam de ambientes úmidos e sombreados para viver. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al*. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

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

EDIÇÃO MODERNA

Reprodução e ciclo de vida de uma gimnosperma

Os representantes mais conhecidos do grupo das **gimnospermas** são os pinheiros, como *Pinus elliotis*, um pinheiro do hemisfério norte bem aclimatado no Brasil, e *Araucaria angustifolia*, espécie brasileira de pinheiro, produtora dos pinhões, utilizados como alimento sobretudo no sul do país. Os pinheiros representam a fase esporofítica diploide do ciclo de vida dessas gimnospermas. Na fase adulta os pinheiros formam folhas modificadas, os **esporofilos**, geralmente agrupadas em estruturas denominadas **estróbilos**. Os esporofilos, como o próprio nome indica (do latim *folium*, folha), são folhas especializadas em formar esporos.

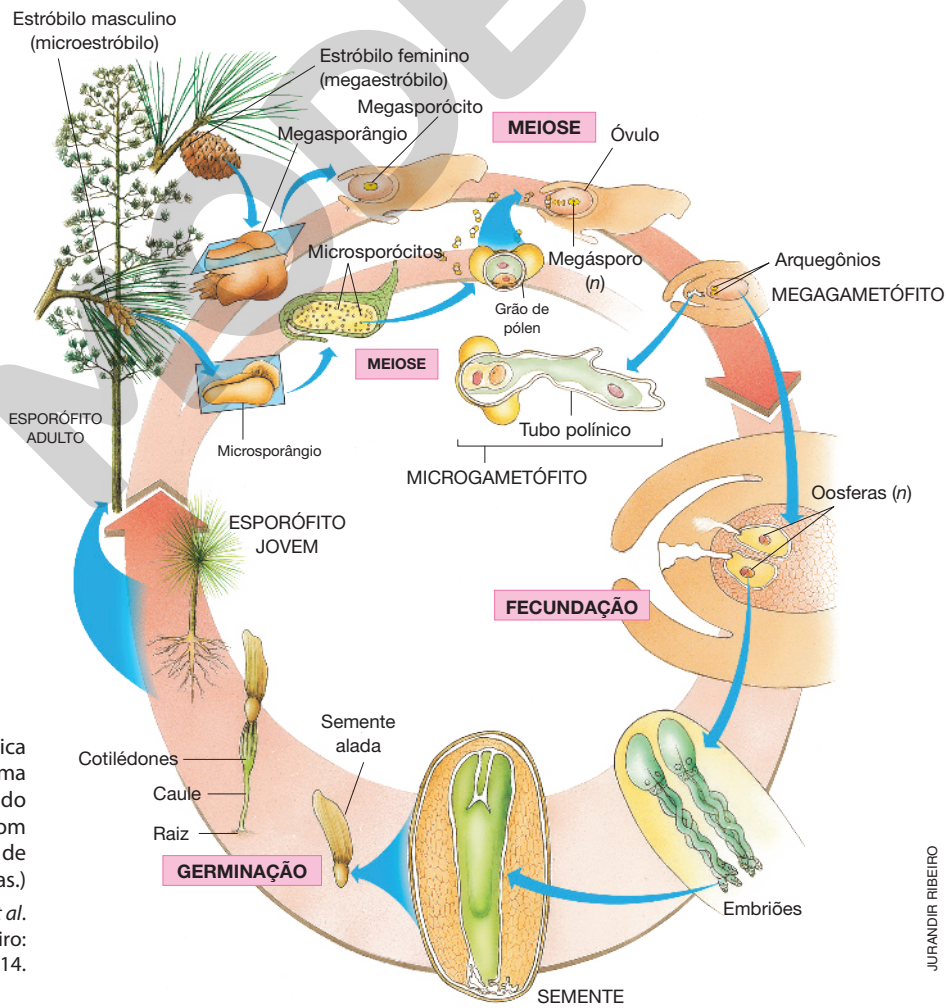
Há estróbilos masculinos e estróbilos femininos, que podem estar na mesma planta ou em plantas distintas, dependendo da espécie de gimnosperma. Estróbilos masculinos são denominados **microestróbilos**; neles ocorre meiose com formação de células haploides pequenas, os **micrósporos**, que originam **gametófitos masculinos**, ou microgametófitos. Estróbilos femininos são denominados **megaestróbilos**; neles ocorre meiose, com formação de células haploides de grande tamanho, os **megásporos**, que originam **gametófitos femininos**, ou megagametófitos.

O microgametófito das gimnospermas encontra-se no interior de um **grão de pólen**. Este se constitui de algumas células haploides e é dotado de parede espessa, que pode apresentar expansões aladas, adaptadas ao transporte pelo vento.

No interior de um megagametófito diferencia-se a **oosfera**, o gameta feminino propriamente dito. O megagametófito, que contém a oosfera, é revestido por um tecido diploide originário do megaestróbilo, constituindo o **óvulo**.

Grãos de pólen transportados pelo vento atingem o estróbilo feminino e chegam aos óvulos. Cada grão de pólen desenvolve um longo **tubo polínico**, estrutura tubular que penetra no óvulo e atinge a oosfera. Uma das células do grão de pólen, denominada **célula espermática**, é o gameta masculino propriamente dito. A célula espermática desloca-se pelo tubo polínico e atinge a oosfera, fecundando-a e dando origem ao zigoto. Sucessivas divisões mitóticas do zigoto levam à formação do embrião diploide, que se desenvolve em um novo esporófito.

O conjunto formado pelo esporófito jovem, mergulhado no megagametófito e envolto pelo tegumento, é a **semente**. Esta é a grande novidade evolutiva das gimnospermas em relação às pteridófitas. Segundo os biólogos, o aparecimento da semente foi fundamental para o sucesso das gimnospermas e das angiospermas. Acompanhe, na figura 5, as etapas do ciclo de vida de uma gimnosperma monoica, em que a mesma planta forma estróbilos masculinos e estróbilos femininos (Fig. 5).



JURANDIR RIBEIRO

Figura 5 Representação esquemática do ciclo de vida de uma gimnosperma do gênero *Pinus*, pinheiro originário do hemisfério norte que se aclimatou com sucesso no Brasil. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al*. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

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

MODERNA

Atividade prática Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Estudando as flores

Forme um grupo e divida com os colegas as tarefas de obter flores e outros materiais necessários para a realização da atividade.

Atenção: Cuidado ao manusear os objetos cortantes.

Material

- diversos tipos de flores;
- pinça;
- estilete;
- lâmina de barbear ou bisturi;
- lente de aumento (lupa);
- câmera fotográfica;
- material para desenhar (papel e lápis de cor).

Procedimentos, observações e questões

1. Coletar flores de diversos tipos; anotar a diversidade de formas e cores durante a coleta.
2. O exame inicial das flores consiste em identificar suas diversas partes: sépalas, pétalas, estames e pistilo(s).
3. Após examinar e contar os diversos componentes de cada flor, o grupo deve elaborar desenhos esquemáticos e tirar fotografias, retratando os componentes florais dos ângulos mais representativos.
4. A análise da flor consiste em remover sucessivamente sépalas e pétalas, de modo que restem apenas os estames (que constituem o androceu) e o(s) pistilo(s) (que constitui(em) o gineceu). Se for conveniente, o grupo pode documentar cada etapa com fotos e/ou desenhos.
5. Após examinar os estames, deve-se isolar uma antera. Ela deve ser observada com a lente de aumento e desenhada em tamanho grande no caderno.
6. Depois de examinar os pistilos e identificar suas partes (estigma, estilete e ovário), deve ser feito um corte transversal na região mediana do ovário, o que permite observar suas câmaras internas, com os óvulos presos em suas paredes (usem a lente de aumento). O grupo deve registrar com desenhos tudo o que for observado. Ao terminar esta etapa da atividade, a lâmina de barbear (ou o bisturi) deve ser embrulhada em jornal e descartada no lixo reciclável.

Ao final da atividade deve ser elaborado um relatório com desenhos, fotos e demais observações do grupo. Pode-se enfatizar o texto, ilustrando-o com imagens, ou o aspecto visual, criando infográficos que priorizem as imagens e utilizem as informações escritas como legendas. *Sites* confiáveis da internet também podem ser acessados para conferir informações e obter novos dados sobre as flores.

Reprodução e ciclo de vida de uma angiosperma

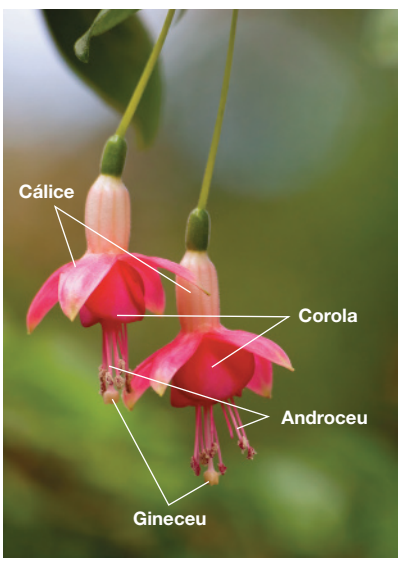
As **angiospermas** representam cerca de 90% das espécies atuais do reino Plantae, com aproximadamente 300 mil espécies descritas, adaptadas aos mais diversos tipos de ambiente. A principal característica das angiospermas, que as distingue dos outros grupos de plantas, é a formação de estruturas reprodutivas denominadas **flores**.

Após a fecundação as flores originam **frutos**, dentro dos quais se localizam as **sementes**. O nome do grupo vem de *angios* (vaso, em grego, em alusão ao ovário em forma de vaso presente nas flores), e *sperma* (semente, formada a partir do óvulo fecundado no interior do fruto, originário do **ovário** da flor).

Estrutura e função da flor

A **flor** resulta da especialização de ramos dotados de folhas férteis, novidade evolutiva ocorrida nos ancestrais das angiospermas. O ramo evolutivamente modificado tornou-se curto e compacto, constituído por quatro conjuntos de folhas modificadas, os **verticilos florais**, denominados – de fora para dentro da flor – cálice, corola, androceu e gineceu.

As folhas modificadas constituintes do **cálice** são as **sépalas**. As que formam a **corola**, geralmente delicadas e mais coloridas, são as **pétalas**. O cálice e a corola são elementos florais estéreis, não envolvidos diretamente na reprodução; sua função é proteger as estruturas reprodutivas mais internas e, em muitos casos, atrair agentes polinizadores. Os verticilos seguintes da flor são, na sequência, o **androceu** (do grego *andros*, homem, e *oikos*, casa) e o **gineceu** (do grego *gynekos*, mulher, e *oikos*, casa). O androceu é o conjunto de estruturas férteis responsáveis pela formação de grãos de pólen. O gineceu apresenta estruturas férteis formadoras de óvulos (Fig. 6).



PIERRE-YVES BABELON/GETTY IMAGES

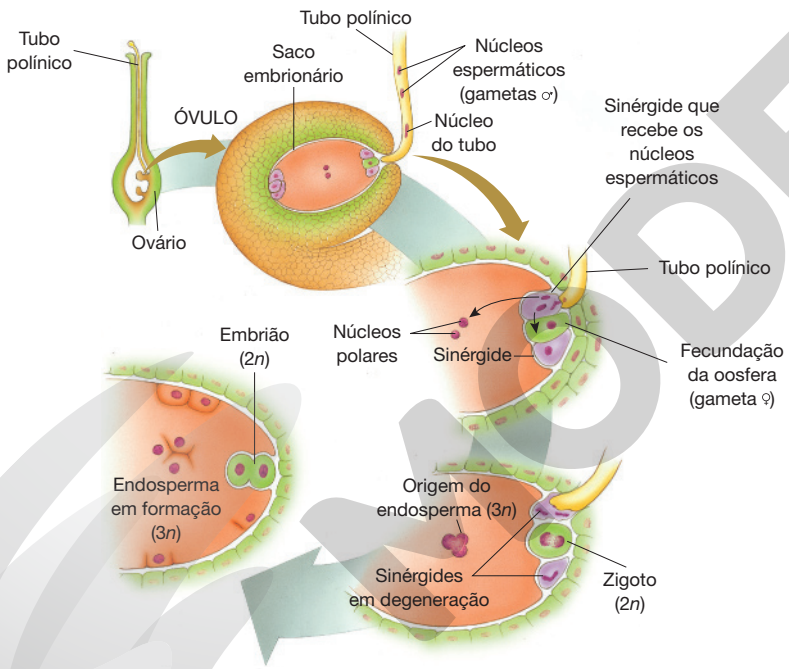
Figura 6 Flor completa de *Fuchsia* sp., com cerca de 5 cm de comprimento. O cálice é formado por sépalas fundidas parcialmente; a corola é formada pelas pétalas; o androceu é formado pelo conjunto de estames, com anteras nas extremidades; o gineceu é formado pelo ovário (interno à corola), pelo estilete filamentoso e pelo estigma, a porção dilatada na extremidade do estilete.

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

MODELO

O androceu é o conjunto de **estames**. Um estame geralmente apresenta uma porção filamentosa, o filete, em cuja extremidade há uma porção dilatada denominada **antera**, no interior da qual há células que passam por meiose e originam **grãos de pólen**. O gineceu é constituído pelos **carpelos**, folhas férteis que se dobram e se fundem, originando uma estrutura fechada que lembra um pequeno vaso com base dilatada e extremidade afilada. A base dilatada do carpelo é o **ovário**, no interior do qual se formam um ou mais **óvulos**. A porção afilada do carpelo é o estilete, cuja porção terminal é geralmente alargada e aderente, sendo chamada de **estigma**. O papel do estigma é receber os grãos de pólen por ocasião da **polinização**. Este é o nome do processo pelo qual grãos de pólen são transportados dos estames aos estigmas, em geral de flores diferentes.

Ao cair sobre o estigma de uma flor de sua espécie, o grão de pólen germina e forma um longo tubo polínico, que representa o gametófito masculino propriamente dito. O tubo polínico cresce por dentro do estilete feminino até atingir um óvulo no ovário. Uma das células espermáticas do pólen migra até a extremidade do tubo polínico e fecunda a oosfera, originando o **zigoto diploide**. O núcleo haploide da outra célula espermática do pólen une-se aos dois núcleos da célula central do óvulo, denominados núcleos polares. Essa fusão origina um núcleo triploide (3*n*), que se multiplica e origina o **endosperma**, tecido que nutrirá o embrião no início de seu desenvolvimento. As duas fusões que levam à formação do zigoto diploide e do endosperma triploide caracterizam um fenômeno que os botânicos denominam **dupla fecundação** (Fig. 7).



JURANDIR RIBEIRO

Figura 7 Representação esquemática da dupla fecundação que ocorre em angiospermas. Os núcleos espermáticos do tubo polínico penetram em uma célula do saco embrionário do óvulo, denominada sinérgide. Em seguida, um deles passa para a oosfera (o gameta feminino) e funde-se a seu núcleo, originando o zigoto diploide. O outro núcleo espermático passa para a célula central do saco embrionário e funde-se a seus dois núcleos polares, originando a célula triploide que formará o endosperma. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al*. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

O zigoto divide-se sucessivamente por mitose e origina o **embrião**, contido no interior do óvulo junto ao endosperma que o nutre. Quando o óvulo e o embrião atingem certo grau de desenvolvimento, o envoltório ovular, denominado tegumento, transforma-se em uma casca espessa e resistente. O conjunto formado por embrião, tecidos nutritivos e casca constitui a **semente**. O cotilédone é uma folha embrionária especializada no armazenamento ou na transferência de nutrientes para o embrião.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

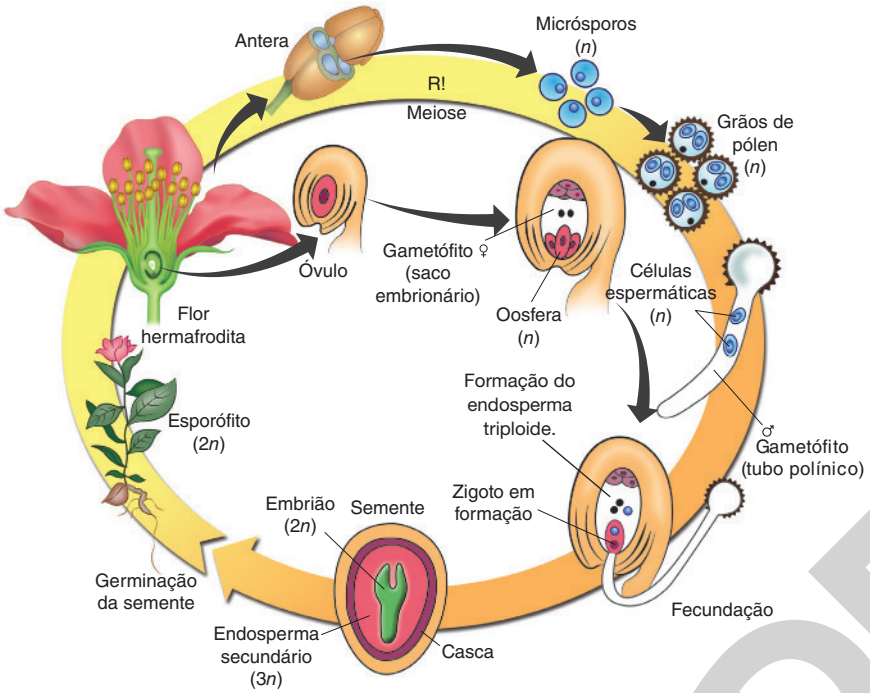
A questão a ser respondida nessa atividade é: quem faz o transporte de pólen até os estigmas? Pesquise sobre o assunto em livros e na internet. O colorido, a forma e o perfume das flores podem ser associados à polinização? Explique essa possível correlação em um texto que utilize suas descobertas. Além disso, dê exemplos de uma planta em que ocorre anemofilia e de outra em que ocorre zoofilia. O que significam esses termos no contexto de suas descobertas sobre a polinização?

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

MODERNA

As sementes em formação liberam hormônios, que estimulam o desenvolvimento da parede do **ovário**, originando o **fruto**. Quase todos os tipos de frutos contêm sementes, exceto os frutos partenocárpicos (do grego *parthenos*, virgem, e *karpos*, fruto), que se desenvolvem sem formação de sementes; isso ocorre, por exemplo, em linhagens cultivadas de banana.

O fruto foi uma importante aquisição evolutiva das angiospermas e contribuiu decisivamente para o sucesso desse grupo vegetal (Fig. 8).



SELMA CAPARROZ

Figura 8 Esquema que representa o ciclo de vida de uma angiosperma. A fase esporofítica é predominante; a fase gametofítica restringe-se ao gametófito masculino contido no grão de pólen, constituído por apenas três celúlas: a célula do tubo e duas células espermáticas. O gametófito feminino, o megásporo, ou saco embrionário, localiza-se no interior do óvulo, constituindo-se de apenas sete células, sendo uma delas a oosfera. Esta, ao ser fecundada por uma célula espermática do pólen, origina o zigoto, e este, o embrião. A outra célula espermática do pólen se une à célula central do saco embrionário portadora dos dois núcleos polares, originando o endosperma triploide. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, *et al*. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Muitos tipos de frutos são coloridos, vistosos e perfumados. Essas características indicam aos animais, entre os quais nossa própria espécie, a presença de alimento disponível. Ao comer o fruto, o animal descarta as sementes ou as engole e depois as elimina com as fezes. Há frutos cujas adaptações permitem que se prendam a pelos ou penas de animais, que cumprem o papel de disseminá-los. A participação dos animais é decisiva para que as sementes de muitas espécies se espalhem por amplas áreas (Fig. 9).

ARY BASSOUS/TYBA

Figura 9 Os frutos podem facilitar a disseminação das sementes. Animais comem frutos e descartam as sementes em locais muitas vezes distantes da planta que as originou. Na foto, arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*), com cerca de 95 cm de comprimento, comendo bacuri (*Platonia insignis*), fruto comum na Floresta Amazônica.

Evolução do ciclo de vida das plantas

Vamos agora repassar brevemente os ciclos de vida das plantas estudadas no capítulo. Nas briófitas a geração predominante é o gametófito haploide; o esporófito diploide é uma pequena haste com uma cápsula na ponta, que se desenvolve sobre o gametófito e depende totalmente dele para viver. Nas pteridófitas a geração predominante é o esporófito diploide; o gametófito haploide é o prótalo hermafrodita, uma pequena planta achatada que se desenvolve independentemente do esporófito. O prótalo sustenta e nutre o esporófito no início de seu desenvolvimento, até que este desenvolva raízes e folhas.

Em gimnospermas e angiospermas, o gametófito feminino é extremamente reduzido, desenvolvendo-se no interior do próprio esporângio. O gametófito feminino das gimnospermas é constituído por umas poucas centenas de células. Nas angiospermas a redução é ainda mais drástica: o gametófito feminino é composto de um saco embrionário com sete células, uma delas dotada de dois núcleos. O gametófito masculino contido no grão de pólen compõem-se de pouquíssimas células, nas angiospermas ele contém apenas três células: uma delas forma o tubo polínico (célula do tubo), e as outras duas constituem os gametas (células espermáticas).

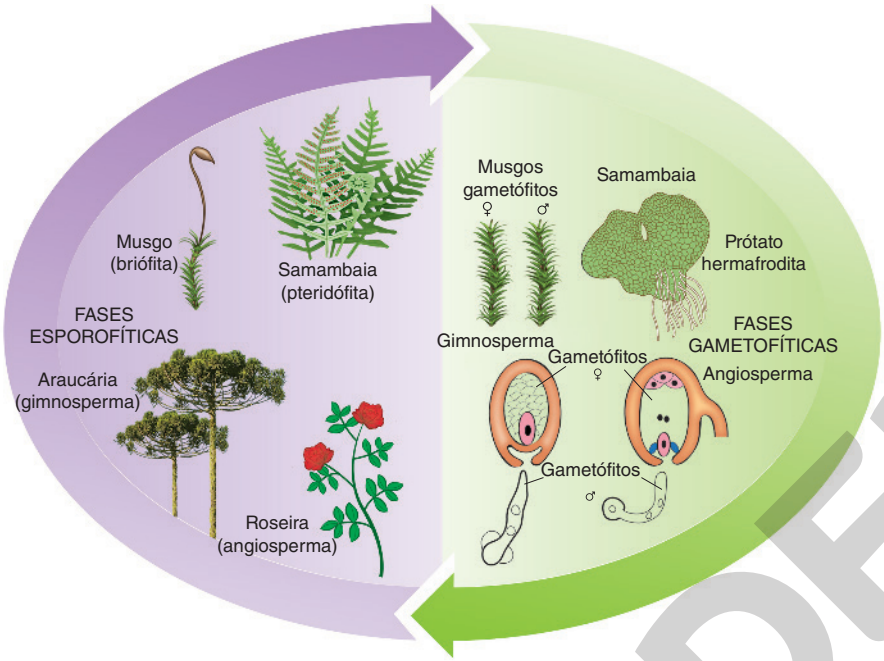
MODELO

O sucesso das plantas fanerógamas (gimnospermas e angiospermas) pode ser atribuído a duas importantes adaptações ao ambiente de terra firme: a independência da água para a reprodução e a propagação por meio de sementes. As plantas fanerógamas herdaram de suas ancestrais o ciclo de vida alternante. Em comparação a elas, porém, apresentam gametófitos tão reduzidos que mais parecem pequenos órgãos reprodutores contidos no esporófito do que gerações separadas, como ocorre em briófitas e em pteridófitas. Essas adaptações eliminaram a necessidade de o gameta masculino nadar para encontrar o feminino. Com isso, as fanerógamas tornaram-se altamente adaptadas ao ambiente de terra firme.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Forme um grupo de colegas para repartir as seguintes tarefas: esquematizar, em papéis de tamanho grande, os ciclos de vida de briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas utilizando apenas texto. Os cartazes podem ser expostos em classe e comparados, para conferir como cada grupo solucionou a questão.



SELMA CAPARROZ

Figura 10 Esquema comparativo dos ciclos de vida dos principais grupos de plantas atuais. A redução da fase gametofítica, a independência da água para a fecundação e a dispersão por meio de sementes foram as principais novidades evolutivas que permitiram às fanerógamas conquistar ambientes de terra firme e de baixa umidade. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de RAVEN, P. H. *et al. Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. Como são os esporófitos e os gametófitos em relação à constituição cromossômica de suas células? 1. c

a) Ambos diploides.
b) Ambos haploides.
c) Diploides e haploides, respectivamente.
d) Haploides e diploides, respectivamente.

2. Ao longo da evolução das plantas 2. d

a) houve crescente predomínio dos gametófitos sobre os esporófitos.
b) os gametas foram substituídos por esporos no processo reprodutivo.
c) a reprodução assexuada foi substituída pela reprodução sexuada.
d) ocorreu a redução do gametófito, que se tornou totalmente dependente do esporófito.

Escreva, no caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 3 a 5.

a) cotilédone
b) flor
c) fruto
d) óvulo
e) tubo polínico

3. A estrutura tubular denominada (▬) resulta do desenvolvimento do gametófito masculino. 3. e

4. Há uma folha especializada no embrião de plantas angiospermas – o(a) (▬) – que armazena e/ou transfere para ele reservas alimentares contidas na semente. 4. a

5. Uma estrutura que se origina do desenvolvimento do ovário, quase sempre após a fecundação dos óvulos, é o(a) (▬). 5. c

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

MODENA

2. Hormônios vegetais e controle do desenvolvimento

O desenvolvimento das plantas é controlado por substâncias orgânicas denominadas **hormônios vegetais**, ou **fitormônios** (do grego *phyton*, planta, e *hormon*, estimular). Os fitormônios são produzidos em determinadas partes da planta e migram para outros locais, onde exercem seus efeitos na regulação do desenvolvimento vegetal quanto ao crescimento, à resposta a estímulos, à floração etc. Os principais fitormônios são as auxinas, as giberelinas, as citocininas, o ácido abscísico e o etileno.

Auxinas

As **auxinas**, principalmente o ácido indolacético (**AIA**), são produzidas nos ápices dos caules e em folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento e deslocam-se sempre dos locais onde são produzidas para as regiões inferiores da planta. Um dos principais efeitos das auxinas é causar o alongamento de células recém-formadas, promovendo seu crescimento. O efeito depende da concentração de auxina; em concentrações adequadas, as auxinas promovem o crescimento máximo das células; em concentrações excessivas, porém, elas inibem o alongamento celular.

A sensibilidade das células às auxinas varia nas diferentes partes de uma planta; o caule, por exemplo, é menos sensível a esse fitormônio que a raiz. Assim, uma concentração de auxina que induz um crescimento ótimo do caule exercerá efeito fortemente inibidor sobre o crescimento da raiz. Por outro lado, concentrações de auxina ótimas para o crescimento da raiz serão insuficientes para produzir efeitos no caule. Como veremos a seguir, essa diferente sensibilidade às auxinas está relacionada ao comportamento diferente apresentado por caules e raízes em resposta a estímulos ambientais como a luminosidade e a força gravitacional terrestre (Fig. 11).

O crescimento dos caules em direção a uma fonte direcionada de luz, denominado **fototropismo**, é regulado por auxinas. Quando uma planta é iluminada mais intensamente de um lado, ocorre migração e concentração das auxinas no lado oposto, menos iluminado; consequentemente as células desse lado do caule alongam-se mais, o que o leva a crescer curvando-se em direção à fonte de luz. Por isso, diz-se que os caules apresentam **fototropismo positivo**.

As auxinas também são responsáveis pelo fenômeno do **gravitropismo**, ou geotropismo, uma resposta adaptativa do crescimento de caules e raízes à gravidade terrestre.

Se um caule for colocado em posição horizontal, as auxinas acumulam-se no lado voltado para o solo. Consequentemente, as células desse lado alongam-se mais que as do lado oposto, o que leva à curvatura do caule para cima, em direção oposta ao solo. Por isso se diz que o caule apresenta **gravitropismo negativo**, por crescer em sentido oposto ao da força gravitacional.

Em raízes colocadas paralelamente ao solo, ocorre acúmulo de auxina no lado voltado para baixo, o que exerce efeito inibidor sobre as células desse lado, que se alongam menos que as do lado oposto. Consequentemente, a raiz cresce curvando-se para baixo, no mesmo sentido que a força gravitacional. Por isso se diz que as raízes apresentam **gravitropismo positivo**.

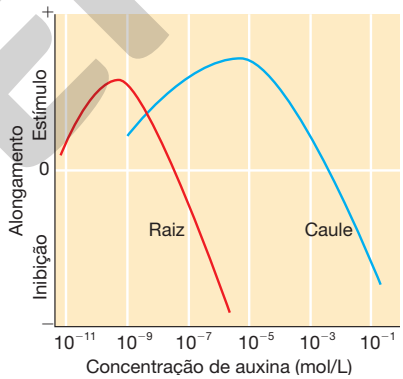
As auxinas que são produzidas na gema apical do caule difundem-se para regiões inferiores, exercendo forte inibição sobre as **gemas laterais**, que assim se mantêm em estado de dormência. São essas gemas, localizadas na axila das folhas, que originam os ramos laterais. A inibição das gemas laterais pelas auxinas é chamada de **dominância apical**. Se a gema apical de um ramo for eliminada, as gemas laterais entram em desenvolvimento, gerando ramos laterais. A técnica de podar as plantas para estimular a ramificação consiste em eliminar as extremidades dos ramos, quebrando a dominância apical e estimulando a formação de ramos laterais e o crescimento ramificado da planta.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

É importante perceber que o conhecimento científico gera continuamente novas tecnologias, que podem ser definidas, simplificadamente, como aplicações de conhecimentos (científicos ou não) à solução de questões de nossa vida prática. Nesta atividade, sugerimos uma pesquisa sobre aplicações comerciais dos fitormônios. Forme um grupo de colegas e reparta com eles a pesquisa dos exemplos de como fitormônios estudados no capítulo podem ser aplicados a diversos produtos que consumimos em nosso dia a dia. Combine com seus professores qual seria a melhor época e forma de discutir em classe os resultados do trabalho de seu grupo, assim como de outros colegas. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Efeito da auxina no crescimento



ADILSON SECCO

Figura 11 Gráfico que representa o efeito da concentração de auxina sobre o crescimento de raízes e caules.

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.

MODERNA

Giberelinas

Outro grupo de fitormônios é o das **giberelinas**, produzidas no meristema apical do caule, nas sementes em desenvolvimento e nos frutos. Seu efeito é promover o crescimento de caule e de folhas, estimulando tanto as divisões das células quanto seu alongamento. Algumas variedades de plantas têm baixa estatura (variedades anãs) porque produzem giberelinas em quantidade insuficiente para promover o crescimento padrão do caule.

As giberelinas, como também as auxinas, promovem o desenvolvimento de frutos partenocárpicos , isto é, frutos que se desenvolvem sem que tenha ocorrido fecundação e que, portanto, não possuem sementes. Em algumas espécies, como em tangerinas e uvas, em que as auxinas não induzem a produção de frutos sem fecundação, a aplicação de giberelinas produz esse efeito e leva ao desenvolvimento de frutos sem sementes, destinados ao consumo humano.

Citocininas

As **citocininas** atuam em associação com as auxinas, estimulando a divisão celular. Estão presentes em locais da planta em que há grande proliferação celular, como sementes em germinação, frutos, folhas e, principalmente, nas extremidades de raízes.

As citocininas atuam no controle da dominância apical em associação com as auxinas, porém com efeitos antagônicos; enquanto as auxinas provenientes dos ápices caulinares inibem o desenvolvimento das gemas laterais, as citocininas provenientes das raízes estimulam as gemas laterais a se desenvolver. Quando a gema apical é removida, cessa a ação das auxinas e a ação das citocininas sobressai, o que induz o desenvolvimento das gemas laterais.

Ácido abscísico e etileno

O **ácido abscísico**, ou ABA, é responsável pela interrupção do crescimento das plantas no inverno, atuando também quando a planta é submetida a situações adversas, como a falta de água, por exemplo. Nessas condições, as raízes da planta aumentam a síntese de ABA, que se desloca pelo xilema até as folhas e estimula o fechamento dos estômatos.

Outro efeito do ácido abscísico é a dormência de sementes, fenômeno interpretado como uma adaptação que previne sua germinação prematura. As sementes de certas plantas adaptadas a regiões áridas germinam somente após serem lavadas pela água da chuva, que remove o excesso de ácido abscísico nelas presente.

O **etileno** (C_2H_4) é uma substância gasosa produzida em diversas partes da planta. Além de induzir o amadurecimento dos frutos, o etileno participa da queda, ou abscisão, das folhas, juntamente com as auxinas. Nas regiões de clima temperado, a concentração de auxina nas folhas de certas plantas diminui no outono, levando à produção do etileno, responsável direto pela queda das folhas.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade prática

Se você tiver acesso a produtores e comerciantes de frutas em feiras e mercados, tente descobrir o que eles sabem sobre formas rápidas para promover o amadurecimento de frutas verdes (bananas, por exemplo). Faça a experiência de embrulhar em jornal frutas verdes de um mesmo lote (por exemplo, bananas de uma mesma penca), comparando seu amadurecimento com o de frutas desembrulhadas. Será que essa prática funciona? Pesquise a respeito com a ajuda de seus professores e em *sites* confiáveis da internet. Combine com seu professor a melhor maneira de apresentar seus resultados em sala de aula e discuti-los com os colegas. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

3. Fitocromos e desenvolvimento

Fitocromos são pigmentos de natureza proteica que regulam diversos aspectos do desenvolvimento das plantas. As moléculas de fitocromo podem assumir duas formas interconversíveis, chamadas F_v (fitocromo vermelho, também conhecido como Pr, do inglês *phytochrome red*) e F_{vl} (fitocromo vermelho longo, também conhecido por Pfr, do inglês *phytochrome far red*). O F_v transforma-se em F_{vl} ao absorver luz vermelha de comprimento de onda na faixa de 660 nm. Já F_{vl} transforma-se em F_v na escuridão ou se absorver luz vermelha de comprimento de onda mais longo, na faixa de 730 nm.

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

MODERNA

Como a luz solar compõe-se de comprimentos de onda correspondentes tanto ao vermelho quanto ao vermelho longo, durante o dia as plantas apresentam as duas formas de fitocromos, com certa predominância de F_{vl}. À noite, esse fitocromo converte-se em F_v e, dependendo da duração do período de escuridão, a conversão pode ser total, de tal forma que, ao fim de uma longa noite de inverno, a planta apresentará apenas F_v.

Luz e germinação de sementes

As sementes de certas espécies de plantas necessitam de estímulos luminosos para germinar, sendo por isso chamadas de **sementes fotoblásticas positivas** (do grego *photos*, luz, e *blástos*, broto). Nesse tipo de semente o processo de germinação é induzido pelo fitocromo F_{vl}, que se forma durante o período de exposição à luz. Sementes de espécies que não necessitam de luz para germinar são denominadas **sementes fotoblásticas negativas**.

Luz e floração

A floração de diversas espécies de plantas ocorre em épocas específicas do ano. É comum ouvirmos dizer que tal planta floresce em agosto, outra em outubro e assim por diante. O que faz as plantas florescerem em determinadas épocas e não em outras?

Diversas espécies de plantas têm sua floração influenciada pela relação entre o período iluminado e o período de escuridão em um ciclo de 24 horas. O fenômeno de a floração ser influenciada pela relação entre o período iluminado e o de escuridão é denominado **fotoperiodismo**. Plantas cuja floração não é influenciada pelo fotoperíodo são chamadas de **plantas neutras**, ou indiferentes, em relação ao fotoperíodo. Aquelas que respondem aos fotoperíodos são classificadas em dois tipos básicos: plantas de dia curto e plantas de dia longo.

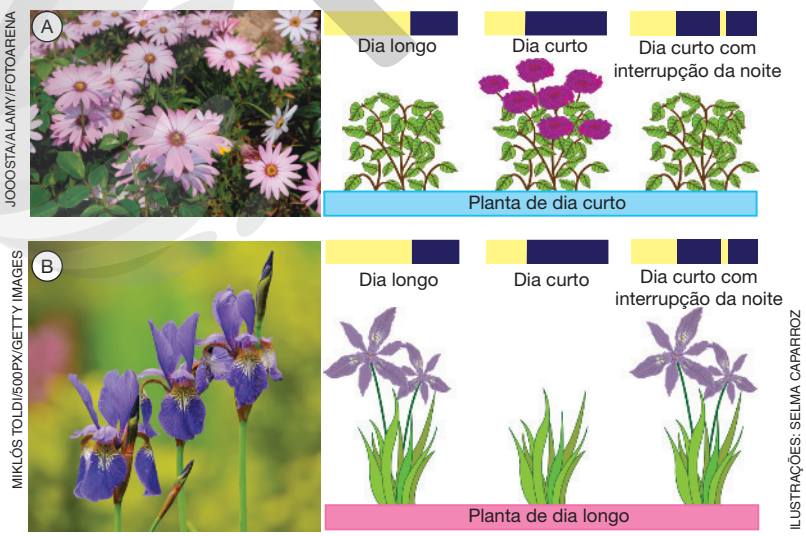
As **plantas de dia curto** florescem quando a duração do período iluminado diário é inferior a determinado número de horas. Esse valor de horas limite para a floração, que varia de acordo com a espécie, é denominado **fotoperíodo crítico**. Geralmente, plantas de dia curto florescem no início da primavera ou do outono (morango e crisântemo, por exemplo).

As **plantas de dia longo** florescem quando a duração do período iluminado diário é superior a determinado fotoperíodo crítico. Em geral, essas plantas florescem no verão (íris, alface e espinafre, por exemplo).

Não é a duração absoluta do período iluminado que importa, mas se ele é maior ou menor que determinado valor, denominado **fotoperíodo crítico**, que pode ser diferente para cada espécie de planta considerada.

Nas plantas de dia curto o fitocromo F_{vl} atua como inibidor da floração. Por isso elas florescem apenas nas estações do ano em que as noites são longas. Durante um período prolongado de escuridão, todo fitocromo F_{vl} se converte espontaneamente em F_v, deixando de inibir a floração.

Nas plantas de dia longo o fitocromo F_{vl} atua como indutor da floração; essas plantas só florescem se os períodos de escuridão forem curtos, de modo que não haja conversão total de fitocromo F_{vl} em F_v. Na época do ano em que as noites são longas, as plantas de dia longo não florescem porque todo o fitocromo F_{vl} é convertido em fitocromo F_v, o qual não induz a floração (Fig. 12).



JOOOSTA/ALAMY/FOTOARENA

MIKLÓS TOLDI/500PX/GETTY IMAGES

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Figura 12 (A) Plantas de dia curto, como o crisântemo (*Dendranthema rubellum*), florescem quando o período de escuridão é superior ao fotoperíodo crítico. Se um único lampejo de luz interromper o período de escuridão, a floração é inibida. (B) Plantas de dia longo, como a íris da espécie *Iris sibirica*, florescem apenas se a duração do período escuro for inferior ao fotoperíodo crítico. Basta um único lampejo de luz durante o período de escuridão para a planta florescer. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

MODERNA

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

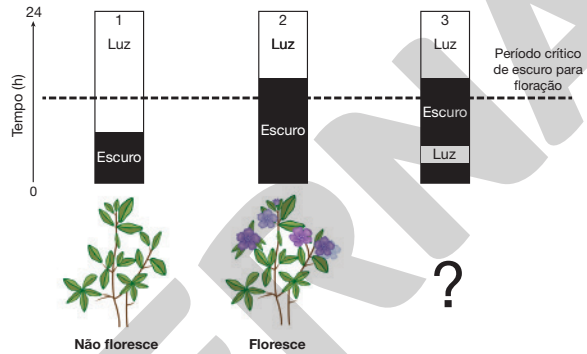
1. (UFJF-MG) Ao caminhar pela sua cidade, um estudante do Ensino Médio observou as seguintes plantas: 1. a

I. Musgo
II. Samambaia
III. Pinheiro
IV. Goiabeira
V. Ipê-amarelo

Após analisá-las, fez as afirmações a seguir. Escolha a opção com a alternativa correta:

a) apenas uma dessas plantas não apresenta raiz, caule e folha diferenciados.
b) apenas duas dessas plantas não apresentam tecidos condutores de seiva.
c) apenas duas dessas plantas apresentam sementes.
d) apenas duas dessas plantas apresentam processos de polinização.
e) apenas uma dessas plantas apresenta fruto.

2. (UFPR) Foi realizado um experimento para verificar a influência do fotoperíodo na floração de uma espécie de planta. O grupo 1 foi submetido a um fotoperíodo em que o tempo de escuro era menor que o período crítico para floração; o grupo 2, a um tempo de escuro maior que o crítico para floração; o grupo 3 foi submetido ao mesmo período de escuro que o grupo 2, mas com uma breve exposição à luz no meio do período escuro. Na figura estão representados os grupos e o resultado obtido nos grupos 1 e 2.

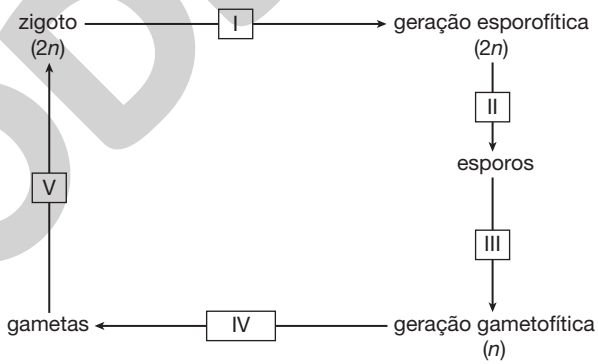


SELMA CAPARROZ

Com base nessas informações, responda:

a) Na situação 3, a planta floresce ou não?
b) Justifique sua resposta, considerando a ação dos dois principais fitocromos reguladores do fotoperíodo nas plantas.

3. (Fuvest-SP) O esquema representa um ciclo de vida, com alternância de gerações, típico de plantas.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

a) Escreva o nome dos processos biológicos que correspondem a I, II, III, IV e V.
b) Comparando-se os ciclos de vida, desde briófitas até angiospermas, quanto à dominância das gerações gametofítica e esporofítica, que tendência aparece na evolução das plantas terrestres?

4. (Unifesp) O surgimento do fruto e o surgimento do endosperma, tecido de reserva que nutre o embrião, são considerados importantes novidades evolutivas das angiospermas, contribuindo para que esse grupo de plantas domine grande parte dos ambientes terrestres do planeta.

a) Cite duas vantagens que, em termos evolutivos, os frutos representaram na conquista do ambiente terrestre.
b) A ocorrência de um tecido que armazena nutrientes para o embrião não é exclusividade das angiospermas. Cite o grupo de plantas no qual esse tipo de tecido também ocorre. Explique por que na realização de suas funções o endosperma das angiospermas é mais eficaz do que o tecido de reserva desse grupo.

A expressão "desse grupo" no final da questão (b) refere-se ao grupo de plantas citado como resposta à frase anterior da questão.

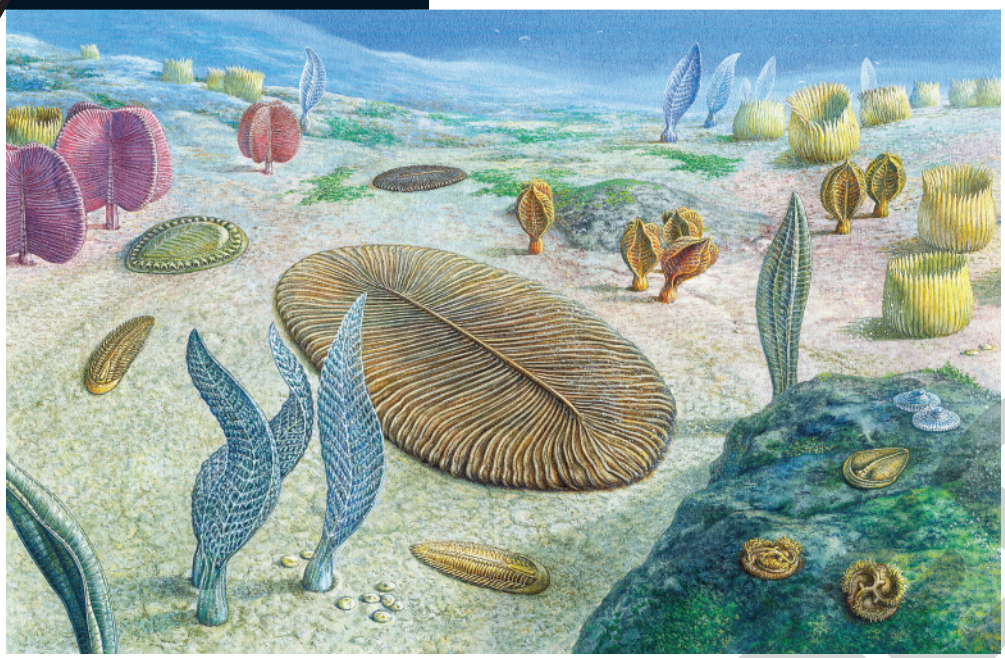
5. O desafio desta questão é descobrir, em *sites* confiáveis da internet, as fórmulas químicas dos principais fitormônios mencionados no capítulo, entre os quais uma auxina (como o ácido indol-acético, por exemplo), uma giberelina (o ácido giberélico), o etileno e outros. Forme um grupo de colegas para dividir as tarefas de pesquisa e de representação das fórmulas químicas. Consulte seus professores sobre a melhor maneira de representar essas fórmulas.

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

MODERNA

CAPÍTULO 5

ANATOMIA E FISIOLOGIA DOS ANIMAIS



JOHN SIBBICK/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Reconstrução artística de seres vivos que teriam vivido nos mares da Terra há mais de 600 milhões de anos, no período Ediacarano. Ediacara é o nome de uma região da Austrália onde foram descobertos os mais antigos fósseis de animais, daí o nome dado a esse período geológico. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

De olho na BNCC:

- EM13CNT202
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CHS103

Se voltássemos no tempo cerca de 500 milhões de anos, até o primeiro período da era Paleozoica – o período Cambriano –, provavelmente encontraríamos parentes remotos de todos os grupos animais existentes atualmente. Os cientistas procuram saber como ocorreu uma diversificação tão expressiva da vida animal em um tempo geológico relativamente tão curto, fenômeno que ficou conhecido como "explosão cambriana". As respostas parecem indicar para o período Ediacarano, que precedeu o período Cambriano.

Em 2004, depois de oito anos de intensas discussões, uma comissão formada por entidades geológicas de vários países acrescentou um novo período à divisão do tempo geológico: o período Ediacarano. Fazia 120 anos que a divisão do tempo geológico não sofria alterações. O período Ediacarano abrange 93 milhões de anos, indo de 635 Ma (milhões de anos atrás) até 541 Ma.

Novas descobertas e o avanço das técnicas de análise e datação de fósseis revelaram as curiosas formas de vida ediacaranas. Embora a diversidade de organismos nesse período tenha sido grande, muitos não parecem ter relação com os grupos existentes atualmente. Por isso os cientistas acreditam que as estratégias evolutivas desses animais foram malsucedidas, o que os levou à total extinção.

Entretanto, a diversidade da vida ediacarana sugere que ali já se encontravam as bases para a evolução e a diversificação dos grupos de animais atuais. Por volta de 600 milhões de anos atrás, a vida na Terra se recuperava de uma era glacial ocorrida entre 850 Ma e 630 Ma. Com o degelo dos oceanos, teriam ocorrido condições favoráveis à diversificação de formas de vida no período Ediacarano, o que resultou na explosão de diversidade da vida animal no período seguinte, o Cambriano.

Este capítulo trata da diversidade animal e das principais estratégias evolutivas desenvolvidas pelos grandes grupos de animais atuais. À medida que os cientistas acumulam e integram novos conhecimentos, as relações evolutivas entre os grupos animais vão ficando mais claras.

Atividade em grupo

Neste exercício, sugerimos que você repasse um a um os nove filos descritos nas páginas seguintes, tentando se lembrar de alguma situação que presenciou ou na qual ouviu sobre cada um deles. Por exemplo, se você leu uma notícia sobre a proliferação de águas-vivas em uma praia ou sobre um surto de alguma verminose, isso também conta. Depois de anotar suas experiências com representantes dos filos animais, converse com colegas e professores sobre a possibilidade de formar nove grupos de colegas, cada um encarregado de pesquisar sobre um dos nove filos estudados no livro. Pense em dar preferência a exemplares encontrados no Brasil. Uma estratégia interessante e fácil de executar é elaborar placas de identificação para o organismo escolhido, semelhantes às que existem em zoológicos e museus, com nome científico e informações relevantes sobre a classificação e a ecologia dos animais. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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

EM MODERNA

Tratamos inicialmente de características animais importantes para estabelecer as relações evolutivas entre os grupos. Entre essas características, destacam-se o número de tecidos embrionários, a simetria e a origem das cavidades corporais. O objetivo é traçar um panorama geral das soluções adaptativas desenvolvidas nos grupos animais para suas diferentes necessidades básicas. Veremos quais foram as soluções encontradas pelos organismos que se originaram na água e nela viveram por milhões de anos, antes de surgirem as estratégias para a conquista do ambiente de terra firme.

1. Principais grupos animais

Com base em semelhanças morfológicas e fisiológicas entre os animais, que supostamente refletem o parentesco evolutivo entre eles, os sistematas elaboraram uma classificação que considera 35 filos, nos quais se distribuem mais de 1 milhão de espécies animais descritas até agora. Neste capítulo trataremos apenas de nove desses filos, que reúnem as espécies mais conhecidas de não especialistas como nós.

Poríferos, ou esponjas

O filo **Porifera** reúne as esponjas, animais aquáticos com organização corporal simples. A maioria das espécies desse filo é marinha e vive aderida a rochas e objetos submersos. Esponjas não apresentam tecidos diferenciados e nenhum tipo de órgão (Fig. 1-A).

Cnidários, ou celenterados

O filo **Cnidaria** reúne animais aquáticos cujos representantes mais conhecidos são as águas-vivas, os corais, as fisálias e as anêmonas-do-mar. A maioria dos cnidários é marinha; alguns vivem fixados a objetos submersos (sésseis) e outros nadam livremente (livre-natantes) (Fig. 1-B).

Platelmintes, ou vermes achatados

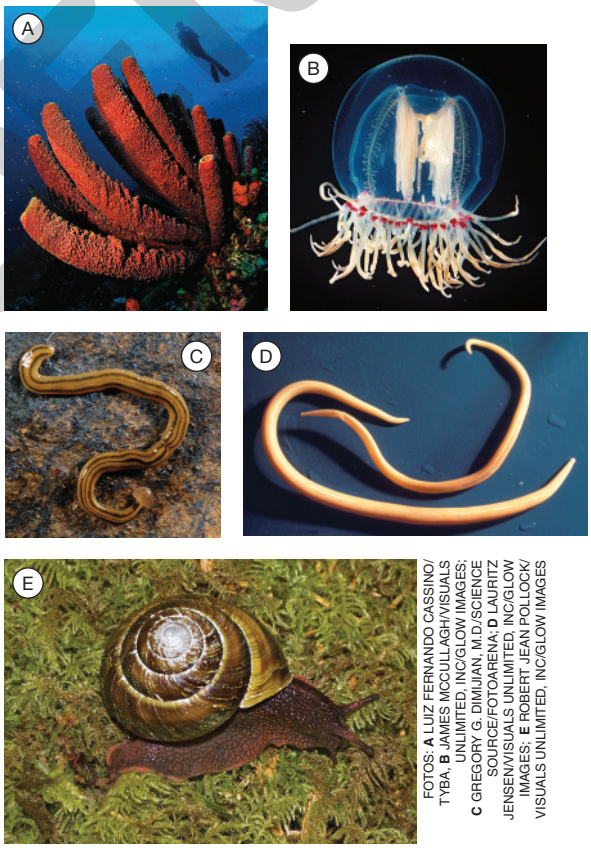
O filo **Platyhelminthes** reúne animais cujo corpo é achatado dorsoventralmente. Eles vivem em água doce, no mar, em ambientes úmidos de terra firme ou no interior de outros animais, parasitando-os. As formas de vida livre são chamadas de planárias. Os platelmintos parasitas mais conhecidos são as tênias, causadoras de teníase, e os esquistossomos, causadores de esquistossomose (Fig. 1-C).

Nematódeos, ou vermes cilíndricos

O filo **Nematoda** reúne animais de corpo cilíndrico e afilado nas duas pontas. Os representantes desse grupo vivem em todos os tipos de ambiente: em água doce, no mar, em terra úmida ou no interior do corpo de animais e plantas, parasitando-os. Os nematódeos mais conhecidos são as lombrigas, causadoras da ascaríase, os ancilóstomos, causadores do amarelão, e as filárias, causadoras da elefantíase (Fig. 1-D).

Moluscos

O filo **Mollusca** reúne animais de corpo mole, geralmente revestido por uma concha calcária rígida. Os representantes desse grupo vivem em água doce, no mar e em ambientes úmidos de terra firme. Moluscos bem conhecidos são caramujos, mexilhões, lesmas, polvos e lulas (Fig. 1-E).



FOTOS: **A** LUIZ FERNANDO CASSINO/TYBA, **B** JAMES MCCULLAGH/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES; **C** GREGORY G. DIMIJIAN, M.D./SCIENCE SOURCE/FOTOARENA; **D** LAURITZ JENSEN/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES; **E** ROBERT JEAN POLLOCK/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES

Figura 1 (A) Esponja da espécie *Aplysina archeri*, que pode chegar a 1,5 m de altura. (B) Água-viva do gênero *Polyorchis*, que pode ultrapassar 50 cm de diâmetro. (C) Planária terrestre *Bipalium* sp., que pode chegar a 7 cm de comprimento. (D) Nematódeo *Ascaris lumbricoides*, conhecido por lombriga e que chega a medir 40 cm de comprimento. (E) Caramujo da espécie *Monadenia fidelis*, molusco que pode atingir 3,6 cm de comprimento.

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

MODERNA

Anelídeos, ou vermes segmentados

O filo **Annelida** reúne animais de corpo cilíndrico dividido em segmentos transversais. Vivem em água doce, no mar e em solo úmido. Os representantes mais conhecidos desse grupo são as minhocas, que vivem em terra firme, as sanguessugas, que vivem em ambientes úmidos, em água doce e no mar, e os poliquetos, que vivem principalmente no mar, vagando pelo fundo ou abrigados dentro de tubos que eles mesmos constroem (Fig. 2-A).

Artrópodes

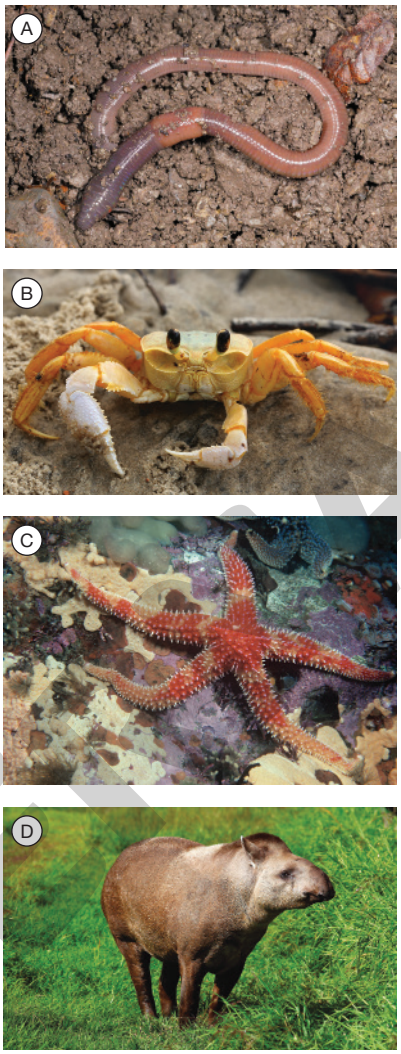
O filo **Arthropoda** reúne animais com corpo protegido por uma armadura rígida, o exoesqueleto. Artrópodes são geralmente divididos em três subfilos: crustáceos, quelicerados e unirrâmios. A maioria dos crustáceos é aquática (camarões, lagostas, caranguejos, siris etc.). Os quelicerados (aranhas, escorpiões, carrapatos etc.) são tipicamente de terra firme. Os unirrâmios (diplópodes, miriápodes e insetos) são animais de terra firme e constituem a maioria das espécies conhecidas de seres vivos (Fig. 2-B).

Equinodermos

O filo **Echinodermata** reúne animais exclusivamente marinhos, considerados pelos cientistas os mais aparentados aos cordados. Seus representantes mais conhecidos são as estrelas-do-mar, os ouriços-do-mar, as bolachas-da-praia e os pepinos-do-mar (holotúrias) (Fig. 2-C).

Cordados

O filo **Chordata** reúne alguns invertebrados aquáticos, como as ascídias e os anfioxos, e todos os animais vertebrados: peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Esse grupo é muito diversificado e adaptado a diversos tipos de ambiente (Fig. 2-D).



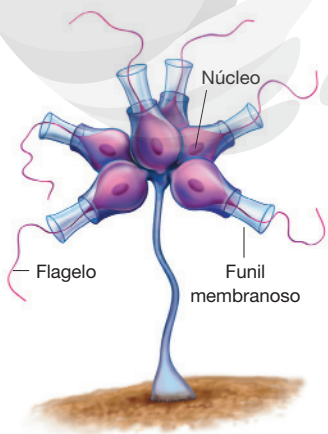
A RICHARD BECKER/FLPA/KEYSTONE BRASIL, **B** FABIO COLOMBINI, **C** DAVID WROBEL/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES, **D** FABIO COLOMBINI

Figura 2 (A) Minhoca da espécie *Lumbricus terrestris*, anelídeo que pode atingir 25 cm de comprimento. (B) A maria-farinha (*Ocypode* sp.) é um crustáceo que pode chegar a 4 cm de diâmetro. (C) Estrela-do-mar da espécie *Orthasterias koehleri*, equinodermo que tem cerca de 50 cm. (D) A anta da espécie *Tapirus terrestris* é um mamífero que pode chegar a 2,4 m de comprimento.

2. A diversificação no Reino Animal

Multicelularidade

Qual teria sido o ancestral de todos os animais? A hipótese predominante é que os animais descendem de protozoários coanoflagelados coloniais (do grego *coanos*, colarinho), organismos unicelulares constituídos por células semelhantes às que recobrem as cavidades internas do corpo das esponjas atuais. Estudos genômicos recentes mostraram que os genes relacionados com a adesão e a troca de mensagens entre as células já existiam por volta de 600 milhões de anos atrás. Essas capacidades foram fundamentais durante a transição da unicelularidade para a multicelularidade (Fig. 3).



JURANDIR RIBEIRO

Figura 3 Representação esquemática de coanoflagelados coloniais atuais do gênero *Codosiga*. Organismos similares a esse podem ter sido os ancestrais dos animais. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de LEADBEATTER, B. S. C. *The Choanoflagellates*: Evolution, Biology and Ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

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

Animais diblásticos e animais triblásticos

De acordo com as hipóteses mais aceitas atualmente, duas linhagens de animais teriam se diversificado a partir dos primeiros ancestrais multicelulares: em uma delas as células eram pouco especializadas e não estavam organizadas em tecidos verdadeiros; na outra, as células já apresentavam um grau maior de especialização, formando tecidos, conjuntos de células especializadas para uma função determinada. A primeira linhagem teria originado as esponjas (poríferos) atuais que não apresentam tecidos bem diferenciados; a segunda linhagem teria sido ancestral de todos os outros grupos animais.

A linhagem animal que formava tecidos bem diferenciados teria originado duas novas linhagens, uma das quais teria dado origem aos cnidários atuais, animais que apresentam apenas dois folhetos germinativos no embrião (ectoderma e endoderma), sendo por isso denominados **diblásticos**. Os cnidários são os únicos animais diblásticos atuais.

A outra linhagem teria originado animais dotados de três folhetos germinativos (ectoderma, mesoderma e endoderma), sendo, por isso, denominados **triblásticos**. Todos os animais atuais são triblásticos, com exceção dos poríferos, que não apresentam tecidos corporais verdadeiros, e dos cnidários, que apresentam apenas dois folhetos germinativos.

Simetria

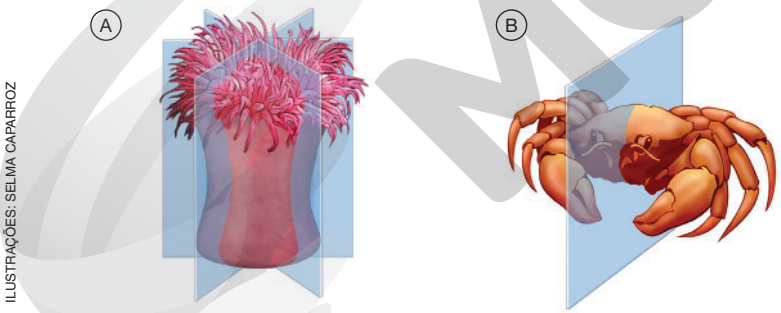
Um critério utilizado pelos zoólogos na classificação dos animais é o tipo de simetria corporal. **Simetria** refere-se à possibilidade de dividir, real ou imaginariamente, um objeto em duas metades equivalentes, ou simétricas. Se nenhum plano de simetria é capaz de dividir um objeto em metades simétricas, ele é **assimétrico**.

A simetria está presente em muitos seres vivos e em quase todos os grupos de animais. Dos nove filos animais estudados neste livro, apenas os cnidários e algumas espécies de esponja apresentam **simetria radial**, em que diversos planos que passam pelo eixo longitudinal de seu corpo dividem o animal em metades semelhantes. As espécies dos demais filos têm **simetria bilateral**, com um único plano de simetria possível, que divide o corpo nas metades esquerda e direita. Há apenas uma exceção: o filo dos equinodermos (estrelas-do-mar e ouriços-do-mar), cujos representantes têm simetria bilateral na fase larval e simetria radial na fase adulta. A simetria radial desses animais é considerada pelos biólogos uma adaptação ao modo de vida séssil ou com pequena movimentação, não refletindo diretamente o parentesco evolutivo (Fig. 4).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Nesta atividade exercitaremos algumas noções de simetria. Escolha uma laranja com o formato o mais regular possível. Quantos planos de corte você consegue fazer dividindo a laranja em metades simétricas? Que tipo de simetria a laranja apresenta? A partir dessa experiência, escolha um ou mais organismos de seu interesse e procure desenhá-los esquematicamente em seu caderno, divididos por planos de simetria. Que tipo de simetria eles apresentam? Explique em poucas palavras.



ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Figura 4 (A) Desenho de uma anêmona-do-mar, que apresenta simetria radial; há diversos planos de simetria (no eixo longitudinal) que dividem o animal em metades simétricas. (B) Desenho de um caranguejo, que apresenta simetria bilateral; há apenas um plano que divide o corpo nas metades esquerda e 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.

Animais protostômios e animais deuterostômios

Esponjas são animais **filtradores**, especializados em capturar partículas de alimento da água em que vivem por meio de células flageladas denominadas coanócitos. Esses animais não apresentam tecidos corporais, tampouco sistema digestivo.

Os cnidários, como já mencionamos, apresentam dois folhetos germinativos (são diblásticos). Acredita-se que esses animais apresentem o primeiro tipo de sistema digestivo a surgir na escala evolutiva zoológica. Esse sistema conta com apenas uma abertura, a **boca**, por onde o alimento entra e por onde saem os resíduos da digestão. Fala-se, nesse caso, em **sistema digestivo de fluxo bidirecional**, antigamente denominado sistema digestivo incompleto.

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

MODERNA

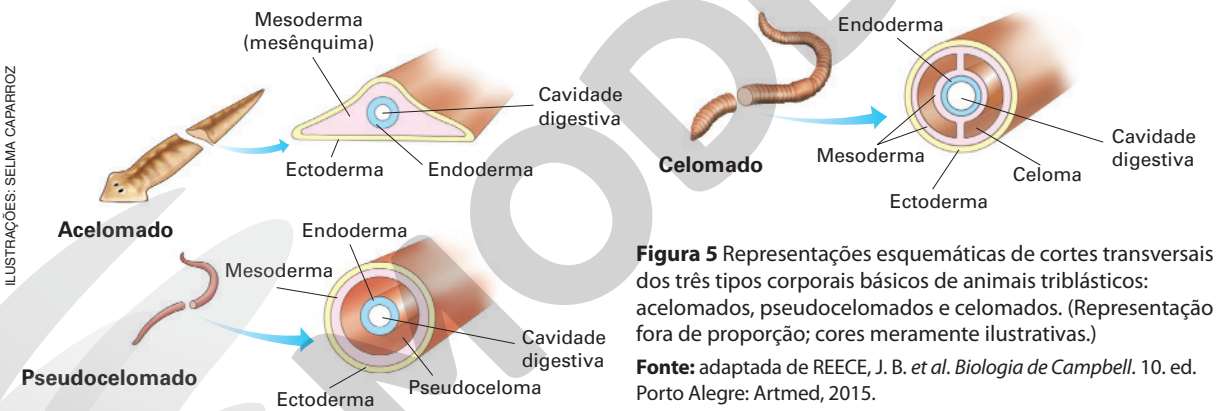
Uma aquisição evolutiva importante dos animais foi o **sistema digestivo de fluxo unidirecional** (anteriormente chamado de sistema digestivo completo), o qual é dotado de duas aberturas: a boca, por onde o alimento entra, e o **ânus**, por onde são eliminados os restos da digestão. No embrião dos animais, na fase em que é esboçado o sistema digestivo (fase de gástrula), há apenas uma abertura de comunicação entre a futura cavidade digestiva e o meio externo: o blastóporo. A passagem evolutiva para o sistema digestivo com fluxo unidirecional ocorreu com o aparecimento de uma segunda abertura no arquêntero.

Curiosamente, uma linha divisória entre duas linhagens ancestrais dos animais refere-se ao destino do blastóporo: em uma das linhagens, o blastóporo origina a boca, sendo o ânus uma neoformação, ou seja, a segunda abertura a surgir. Na outra linhagem, o blastóporo origina o ânus e a boca surge depois, como uma neoformação. Animais em que o blastóporo origina a boca são denominados **protostômios** (do grego *protos*, primeiro, e *stoma*, boca), enquanto aqueles em que o blastóporo origina o ânus são chamados de **deuterostômios** (do grego *deuteros*, segundo). Dos filos de animais que estudaremos neste livro são protostômios os: nematódeos, os moluscos, os anelídeos e os artrópodes. São deuterostômios: os equinodermos e os cordados, grupo ao qual pertencemos.

Cavidades corporais e metameria

Em muitos grupos animais, o corpo apresenta espaços internos, geralmente preenchidos por líquido ou por tecidos celulares frouxos, que desempenham funções como absorção de choques mecânicos, distribuição de substâncias, apoio à ação dos músculos, entre várias outras. Na maioria dos animais, essa cavidade corporal é revestida completamente por um tecido de origem mesodérmica, sendo denominada **celoma** (do grego *kóilos*, cavidade).

Animais com celoma – moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e cordados – são chamados de **celomados**. Apenas nos nematódeos a cavidade corporal é revestida em parte por mesoderma e em parte por endoderma, sendo denominada **pseudoceloma** (do grego *pseudos*, falso). Por isso os nematódeos são considerados animais **pseudocelomados**. Os platelmintos são os únicos animais triblásticos estudados neste livro que não apresentam cavidade corporal; eles são chamados **acelomados** (Fig. 5).



ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Figura 5 Representações esquemáticas de cortes transversais dos três tipos corporais básicos de animais triblásticos: acelomados, pseudocelomados e celomados. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Uma estratégia evolutiva considerada importante na adaptação animal é a segmentação corporal, ou **metameria**, que consiste em apresentar, ao menos na fase embrionária, o corpo organizado em segmentos transversais iguais ou semelhantes, os **metâmeros**. Acredita-se que uma das principais vantagens da metameria seja conferir ao animal maior versatilidade em sua movimentação corporal. Estudos recentes sugerem que a metameria pode ter surgido de forma independente nas linhagens ancestrais dos três grupos de animais que exibem segmentação corporal: anelídeos, artrópodes e cordados. A presença ou não de metameria não refletiria, nesses casos, relações de parentesco evolutivo entre esses grupos, uma vez que seriam adaptações voltadas ao desempenho de função semelhante, o que os biólogos denominam convergência evolutiva (Fig. 6).

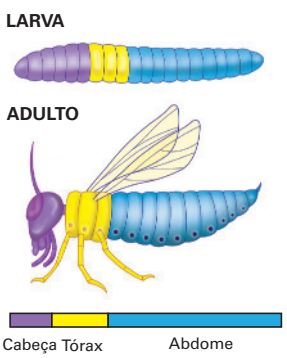


Figura 6 Representações esquemáticas do corpo de uma larva e de um inseto adulto; as cores indicam a correspondência entre os metâmeros desses dois estágios do ciclo de vida. Nos insetos, alguns metâmeros da larva se fundem para formar as diversas partes do corpo do animal adulto. (Representação fora 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.

Uma filogenia animal

Observe, ao lado, uma filogenia que relaciona os nove filos estudados neste livro, elaborada com base em informações anatômicas e genéticas obtidas em diversos estudos recentes (Fig. 7).

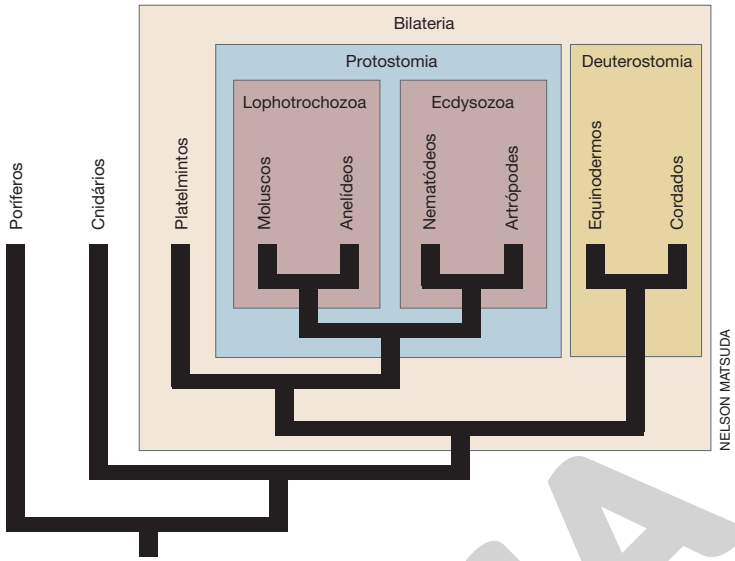


Figura 7 Filogenia que mostra possíveis relações evolutivas entre os nove principais filos animais. Moluscos e anelídeos são reunidos em um mesmo grupo, ou clado – Lophotrochozoa –, com base em semelhanças genéticas e na presença de mesmo tipo de larva em algumas espécies dos dois filos. Nematódeos e artrópodes, além das similaridades genéticas, apresentam um mesmo tipo de muda de exoesqueleto (ecdise), sendo por isso reunidos no clado Ecdysozoa.

3. Sistemas corporais dos animais

Os animais são organismos heterotróficos e obtêm as substâncias orgânicas necessárias ao seu sustento com a ingestão de outros seres vivos inteiros, de suas partes ou mesmo de seus cadáveres.

A energia necessária ao funcionamento corporal animal vem principalmente da respiração aeróbica, processo intracelular em que certas substâncias orgânicas provenientes do alimento são degradadas a CO_2 e H_2O com a participação do gás oxigênio obtido do meio. Os principais subprodutos do metabolismo – gás carbônico e excreções nitrogenadas – são constantemente eliminados do corpo.

Os poríferos não apresentam tecidos nem órgãos. Sua alimentação ocorre por meio de células flageladas especiais localizadas em cavidades corporais, os coanócitos, que capturam partículas alimentares da água, digerindo-as intracelularmente e distribuindo os nutrientes obtidos às demais células corporais.

Todos os outros animais apresentam tecidos verdadeiros, que em diversos grupos estão reunidos constituindo órgãos e sistemas corporais. Os tipos de tecido e a complexidade de órgãos e sistemas variam na escala zoológica, mas há quatro sistemas corporais básicos no organismo animal: o sistema digestivo, o sistema respiratório, o sistema circulatório e o sistema urinário ou excretor.

Sistemas digestivos

Em todos os animais, exceto em poríferos, o alimento é ingerido pela boca e segue para uma cavidade em forma de bolsa ou tubo, onde é eventualmente umedecido, triturado e digerido por enzimas. Essa digestão que ocorre exclusivamente na cavidade digestiva, externamente às células, é denominada **digestão extracelular**. Os produtos resultantes dessa digestão extracelular são absorvidos por células do revestimento da cavidade digestiva e dali distribuídos a todas as células do corpo do animal.

Em cnidários e platelmintos, que apresentam sistema digestivo de fluxo bidirecional, a digestão dos alimentos começa extracelularmente na cavidade digestiva e se completa no interior das células. Nesse caso, fala-se em **digestão extra e intracelular**. Nos platelmintos, a maior parte da digestão ocorre extracelularmente, e apenas pequena parte dela se completa dentro das células da cavidade digestiva.

Animais cujo sistema digestivo tem fluxo unidirecional apresentam digestão extracelular, que ocorre na cavidade digestiva à medida que o alimento se desloca em sentido único, da boca para o ânus. Dependendo da espécie animal, o tubo digestivo pode apresentar regiões especializadas, como a cavidade bucal, a faringe, o esôfago, o estômago e o intestino, que se abre para o exterior pelo ânus.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

O objetivo desta atividade é compreender quais foram as principais soluções adaptativas que permitiram a diversos grupos de animais habitar a terra firme. Uma sugestão para iniciar a atividade é fazer um levantamento dos ambientes em que vivem representantes dos principais filos de animais. Baseie-se na descrição dos filos apresentada no item **1. Principais grupos animais** e represente suas observações em uma tabela que correlacione os nove filos animais estudados e os ambientes em que vivem seus principais representantes, exemplificando. Em seguida responda: quais teriam sido os sistemas corporais mais afetados na conquista da terra firme? Redija um texto objetivo sobre o assunto. Troque suas respostas com colegas para avaliar diferenças de ponto de vista ao responder uma questão.

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

MODERNA

A faringe é a porção do tubo digestivo que se segue à cavidade bucal, apresenta diferenças entre os diversos grupos animais. Minhocas têm a faringe ligada a feixes musculares, que lhes possibilitam sugar alimento. O estômago é uma região dilatada do tubo digestivo em que atuam enzimas responsáveis pela digestão de certos componentes do alimento, antes de sua passagem para o intestino, onde a digestão se completa e ocorre absorção dos nutrientes do alimento digerido.

Em diversos animais, condutos provenientes do sistema urinário – e, em muitos casos, também do sistema genital – desembocam em uma região dilatada da porção terminal do intestino, a **cloaca**, presente em invertebrados (como insetos) e em vertebrados – como anfíbios, répteis e aves. O sistema digestivo geralmente apresenta glândulas associadas que auxiliam no processo de digestão; algumas delas são as glândulas salivares, o fígado e o pâncreas (Fig. 8).

ILUSTRAÇÃO: CECÍLIA IWASHITA

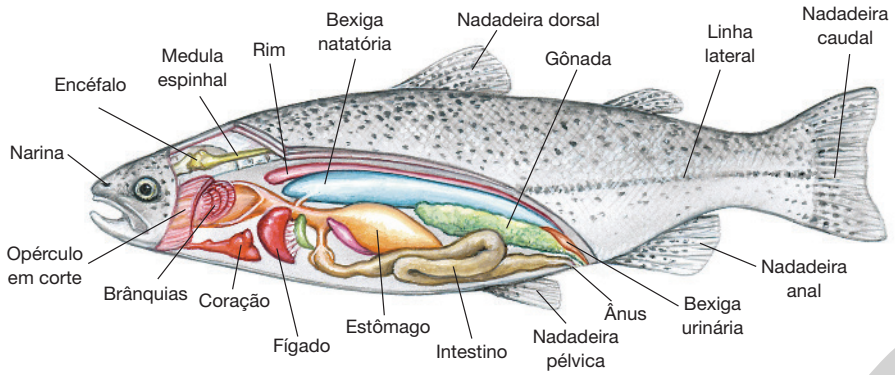


Figura 8 Representação esquemática da anatomia de um peixe (truta), mostrando alguns órgãos internos, com destaque para o sistema digestivo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Sistemas respiratórios

A obtenção de gás oxigênio necessário à respiração das células e a remoção de gás carbônico produzido nesse processo ocorrem por meio da **respiração corporal**, que consiste na realização das trocas gasosas entre o corpo do animal e o ambiente. Os animais apresentam diferentes formas de respiração corporal, das quais destacamos as principais a seguir.

Respiração cutânea

Diversos animais realizam suas trocas gasosas pela superfície corporal, a chamada **respiração cutânea** (do latim *cutis*, pele). A superfície corporal do animal deve estar sempre úmida, para permitir a difusão dos gases. A respiração cutânea, portanto, só ocorre em animais que vivem na água ou em ambientes úmidos, como poríferos, cnidários, platelmintos, nematódeos, alguns anelídeos e anfíbios.

Respiração traqueal

Insetos são artrópodes adaptados à vida em terra firme. Nesses animais, as trocas gasosas são realizadas por um sistema interno de tubos corporais dotados de reforços espiralados nas paredes, por isso denominados traqueias, as quais formam um sistema altamente ramificado, responsável pela **respiração traqueal**. O sistema traqueal comunica-se com a superfície do corpo por meio de poros – os **espiráculos** –, por onde penetra o ar atmosférico rico em gás oxigênio; esse gás percorre, então, o sistema de traqueias muito ramificadas, chegando diretamente a todas as células corporais. O gás carbônico produzido no metabolismo celular, por sua vez, faz o caminho inverso, passando para as traqueias, e delas para o exterior. A respiração traqueal não tem nenhuma relação funcional com a circulação sanguínea, como ocorre em outros animais, uma vez que as traqueias garantem que o gás oxigênio chegue diretamente a todas as células corporais, sem intermediação dos líquidos que circulam no corpo (Fig. 9).

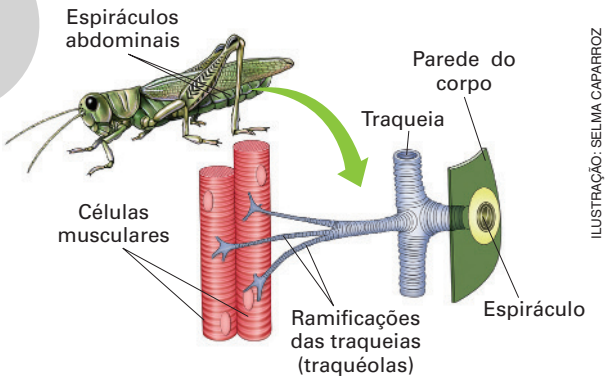


ILUSTRAÇÃO: SELMA CAPARROZ

Figura 9 Representação simplificada do sistema respiratório traqueal dos insetos, pelo qual o ar atmosférico atinge diretamente os tecidos e as células, sem intermediação de outros sistemas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Dialogando com o texto

Esta atividade propõe uma reflexão sobre a correlação entre a eficiência de inseticidas em aerossóis, que liberam microgotículas no ar, e o sistema traqueal de respiração dos insetos. Compare com outros sistemas respiratórios. Escreva um texto objetivo para tratar dessa correlação, justificando sua suposta eficiência.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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

MODERNA

Respiração branquial

Em diversos animais aquáticos, as trocas gasosas com a água ocorrem por meio de estruturas especializadas, as **brânquias**, que são dobras externas da superfície corporal ricas em vasos sanguíneos. A respiração branquial está presente em peixes, em crustáceos e em diversos anfíbios, equinodermos, anelídeos e moluscos. Ao passar pelos vasos que irrigam as brânquias, o fluido circulatório – sangue ou linfa, dependendo do animal – fica tão próximo da água que permite trocas gasosas eficientes com o ambiente aquático por meio da difusão (Fig. 10).

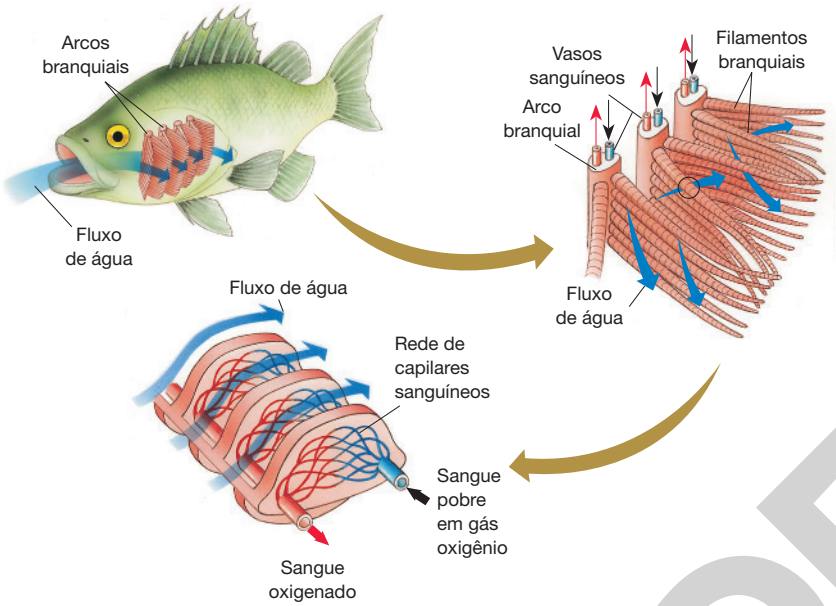


ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

Figura 10 Representação esquemática da estrutura das brânquias de um peixe mostrando detalhes do caminho da água entre os filamentos branquiais (setas azuis). Os arcos das brânquias são estruturas ósseas ou cartilaginosas que sustentam filamentos branquiais (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Respiração pulmonar

Animais como certos moluscos, a maioria dos anfíbios adultos, répteis, aves e mamíferos, além de algumas espécies de peixe, executam trocas gasosas com o ar por meio de órgãos corporais internos ricamente vascularizados, os **pulmões**. Fala-se, nesses casos, em **respiração pulmonar**.

A estrutura dos pulmões varia nos diferentes animais. Nos moluscos, os pulmões são bolsas ricamente vascularizadas. Pulmões de sapos e de rãs têm várias dobras internas que formam compartimentos vascularizados. Pulmões de répteis são ainda mais complexos que os dos anfíbios.

Nas aves, os pulmões são constituídos por finíssimos tubos paralelos chamados de **parabronquíolos**. A parede dos parabronquíolos é irrigada por grande quantidade de capilares sanguíneos, o que possibilita as trocas gasosas entre o sangue e o ar inalado pela ave. Os pulmões das aves comunicam-se com os sacos aéreos, que são bolsas que se distribuem nas regiões anterior e posterior do corpo e penetram em alguns ossos.

Nos mamíferos, os pulmões são envoltos por membranas, as pleuras, que envolvem milhões de minúsculas bolsas – os **alvéolos pulmonares** – que se localizam nas extremidades de tubos finíssimos denominados **bronquíolos**. As paredes dos alvéolos são envoltas por grande quantidade de capilares sanguíneos, possibilitando alta eficiência nas trocas gasosas entre o sangue e o ar inspirado que chega aos alvéolos (Fig. 11).

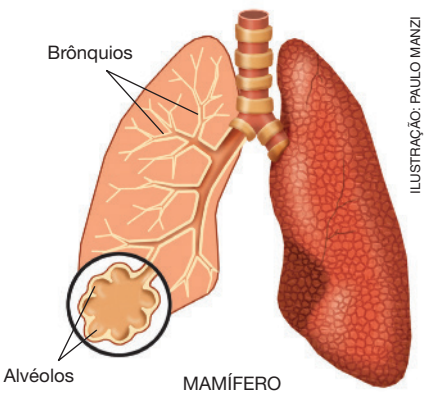


ILUSTRAÇÃO: PAULO MANZI

Figura 11 Representação esquemática dos pulmões de um mamífero, um deles cortado para mostrar sua estrutura interna. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de SADAVA, D. *et al. Vida:* a ciência da Biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

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

MODERNA

Sistemas circulatórios

Os nutrientes absorvidos no tubo digestivo, assim como o gás oxigênio absorvido em órgãos respiratórios, precisam chegar rapidamente a todas as células do corpo, nas quais ocorre incessante atividade metabólica. Ao mesmo tempo, o gás carbônico e as excreções gerados no metabolismo das células precisam ser eliminados do corpo do animal. Ao longo de sua evolução, os animais desenvolveram diversas estratégias para garantir o transporte de substâncias pelo corpo.

Em poríferos, cnidários e platelmintos, a distribuição de substâncias ocorre por **difusão** célula a célula. Embora seja relativamente lenta, a difusão é eficiente em animais de corpo pequeno, nos quais todas as células estão próximas da cavidade digestiva e de superfícies respiratórias.

Nos nematódeos, a distribuição de substâncias no corpo ocorre por meio do líquido que preenche o pseudoceloma. O gás oxigênio absorvido pela superfície corporal e os nutrientes assimilados pela parede do tubo digestivo difundem-se para o líquido pseudocelômico, que os transporta a todas as partes do corpo. Processo inverso se dá com substâncias excretadas pelas células.

Anelídeos, moluscos, artrópodes e cordados apresentam sistemas circulatórios constituídos por redes de tubos ramificados, os **vasos circulatórios**. Nos vasos circula um fluido, que pode ser sangue ou hemolinfa, responsável pela distribuição de nutrientes e gás oxigênio para as células e pelo recolhimento de gás carbônico e excreções nitrogenadas produzidos no metabolismo celular.

Em muitos sistemas circulatórios, a movimentação do líquido no sistema deve-se à contração de células musculares, que podem tanto se localizar nas paredes dos próprios vasos como formar um órgão especializado – o **coração** –, que se contrai ritmicamente, mantendo o fluxo do fluido circulatório. Animais como minhocas e insetos podem apresentar mais de um coração.

Por definição, vasos sanguíneos que partem do coração e levam fluido circulatório para as diversas partes do corpo são denominados **artérias**. Vasos que trazem o líquido circulatório das diversas partes do corpo de volta ao coração são chamados de **veias**.

A maioria dos moluscos e dos artrópodes apresenta **sistema circulatório aberto**, no qual as artérias terminam em cavidades localizadas entre os tecidos corporais, as **hemocelas**. Nos sistemas circulatórios abertos, o fluido circulatório é denominado **hemolinfa**. Esta entra em contato direto com os tecidos em torno das hemocelas, o que permite o intercâmbio de substâncias entre células e hemolinfa. Das hemocelas, a hemolinfa segue pelas veias, penetrando no coração por orifícios chamados óstios, aberturas cardíacas dotadas de válvulas que evitam o refluxo de hemolinfa quando o coração se contrai (Fig. 12).

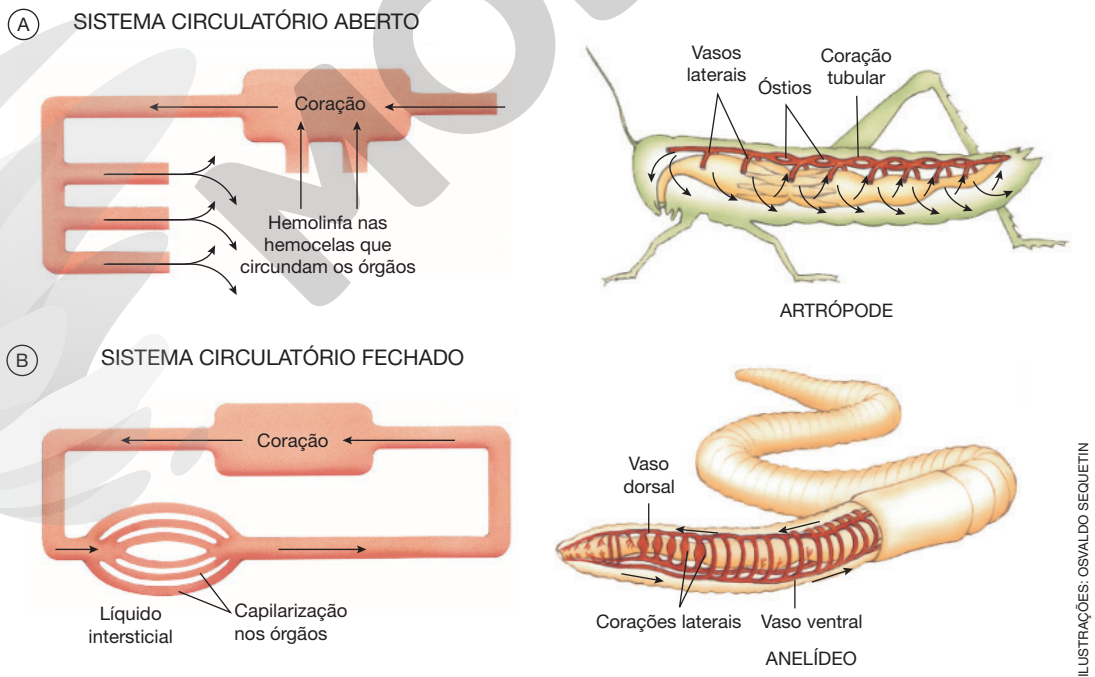


Figura 12 Representações esquemáticas de um sistema circulatório aberto (em artrópode) (A) e de um sistema circulatório fechado (em anelídeo) (B). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

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

MODERNA

Em animais como anelídeos, moluscos cefalópodes e cordados, os vasos circulatórios formam um circuito fechado, ou seja, o fluido circulatório movimenta-se sempre dentro de vasos. Nos **sistemas circulatórios fechados**, o fluido circulatório é denominado **sangue**. As artérias ramificam-se progressivamente a partir do coração, tornando-se cada vez mais finas. Junto aos tecidos corporais, os vasos sanguíneos são tão finos que recebem o nome de **capilares sanguíneos**, por serem mais finos que um fio de cabelo. A parede dos capilares tem apenas uma camada de células de espessura, o que permite a difusão de substâncias nutrientes e gás oxigênio do sangue para as células; gás carbônico e substâncias excretadas fazem o caminho inverso, penetrando nos capilares e sendo levados pelo sangue. Os capilares reúnem-se e formam veias, que se juntam e aumentam de espessura conforme se aproximam do coração, para onde o sangue retorna.

Sistemas excretores

A principal substância excretada pelas células animais é a **amônia** (NH_3), substância resultante da degradação de moléculas orgânicas ricas em nitrogênio, principalmente proteínas e ácidos nucleicos. A amônia é tóxica e deve ser rapidamente eliminada do corpo ou transformada em substâncias menos perigosas, que possam aguardar mais tempo até a excreção. Animais aquáticos ou que vivem em ambientes úmidos, como minhocas e larvas de anfíbios (girinos), excretam a amônia que produzem pela superfície corporal.

Mamíferos convertem a amônia em **ureia**, substância menos tóxica, mas altamente solúvel, o que demanda volume de água relativamente grande para ser eliminada. A perda de água na excreção pode ser um problema para animais que vivem em regiões secas. Insetos, répteis e aves convertem a amônia em **ácido úrico**, substância pouco tóxica e pouco solúvel em água, o que permite ser muito concentrada na urina. Aves e répteis, por exemplo, eliminam juntamente com a fezes uma massa esbranquiçada de consistência pastosa, é a urina rica em ácido úrico.

Poríferos e cnidários, animais em que praticamente todas as células estão em contato direto com a água do ambiente, não têm sistema excretor e eliminam a amônia por simples difusão através das membranas celulares. Todos os outros animais têm **sistemas excretores** que atuam na eliminação de substâncias tóxicas ou indesejáveis do organismo.

Platelmintos apresentam sistema excretor constituído por **protonefrídios**. Essas estruturas são compostas de células flageladas denominadas célula-flama, ou solenócitos, que absorvem água e excreções dos espaços intercelulares, impulsionando-as para túbulos excretores; estes se unem e desembocam em poros excretores localizados na superfície corporal (Fig. 13).

Em nematódeos, as excreções nitrogenadas e outras substâncias indesejáveis são lançadas pelas células no líquido do pseudoceloma. Parte dessas substâncias, principalmente as excreções nitrogenadas, é eliminada por simples difusão através da parede intestinal. Outras substâncias indesejáveis são eliminadas por dois canais excretores dispostos ao longo das laterais do corpo do animal.

Anelídeos e moluscos têm órgãos excretores chamados de **metanefrídios**. Cada metanefrídio é um tubo aberto nas duas extremidades; uma delas, mais alargada e em forma de um funil ciliado (nefróstoma), abre-se no celoma, enquanto a outra desemboca em um poro excretor na superfície do corpo. Moluscos apresentam de um a sete pares de metanefrídios, cujos funis ciliados removem as excreções, conduzindo-as até poros excretores que se abrem na superfície do corpo. Anelídeos como a minhoca têm um par de metanefrídios por segmento corporal. O funil de cada nefrídio se abre no celoma, do segmento anterior, de onde remove as excreções, que são eliminadas por um poro situado na parede lateral do segmento (Fig. 14).

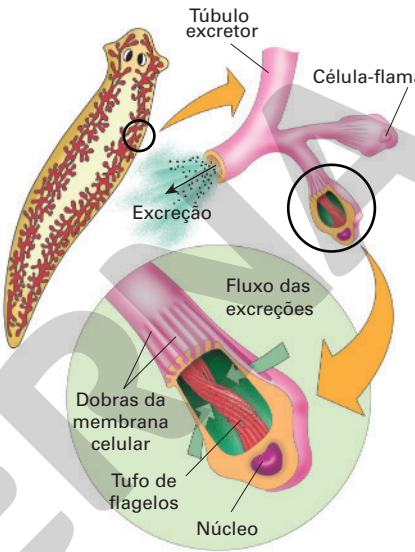


Figura 13 Esquema da organização do protonefrídio na planária, mostrando a célula-flama. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

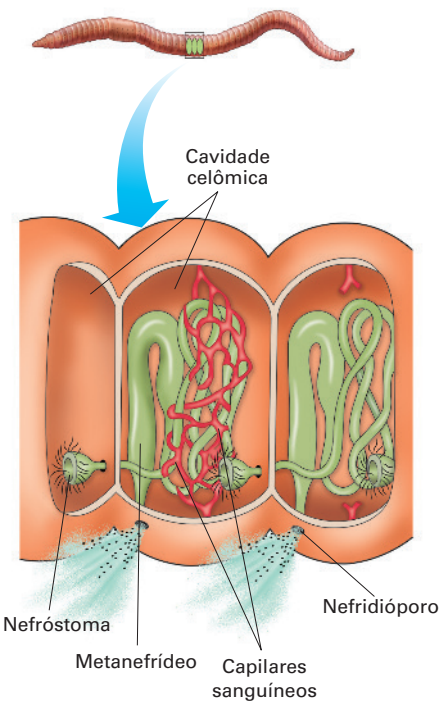


Figura 14 Representação esquemática da organização de metanefrídios da minhoca. No metâmero mais à direita, não foram representados os capilares sanguíneos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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.

MODERNA

Artrópodes podem apresentar diferentes tipos de órgão excretor. Em crustáceos, por exemplo, a excreção ocorre por meio de duas glândulas semelhantes a metanefrídios, que se abrem na base das antenas, sendo denominadas **glândulas antenais** (ou glândulas verdes). Na maioria das espécies de aranha, a excreção é realizada por glândulas excretoras localizadas na base das pernas, que por esse motivo são chamadas de **glândulas coxais**; o funcionamento dessas glândulas ocorre de modo similar ao das glândulas antenais dos crustáceos.

Insetos, miriápodes (quilópodes e diplópodes) e algumas espécies de aranha eliminam suas excreções por meio de estruturas tubulares alongadas presentes na hemocela, os **túbulos de Malpighi**. Uma das extremidades do túbulo de Malpighi é fechada, enquanto a outra se comunica com a região mediana do intestino. Os túbulos de Malpighi removem as excreções da hemolinfa e as lançam no intestino, de onde são eliminadas com as fezes (Fig. 15).

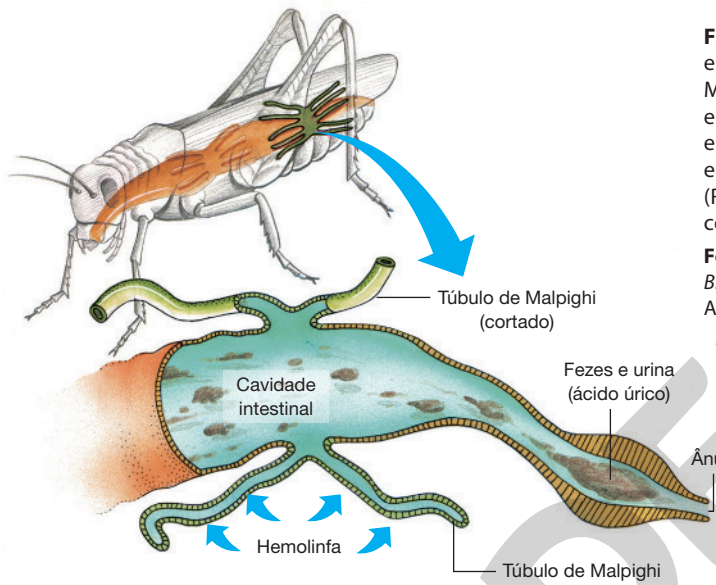


Figura 15 Representação esquemática dos túbulos de Malpighi de um inseto. Essas estruturas absorvem excreções e sais da hemolinfa (setas), eliminando-os no intestino. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

As estruturas excretoras dos vertebrados são os **néfrons**, que ficam agrupados em órgãos denominados **rins**. O néfron é um tubo especializado, com uma das extremidades em forma de taça, a cápsula renal, que envolve um pequeno novelo de capilares sanguíneos, o chamado **glomérulo renal**. O sangue que circula nos glomérulos é filtrado pelas células da cápsula renal e as excreções são conduzidas por canais excretores até uma bexiga urinária ou diretamente para fora do corpo.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Escreva, no caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 5.

a) respiração branquial
b) respiração celular
c) respiração cutânea
d) respiração pulmonar
e) respiração traqueal

1. A (■) é realizada por muitos animais aquáticos, por meio de órgãos filamentosos externos ricamente vascularizados.
1. a

2. Animais cujas trocas gasosas com o ambiente ocorrem por toda a superfície corporal, e não apenas em áreas especializadas, têm (■).
2. c

3. O processo metabólico em que moléculas orgânicas reagem com gás oxigênio, produzindo gás carbônico e água e disponibilizando energia para as atividades vitais, é a (■).
3. b

4. A (■) é um processo de trocas gasosas em que o ar atmosférico chega diretamente aos tecidos corporais por meio de um sistema de túbulos ramificados.
4. e

5. A (■) é realizada por diversos animais de terra firme, em órgãos ricamente vascularizados internos ao corpo.
5. d

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

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. Suponha que alguém lhe diga que um cientista descobriu o primeiro "porífero de terra firme". Argumente, com base nas características das esponjas, que a notícia não pode ser verdadeira.

2. 2. a (Uece) A respiração animal proporciona o suprimento do gás oxigênio e a remoção do gás carbônico através das trocas gasosas com o ambiente. É correto afirmar que na respiração

a) cutânea as trocas gasosas ocorrem pela superfície do corpo de animais que habitam ambientes aquáticos ou úmidos.

b) pulmonar as trocas gasosas ocorrem nos pulmões, os quais apresentam pequena área superficial e podem ser inflados e desinflados.

c) traqueal são as traqueias que se abrem em estruturas específicas, as quais se comunicam com o sistema circulatório.

d) branquial os vasos que irrigam as brânquias ficam próximos o suficiente da água para possibilitar as trocas gasosas com o ambiente terrestre.

3. 3. d (Unicamp-SP) Os anfíbios constituem um dos grupos de animais com maior número de espécies ameaçadas de extinção. Entre outras razões, isso ocorre porque eles são suscetíveis à contaminação por substâncias nocivas e à infecção por fungos. Os anfíbios apresentam tal suscetibilidade porque têm

a) hábitos aquáticos, que os tornam suscetíveis a predadores.

b) pulmões bem desenvolvidos, que acumulam impurezas e fungos.

c) sangue frio, que diminui a atividade de enzimas hepáticas.

d) pele úmida e permeável, que possibilita a respiração cutânea.

4. 4. b (Vunesp) Excreção nada mais é que um processo de remoção de substâncias tóxicas, realizado por estruturas especializadas. A alternativa que não apresenta correspondência entre o animal e a estrutura excretora respectiva é a

a) paramécio, vacúolo contrátil.

b) planária, nefrídio.

c) gafanhoto, túbulos de Malpighi.

d) caranguejo, glândulas antenares.

e) sapo, rim.

5. 5. a (PUC-SP) Um animal é triblástico, apresenta simetria radial, trato digestivo completo, mas não apresenta órgãos excretores nem segmentação.

Trata-se de um

a) equinodermo.

b) celenterado.

c) porífero.

d) molusco.

e) anelídeo.

6. 6. a (UFC-CE) Na história evolutiva dos animais, destaca-se o aparecimento das seguintes características: simetria bilateral, presença de três folhetos germinativos, cavidade digestória completa com boca e ânus, cavidade corporal e metameria. Com relação à ocorrência destas características entre os diversos grupos animais, qual é a alternativa correta?

a) Todos os animais com metameria apresentam cavidade corporal e simetria bilateral.

b) Todos os animais com simetria bilateral apresentam metameria e três folhetos germinativos.

c) Todos os animais com cavidade corporal apresentam três folhetos germinativos e metameria.

d) Todos os animais com cavidade digestória completa apresentam simetria bilateral e metameria.

e) Todos os animais com três folhetos germinativos apresentam cavidade digestória completa e cavidade corporal.

7. A osmose é um processo físico-químico de grande importância para os seres vivos. Basta dizer que muitas das atividades metabólicas de diversos seres vivos dependem da osmose. Esta atividade propõe inicialmente uma consulta aos professores da área de Química sobre osmose. Procure esclarecer os seguintes pontos: a) o que é osmose? b) quais as condições necessárias para sua ocorrência? De posse dessas informações, passamos à área biológica, em particular ao grupo dos protozoários. Pesquise em livros e na internet e responda às questões a seguir: a) Por que protozoários que vivem em água doce apresentam estruturas intracelulares que se enchem de água e a eliminam periodicamente para fora da célula (os vacúolos contráteis, ou pulsáteis)? b) Por que se diz que esses vacúolos exercem a função de regulação osmótica, ou osmorregulação, desses organismos unicelulares? c) Protozoários que vivem em água salgada geralmente não apresentam vacúolos contráteis; tente formular uma hipótese para explicar por que isso ocorre. d) Para finalizar, imagine que você realizasse a seguinte experiência: contaria o número de esvaziamentos (pulsações) do vacúolo por unidade de tempo em protozoários de água doce. Em seguida, prepararia lâminas contendo gotas de solução salina de concentração crescente e mergulharia em cada uma delas os protozoários em estudo. O que seria esperado quanto ao tempo de pulsação do vacúolo contrátil em função do aumento de salinidade? Por quê?

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

MODERNA

CAPÍTULO

6 COMPOSTOS INORGÂNICOS

PIYA SUKCHIT/SHUTTERSTOCK

PIYA SUKCHIT/ SHUTTERSTOCK

A cultura hidropônica é realizada sem solo. Nessa técnica, as raízes das plantas absorvem uma solução aquosa nutritiva que flui por tubos.

A água é uma substância inorgânica que, no estado de agregação líquido, está presente em todos os seres vivos. Entre outras funções relevantes, esse líquido dissolve substâncias relacionadas ao funcionamento saudável de diferentes organismos. Quando dizemos que uma substância está dissolvida em outra, estamos afirmando que elas formam uma mistura com uma única fase, denominada mistura homogênea ou solução. Se a substância estiver dissolvida em água, dizemos que se trata de uma **solução aquosa**.

Na natureza, por exemplo, a dissolução de substâncias na água é importante para fornecer nutrientes a alguns tipos de plantas aquáticas, cujas raízes são encontradas na água. Na agricultura, essa capacidade da água é fundamental para a cultura hidropônica, forma de cultivo realizada sem solo. Nessa cultura, as plantas são posicionadas em tubos, com as raízes voltadas para o interior deles, por onde flui, periodicamente, uma solução aquosa contendo íons para a nutrição vegetal, entre eles nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}), potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}) e sulfato (SO_4^{2-}).

Várias são as vantagens da cultura hidropônica em relação à que utiliza o solo. Como ela está associada a um sistema de cultivo em ambiente protegido, a água fornecida às plantas na forma de solução nutritiva pode ser reutilizada várias vezes, evitando desperdício. O ambiente protegido permite redução ou eliminação do uso de agrotóxicos, em função da barreira física que impede a entrada de pragas. A produção fora de época é outra vantagem desse tipo de cultura, pois o controle de parâmetros sazonais, como luminosidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes, permite que os cultivos ocorram em diferentes períodos ao longo do ano.

Neste capítulo, estudaremos que soluções aquosas com íons livres em sua composição, como a solução nutritiva da cultura hidropônica, denominadas soluções eletrolíticas, podem ter características diferenciadas que dependem das substâncias que nelas foram dissolvidas.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT104
- EM13CNT203
- EM13CNT205
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT304
- EM13CNT305
- EM13CNT306
- EM13CNT307
- EM13CNT309
- EM13CHS502

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

MODERNA

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Objetivo: Testar alguns materiais empregando tornassol e fenolftaleína.

Material

- solução alcoólica de fenolftaleína em frasco conta-gotas
- papel de tornassol vermelho
- papel de tornassol azul
  (caso não tenham acesso aos materiais acima, pode-se substituir por extrato de repolho roxo)
- vinagre (incolor ou de cor clara)
- suco de limão (**CUIDADO**: não se exponha ao sol após eventual contato com a fruta, pois seu sumo acarreta manchas na pele; se houver contato, lave bem a pele com água e sabão.)
- refrigerante (incolor ou de cor clara)
- pedaço de sabão em barra
  (cerca de 2 cm × 2 cm × 1 cm)
- uma colher (de café) de cinza vegetal (**CUIDADO**: não toque nela nem a deixe encostar em nenhuma parte de seu corpo. As cinzas têm efeito corrosivo sobre a pele e os olhos.)
- pasta de dente (quantidade igual à que usaria na escova)
- água destilada
- 6 vidros de relógio (se não houver, substitua-os por pires)
- 4 conta-gotas limpos

Procedimento

1. Disponham os vidros de relógio (ou os pires) sobre a bancada ou mesa. Em três deles, coloquem, separadamente, 2 mL (isto é, 40 gotas) de: vinagre, suco de limão e refrigerante. Usem um conta-gotas para cada líquido.
2. Nos outros três, coloquem o sabão, a cinza e a pasta de dente. Adicionem 10 gotas de água destilada (com conta-gotas limpo) sobre o sabão, 20 gotas sobre a cinza e 10 gotas sobre a pasta de dente.
3. Usem tirinhas de papel de tornassol azul para testar cada material (uma tirinha para cada um). O teste é realizado encostando cerca de 1 cm da ponta da tirinha no material por cerca de 2 segundos e observando se a cor dela se altera ou não para avermelhado. Anotem os resultados.
4. Repitam o teste com papel de tornassol vermelho. Usem uma tirinha para cada material. Nesse caso, observem se a cor da tirinha se altera ou não para azul. Anotem os resultados.
5. Adicionem 5 gotas de solução de fenolftaleína sobre cada material e observem se há alteração do aspecto incolor dela em cada caso. Anotem os resultados.
6. As tirinhas usadas de papel de tornassol devem ser descartadas no lixo comum. Os demais materiais devem ser lavados na pia.

Conclusões

Criem um critério para classificar os materiais testados em grupos, de acordo com os resultados. Um representante de cada equipe deve expor à sala o critério e a classificação que o grupo criou. Após o debate, realizado com a mediação do professor, a classe chega a um consenso sobre essa classificação? (Refaçam testes, se necessário.)

Elaborem, em equipe, um relato do procedimento seguido, do resultado observado e da explicação proposta. Divulguem-no em um *blog*, *podcast* ou vídeo (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro), conforme determinação do professor.

1. Dissociação iônica e ionização

O cloreto de sódio, NaCl, é um composto constituído de íons (composto iônico), sólido nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm). Os íons presentes nessa substância constituem um arranjo organizado, o retículo cristalino iônico (Fig. 1). Quando o cloreto de sódio é dissolvido em água, os íons são separados devido às atrações eletrostáticas entre eles e as moléculas de água (comentadas logo a seguir), desfazendo-se o retículo cristalino iônico. Tanto os cátions (íons positivos) como os ânions (íons negativos) passam a estar rodeados de moléculas de água (Fig. 2) e, nessa situação, dizemos que tais íons estão **solvatados**.

A separação dos íons de uma substância iônica que acontece quando ela se dissolve em água é chamada **dissociação iônica** e pode ser representada por uma equação química. No caso do NaCl, a equação química é:

$$NaCl\,(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

Essa equação pode ser interpretada como: cloreto de sódio sólido, ao se dissolver em água, dissocia-se em cátions Na^+ aquosos e ânions Cl^- aquosos.

A molécula de água apresenta um dipolo elétrico (Capítulo 3). Assim, o oxigênio, que contém a carga parcial negativa nessa molécula, atrai os cátions do sal. Já o hidrogênio, que contém a carga parcial positiva, atrai os ânions. As atrações eletrostáticas entre os íons e os polos das moléculas de água com carga de sinal oposta à deles, denominadas **interações** (ou **forças**) **íon-dipolo**, são um dos fatores responsáveis pela dissociação iônica. Essas interações também acarretam o arranjo das moléculas de água ao redor de cada íon solvatado pela água (Fig. 2).

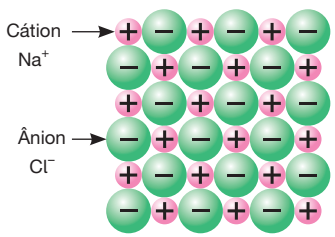


Figura 1 Representação de NaCl sólido. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

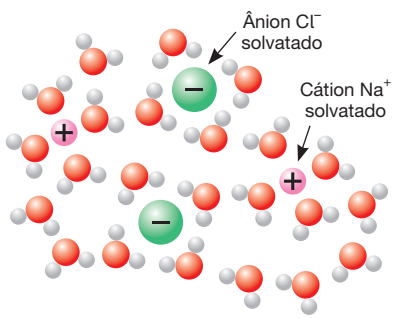


Figura 2 Representações de íons Na^+ e Cl^- em uma solução aquosa de NaCl. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: ISRAELACHVILI, J. N. *Intermolecular and surface forces*. 3. ed. Waltham: Academic Press, 2011.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

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

MODERNA

Um material pode conduzir corrente elétrica desde que apresente partículas eletricamente carregadas e dotadas de mobilidade. A solução aquosa de NaCl possui íons livres, $Na^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$, e isso explica o fato experimental de ela conduzir corrente elétrica. Misturas homogêneas condutoras de corrente são chamadas de **soluções eletrolíticas**.

A ureia, CH_4N_2O ou $(NH_2)_2CO$, é uma substância molecular, sólida a 25 °C e 1 atm, bastante solúvel em água. Quando a ureia está sólida, suas moléculas estão organizadas em um retículo cristalino molecular (Fig. 3) com ligações de hidrogênio entre o átomo de oxigênio de uma molécula e o átomo de hidrogênio que esteja ligado ao nitrogênio em outra molécula. Quando ela é dissolvida em água, suas moléculas são separadas (em razão das intensas interações intermoleculares estabelecidas com as moléculas de água) e solvatadas (Fig. 4). A solvatação se deve às **ligações de hidrogênio** estabelecidas entre ureia e água, particularmente entre os átomos de hidrogênio (H) da água e o átomo de oxigênio (O) da ureia e entre os átomos de H da ureia e o átomo de O da água. Atente à esquematização (Fig. 4) que representa a disposição das moléculas de água ao redor de cada molécula solvatada.

A dissolução da ureia em água é representada pela equação química a seguir.

$$CH_4N_2O(s) \xrightarrow{H_2O} CH_4N_2O(aq)$$

Nesse caso, **não** há íons em solução, e isso explica por que a mistura homogênea de ureia e água (solução aquosa de ureia) **não** conduz corrente elétrica.

A substância cloreto de hidrogênio, HCl, gasosa a 25 °C e 1 atm, por sua vez, é molecular, bastante solúvel em água e reage com ela produzindo íons, que são solvatados pela água (Fig. 5). A equação química desse processo é:

$$HCl(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Esse fenômeno recebe o nome de **ionização**, pois envolve a formação de íons. Também pode ser chamado de **dissociação** (mas, nesse caso, *sem* o adjetivo *iônica*). A ligação covalente H—Cl é rompida e o par de elétrons anteriormente compartilhado permanece agora com o átomo de cloro, mais eletronegativo, que se transforma em ânion Cl^-. O hidrogênio transforma-se em cátion H^+ e liga-se a uma molécula de água, formando o cátion H_3O^+. A solução aquosa contém íons e é condutora de corrente elétrica. É comum os químicos representarem, resumidamente, a ionização do HCl com a equação química a seguir.

$$HCl(g) \xrightarrow{H_2O} H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

É importante ter em mente que o **H^+ (aq) não tem existência individual, mas liga-se à água,** constituindo cátion denominado **oxônio, H_3O^+ (aq)**.

Veja nota ao professor (na cor magenta) sobre o nome **oxônio** no item 3 deste capítulo.

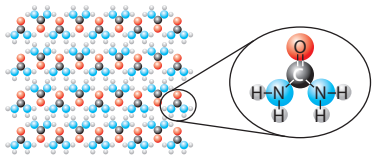


Figura 3 Representação da ureia sólida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)
Fonte: GILLI, G.; GILLI, P. *The nature of hydrogen bond*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

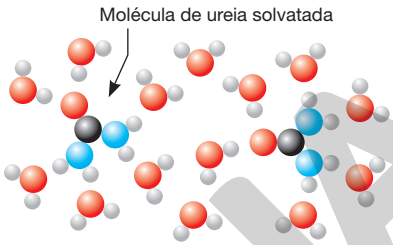


Figura 4 Representação da ureia em solução aquosa. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)
Fonte: PATRICK, G. *An introduction to medicinal Chemistry*. 5. ed. Oxford: Oxford University Press, 2013.

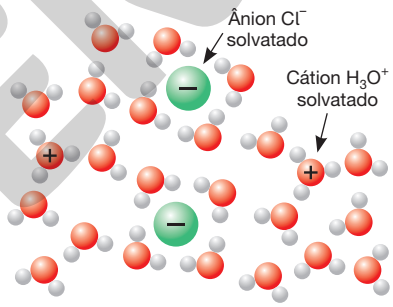


Figura 5 Representação de íons H_3O^+ e Cl^- em uma solução aquosa de HCl. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)
Fontes: GRABOWSKI, S. J. (ed.). *Hydrogen bonding – new insights*. Dordrecht: Springer, 2006; ISRAELACHVILI, J. N. *Op. cit.*

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

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

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. As interações íon-dipolo têm papel relevante na formação de uma solução aquosa do composto iônico brometo de potássio (KBr). Esclareça esse papel e represente, esquematicamente, a disposição das moléculas que solvatam cada íon.

2. Um dos fatores responsáveis pela solubilização da ureia em água são as diversas ligações estabelecidas entre suas moléculas e as de água. Explique que ligações são essas e represente-as, empregando fórmulas estruturais das moléculas envolvidas.

3. Em uma solução aquosa de brometo de hidrogênio (HBr), as interações entre ânions Br^- e as moléculas que o solvatam são de tipo diferente das que ocorrem entre cátions H_3O^+ e as moléculas que o solvatam. Considerando o que foi estudado no Capítulo 3 e neste, explique essa diferença.

4. Durante uma pesquisa, um grupo de estudantes verificou que os processos que ocorrem quando etanol líquido (I), glicose sólida (II), ácido acético líquido (III), amônia gasosa (IV) e brometo de potássio sólido (V) se dissolvem em água são assim equacionados:

I. $C_2H_5OH(l) \rightarrow C_2H_5OH(aq)$
II. $C_6H_{12}O_6(s) \rightarrow C_6H_{12}O_6(aq)$
III. $CH_3COOH(l) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$
IV. $NH_3(g) + H_2O(l) \rightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$
V. $KBr(s) \rightarrow K^+(aq) + Br^-(aq)$

a) Esclareça quais das soluções aquosas obtidas podem ser consideradas eletrolíticas e justifique.

b) Algum dos processos é dissociação iônica? E ionização? Sustente com argumentação adequada.

2. Algumas propriedades de ácidos e bases

Há mais de duzentos anos, os químicos já haviam percebido que existem alguns materiais que compartilham as seguintes propriedades: corroem mármore, ferro e zinco, avermelham suco de uva ou de amora quando misturados com eles e, em contato com a pele, podem provocar dor intensa e lesões graves. Esses materiais foram genericamente denominados **ácidos** (do latim *acidus*, "desagradável", "azedo").

Esses estudiosos também haviam constatado que alguns materiais têm as seguintes características em comum: azulam suco de uva ou amora e deixam a pele escorregadia (com sensação tátil semelhante à da pele ensaboada), provocando dor intensa e lesões sérias. Esses materiais foram denominados **bases**.

As lesões na pele acontecem porque ácidos e bases podem reagir com substâncias nela existentes e, ao destruí-las, acarretar ferimentos que, dependendo do caso, podem ser muito graves e até levar a pessoa atingida à morte.

Embora a maioria das substâncias químicas não se encaixe em nenhum desses dois grupos, ácidos ou bases, há diversos outros **reagentes químicos** (as substâncias químicas empregadas em laboratórios e indústrias) que também podem oferecer riscos se inalados, ingeridos ou se entrarem em contato com pele e olhos. Por isso, **você nunca deve manipular um reagente químico sem autorização e supervisão do professor e sem conhecer as características desse reagente, que riscos oferece, que procedimentos devem ser adotados para sua manipulação e seu descarte e que medidas devem ser tomadas em caso de acidente**.

No caso de um material ser ácido ou básico, isso pode ser constatado com a utilização de um **indicador ácido-base** apropriado, substância que apresenta determinada coloração quando em contato com um material ácido e outra quando em contato com um material básico. O suco de uva e o suco de amora são exemplos de indicares ácido-base. A fenolftaleína e o tornassol são indicadores ácido-base frequentemente usados em laboratório.

- A **fenolftaleína** forma solução incolor em meio ácido e rósea/vermelha em meio básico.
- O **tornassol** é vermelho em meio ácido e azul em meio básico.

A fenolftaleína é usada em solução (geralmente feita dissolvendo-a em álcool etílico). Algumas gotas podem ser adicionadas a um tubo de ensaio com solução aquosa do que se deseja testar (Fig. 6).

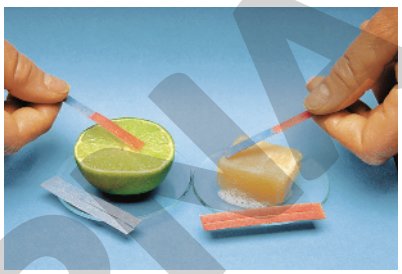
O papel de tornassol é comercializado, geralmente em lojas de produtos químicos, em duas versões: o azul e o vermelho (Fig. 7). Ambos consistem em tirinhas de papel contendo esse indicador.

O papel de tornassol azul foi submetido, durante sua fabricação, ao contato com uma base, ficando azulado. Em laboratório, esse papel é usado para testar se certo material é ácido, pois ácidos fazem sua cor mudar para vermelho.

O papel de tornassol vermelho, diferentemente do azul, tomou contato, ao ser industrializado, com um ácido e ficou avermelhado. É útil, portanto, para indicar se determinado material é básico, pois, nesse caso, sua cor se altera para azul. Existem diversos indicadores ácido-base naturais. Além dos sucos de uva e amora, já citados, e do tornassol, que é extraído de um líquen, é interessante mencionar mais dois exemplos. Um deles é a solução obtida quando folhas picadas de repolho roxo são mantidas por cerca de 5 minutos em água em ebulição. Após coar para remover as folhas, a solução, denominada **extrato de repolho roxo** (Fig. 8), atua como indicador ácido-base, adquirindo cor vermelha ou rósea em meio ácido, verde ou amarela em meio básico e permanecendo roxa em meio neutro (isto é, um meio que não é ácido nem básico). Outro caso é o das pétalas da flor hortênsia, que também contêm um indicador ácido-base natural (Fig. 9); a cor das pétalas varia dependendo da acidez ou da alcalinidade das pétalas.

ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/ SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 6 A solução com fenolftaleína permanece incolor em meio ácido e adquire coloração rósea/avermelhada em meio básico.



EDUARDO SANTALIESTRA

Figura 7 Materiais ácidos (como suco de limão) avermelham o papel de tornassol azul (à esquerda), e materiais básicos (como sabão em barra umedecido) azulam o papel de tornassol vermelho (à direita).

ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 8 O extrato de repolho roxo atua como indicador ácido-base. Em meio ácido é vermelho/róseo e em meio básico é verde/amarelo.

LILIGRAPHIE/SHUTTERSTOCK

Figura 9 Hortênsias têm indicadores ácido-base naturais nas pétalas, que adquirem tons de vermelho a azul dependendo de fatores (solo, adubação etc.) que afetam a acidez ou a basicidade das pétalas.

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

MODERNA

3. Ácidos

O químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) realizou experimentos sobre diversos temas, entre eles a condutividade elétrica de soluções. Formulou a hipótese de que soluções eletrolíticas contêm íons dissolvidos, provenientes da ionização ou dissociação iônica da substância dissolvida em água. Esses íons, dotados de mobilidade, são responsáveis pela condutividade elétrica da solução. Fundamentado em suas investigações, propôs que **ácido** é um composto que, dissolvido em água, **origina H^+ como único cátion**. Assim, para Arrhenius, as propriedades coletivas dos ácidos se devem ao íon H^+ liberado quando se dissolvem em água, já que o ânion varia de ácido para ácido. Consideremos a ionização em água do HCl (que é um ácido):

$$HCl(g) \xrightarrow{H_2O} H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Como já comentamos, essa representação é simplificada. O íon **H^+ (aq) não tem existência individual**, ligando-se a uma molécula de água e **constituindo H_3O^+ (aq)**, denominado **oxônio**. Então, podemos pensar na definição de Arrhenius assim: **ácido** é um composto que, dissolvido em água, **origina H_3O^+ como único cátion**. No caso da ionização do HCl em água, temos:

$$HCl(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

De modo análogo, diversas outras substâncias se ionizam em água liberando H^+ e, consequentemente, produzindo H_3O^+ (aq). Outros exemplos de ácidos e suas equações de ionização são:

$$HBr(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Br^-(aq)$$

$$HNO_3(l) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

$$H_2SO_4(l) + 2\,H_2O(l) \longrightarrow 2\,H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

É comum utilizar a expressão **hidrogênios ionizáveis** para designar os átomos de hidrogênio com a potencialidade de originarem cátion H_3O^+ quando ácidos são dissolvidos em água. A ionização de um ácido com mais de um hidrogênio ionizável ocorre em etapas, levando à formação de mais de um tipo de ânion na solução ácida. No caso do ácido sulfúrico, por exemplo, a ionização primeiro forma o ânion HSO_4^-, que, ao se ionizar, gera o ânion SO_4^{2-}:

$$H_2SO_4(l) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + HSO_4^-(aq)$$

$$HSO_4^-(aq) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

A Tabela 1 relaciona fórmulas moleculares e nomes de alguns ácidos de Arrhenius, isto é, compostos que são classificados como ácidos de acordo com a definição feita por ele. Analisando a tabela, note que ácidos não oxigenados têm nomes que terminam em **ídrico**, e ácidos oxigenados têm nomes terminados em **ico** ou **oso**. Alguns contêm os prefixos **per** ou **hipo**. Esses nomes remontam a uma época anterior ao conhecimento das fórmulas com exatidão e são empregados até hoje. Representam esforços de químicos que elaboraram uma nomenclatura para possibilitar a denominação desses compostos sem haver ambiguidade. Existem diversos outros ácidos, além dos mostrados na Tabela 1, e é importante que você se habitue a consultar essas tabelas e a pesquisar nomes e fórmulas sempre que precisar, inclusive durante a resolução das atividades.

Os ácidos, em geral, têm muitas aplicações importantes em indústrias e laboratórios. Eles devem ser manipulados apenas por **profissionais treinados**, utilizando **equipamentos de proteção individual** e seguindo rigorosamente **normas de segurança**.

Todos os ácidos são tóxicos aos seres humanos a partir de concentrações específicas. No entanto, alguns deles, em **concentrações baixas**, são encontrados em alimentos como iogurtes, molhos de tomate, vinagres e certas frutas, e podem ser ingeridos por pessoas saudáveis. Ao degustá-los, o sabor azedo é uma percepção sensorial da presença de íons H_3O^+ (aq) na língua.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Interpretar equações químicas é muito importante para o entendimento de Ciências da Natureza. Lembre-se sempre de que, nelas, a representação:

(s) indica sólido;
(l) indica líquido;
(g) indica gasoso;
(aq) indica aquoso.

Expresse, em palavras, as equações químicas desta página.

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) recomenda a denominação **oxônio** para o H_3O^+ (cf IUPAC Golden Book, disponível em: <https://goldbook.iupac.org>, acessado em jun. 2020, ou CONNELLY, N. G. *et al*. *Nomenclature of Inorganic Chemistry: IUPAC Recommendations 2005*. Cambridge: IUPAC/RSC Publishing, 2005). Anteriormente esse íon recebeu as denominações hidrônio e hidroxônio.

Tabela 1 Fórmulas e nomes de alguns ácidos de Arrhenius relevantes. (Hidrogênios ionizáveis destacados em vermelho.)

ÁCIDOS NÃO OXIGENADOS (SEM OXIGÊNIO)	
HF	ácido fluor**ídrico**
HCl	ácido clor**ídrico**
HBr	ácido brom**ídrico**
HI	ácido iod**ídrico**
$\mathbf{H_2}$S	ácido sulf**ídrico** (do latim *sulphur*, "enxofre")
HCN	ácido cian**ídrico** (do grego *kúanos*, "azul"; o ácido é incolor, mas um importante derivado seu é um composto denominado azul da Prússia)
ÁCIDOS OXIGENADOS (COM OXIGÊNIO)	
$\mathbf{H}NO_3$	ácido nítr**ico**
$\mathbf{H}NO_2$	ácido nitr**oso**
$\mathbf{H}ClO_4$	ácido **per**clór**ico**
$\mathbf{H}ClO_3$	ácido clór**ico**
$\mathbf{H}ClO_2$	ácido clor**oso**
HClO	ácido **hipo**clor**oso**
$\mathbf{H_2}SO_4$	ácido sulfúr**ico**
$\mathbf{H_2}SO_3$	ácido sulfur**oso**
$\mathbf{H_3}PO_4$	ácido fosfór**ico**

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

EM MODERNA

4. Bases

O hidróxido de sódio, NaOH, é um composto sólido nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm), constituído de íons Na^+ e OH^- na proporção 1 : 1, organizados em um retículo cristalino. Quando esse composto se dissolve em água, ocorre dissociação iônica, representada por:

$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

O íon OH^- é denominado **hidróxido**. A equação química acima pode, então, ser lida assim: hidróxido de sódio sólido dissocia-se em água liberando cátions sódio aquosos e ânions hidróxido aquosos.

Arrhenius propôs a definição: **base** é um composto que, **dissolvido em água, origina OH^- como único ânion**. Segundo ele, as propriedades coletivas das bases devem-se aos íons hidróxido, já que o cátion liberado pode variar de uma base para outra. O hidróxido de sódio NaOH é uma base de Arrhenius. Outros exemplos são o hidróxido de potássio (KOH), o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) e o hidróxido de bário ($Ba(OH)_2$), cujas equações de dissociação iônica em água são:

$$KOH(s) \xrightarrow{H_2O} K^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$Ca(OH)_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

$$Ba(OH)_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ba^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

A Tabela 2 lista cátions metálicos relevantes para nosso estudo. Também relaciona as bases, ou **hidróxidos**, que apresentam esses cátions na sua constituição. (Existem muitos outros cátions metálicos e, sempre que necessário, você deve buscá-los em fontes confiáveis de informação.)

As bases formadas por átomos de metais alcalinos (grupo 1) são bastante solúveis em água. As formadas por metais alcalinoterrosos (grupo 2), com exceção do hidróxido de berílio ($Be(OH)_2$) e do hidróxido de magnésio ($Mg(OH)_2$), embora não sejam tão solúveis como as de metais alcalinos, apresentam razoável solubilidade em água. O hidróxido de berílio, o hidróxido de magnésio e os hidróxidos de metais que não sejam dos grupos 1 e 2 apresentam reduzida solubilidade em água. Independentemente do grau de solubilidade, todas elas dissociam-se ionicamente em água, liberando $OH^-(aq)$, o que caracteriza esses hidróxidos como bases de Arrhenius.

Uma solução de base em água é **básica** ou **alcalina**. A palavra alcalino vem do árabe *al-qalyi*, "cinza", e faz alusão ao fato de que as cinzas, em contato com água, produzem bases de efeito extremamente corrosivo sobre pele e olhos (Fig. 10). Os íons $OH^-(aq)$, responsáveis pela alcalinidade das soluções aquosas de bases de Arrhenius, acarretam a hidrólise de proteínas e lipídios das membranas celulares (que são lipoproteicas), danificando as células.

As bases têm diversas aplicações relevantes em laboratórios e indústrias. Sua manipulação deve, de modo geral, ser feita por **profissionais capacitados**, com **equipamentos de proteção individual** e obedecendo a **normas de segurança**. Mesmo os hidróxidos pouco solúveis em água podem oferecer risco, pois muitos cátions metálicos, especialmente os de metais pesados, são nocivos à saúde se ingeridos ou entrarem em contato com pele e olhos.

A **amônia**, NH_3, é uma substância molecular solúvel em água, gasosa nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm), de cheiro forte e irritante, cuja inalação, ingestão ou contato com pele e olhos é extremamente perigosa. Ela **não é uma base de acordo com a definição de Arrhenius**, pois **não** apresenta íons hidróxido em sua composição para que possa liberá-los em meio aquoso. Contudo, a amônia reage com água resultando em solução alcalina. A reação, denominada **ionização da amônia,** pode ser assim equacionada:

$$NH_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

O cátion NH_4^+, produzido nesse processo, é denominado **amônio**.

Tabela 2 Alguns cátions metálicos de relevância para nosso estudo e seus respectivos hidróxidos.

CÁTION	HIDRÓXIDO
METAIS ALCALINOS (GRUPO 1)	
Li^+ lítio	LiOH hidróxido de lítio
Na^+ sódio	NaOH hidróxido de sódio
K^+ potássio	KOH hidróxido de potássio
METAIS ALCALINOTERROSOS (GRUPO 2)	
Mg^{2+} magnésio	$Mg(OH)_2$ hidróxido de magnésio
Ca^{2+} cálcio	$Ca(OH)_2$ hidróxido de cálcio
Ba^{2+} bário	$Ba(OH)_2$ hidróxido de bário
GRUPO 13	
Al^{3+} alumínio	$Al(OH)_3$ hidróxido de alumínio
METAIS DE TRANSIÇÃO	
Ag^+ prata	AgOH hidróxido de prata
Zn^{2+} zinco	$Zn(OH)_2$ hidróxido de zinco
Fe^{2+} ferro(II) ou ferroso	$Fe(OH)_2$ hidróxido de ferro(II) ou hidróxido ferroso
Fe^{3+} ferro(III) ou férrico	$Fe(OH)_3$ hidróxido de ferro(III) ou hidróxido férrico
Cu^+ cobre(I) ou cuproso	CuOH hidróxido de cobre(I) ou hidróxido cuproso
Cu^{2+} cobre(II) ou cúprico	$Cu(OH)_2$ hidróxido de cobre(II) ou hidróxido cúprico

EDUARDO SANTALIESTRA

Figura 10 Cinzas adicionadas à água contendo fenolftaleína. A solução é avermelhada, evidenciando meio básico. Cinzas reagem com água, formando KOH e, em menor quantidade, NaOH. **Cinzas têm caráter básico e NÃO devem entrar em contato com pele e olhos.**

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

EDIÇÃO PRELIMINAR

5. A escala de *pH*

A água líquida pura é considerada um **meio aquoso neutro**. Quando dissolvemos um ácido nela, isso produz uma **solução ácida**, ou **meio ácido**. E quando dissolvemos uma base na água, isso produz uma **solução básica** (**solução alcalina**), ou **meio básico** (**meio alcalino**).

Para expressar a acidez ou a alcalinidade de uma solução, emprega-se a escala de *pH* (grandeza adimensional). Quanto **menor** o *pH*, **maior a acidez** de uma solução (ou, equivalentemente, menor sua alcalinidade). Quanto **maior** o *pH*, **maior a basicidade** (**alcalinidade**) de uma solução (ou, equivalentemente, menor sua acidez). Na temperatura de 25 °C:

- uma solução neutra tem $pH = 7$.
- uma solução ácida tem $pH < 7$.
- uma solução básica (alcalina) tem $pH > 7$.

O *pH* aproximado de uma solução pode ser determinado com o uso de papel indicador universal (Fig. 11). Para uma medida mais precisa, emprega-se um medidor digital de *pH* (Fig. 12), também denominado peagâmetro (ou pHmetro). O esquema da Figura 13 exemplifica valores típicos de *pH*.

MARTYN F. CHILLMAID/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 11 A ponta do papel indicador universal é mergulhada na solução e comparada com uma escala colorida.

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 12 Medidor digital de *pH*. O sensor está na extremidade da haste mergulhada na solução. Na foto, mede-se o *pH* de suco de laranja, a 25 °C, resultando em 3,22.

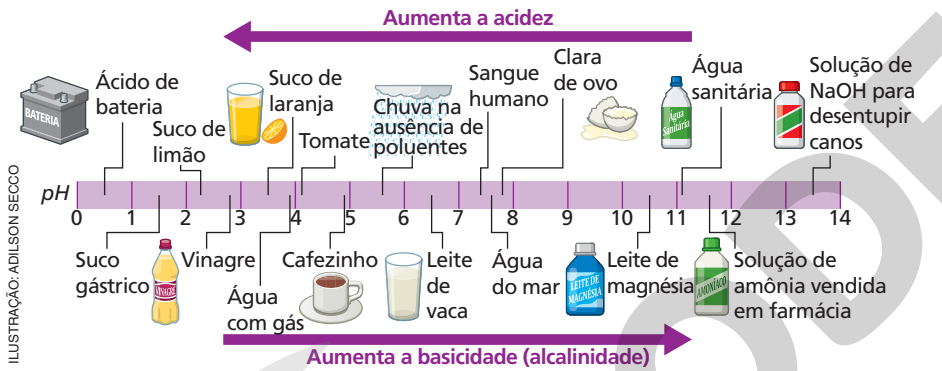


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 13 Valores típicos de *pH* de alguns meios aquosos. A escala não termina em 0 ou 14 e, em laboratório, é possível obter soluções muito ácidas ou muito alcalinas cujos valores estão ligeiramente abaixo de 0 ou acima de 14. Isso, contudo, não ocorre com produtos cotidianos em geral. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fontes: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017; MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. *Living in the Environment*. 19. ed. Boston: Cengage, 2018.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

5. Como parte de um experimento, uma pesquisadora dissolveu quatro substâncias, separadamente, em água. Ela sabe que as equações do que ocorreu são:

Frasco 1: $C_{12}H_{22}O_{11}(s) \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11}(aq)$

Frasco 2: $CaBr_2(s) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,Br^-(aq)$

Frasco 3: $HBr(g) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Br^-(aq)$

Frasco 4: $Ca(OH)_2(s) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$

a) Em qual dos frascos a pesquisadora desejava solução ácida? E solução alcalina? Explique.

b) Quais dos frascos não contêm ácido nem base?

c) Um único desses processos é muito comum em cozinhas. Investigue e explique qual é.

d) Quais dos frascos contêm solução eletrolítica?

e) O que se constataria ao testar, separadamente, cada solução com papel de tornassol azul, papel de tornassol vermelho e fenolftaleína?

6. A legislação brasileira proíbe o descarte, em rios e lagos, de efluentes com *pH* menor que 5 ou maior que 9. Explique o que é um efluente (pesquise, se for necessário) e qual é a diferença fundamental entre um com $pH < 5$ e outro com $pH > 9$.

7. Entre um suco de maracujá com $pH = 2{,}7$ e um de goiaba com $pH = 3{,}6$, qual é mais ácido? Explique.

8. O líquido das baterias de automóvel (solução aquosa concentrada de ácido sulfúrico) e o líquido para remover crostas de gordura de fornos (solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio, ou soda cáustica) são **extremamente perigosos** e **corrosivos** e só devem ser manipulados por **profissionais treinados** com **equipamento de proteção individual**. Esclareça qual é a origem da periculosidade de cada um dos produtos incluindo equações químicas na sua explicação.

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

6. Neutralização ácido-base e sais

Imagine que uma solução aquosa de HCl seja misturada a outra, de NaOH. Quando as duas soluções são misturadas, ocorre uma reação química de **neutralização ácido-base**. Uma maneira de representá-la é por meio da seguinte equação química:

$$HCl\,(aq) + NaOH\,(aq) \rightarrow NaCl\,(aq) + HOH\,(l)$$

É relevante compreender bem essa representação. Os reagentes HCl e NaOH e o produto NaCl estão dissociados em íons. Os íons Na^+ (aq), presentes no início, continuam a existir no final. O mesmo acontece com os íons Cl^- (aq). A reação é entre H^+ e OH^- e produz água, didaticamente representada por HOH. Como os íons Na^+ (aq) e Cl^- (aq) **não** participaram da reação, podemos eliminá-los da equação química:

$$\overbrace{HCl\,(aq)}^{H^+\,(aq)\,+\,Cl^-\,(aq)} + \overbrace{NaOH\,(aq)}^{Na^+\,(aq)\,+\,OH^-\,(aq)} \rightarrow \overbrace{NaCl\,(aq)}^{Na^+\,(aq)\,+\,Cl^-\,(aq)} + \overbrace{HOH\,(l)}^{HOH\,(l)}$$

Assim, outra representação da neutralização é a seguinte:

$$H^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow H_2O\,(l)$$

Considerando que os íons H^+ (aq), que não têm existência individualizada em meio aquoso, encontram-se, de fato, como H_3O^+ (aq), temos, finalmente:

$$H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow 2\,H_2O\,(l)$$

Vejamos outros exemplos:

$$1\,H_2SO_4\,(aq) + 2\,NaOH\,(aq) \rightarrow 1\,Na_2SO_4\,(aq) + 2\,HOH\,(l)$$

$$2\,HNO_3\,(aq) + 1\,Ca(OH)_2\,(aq) \rightarrow 1\,Ca(NO_3)_2\,(aq) + 2\,HOH\,(l)$$

$$1\,H_3PO_4\,(aq) + 3\,KOH\,(aq) \rightarrow 1\,K_3PO_4\,(aq) + 3\,HOH\,(l)$$

Assim como no exemplo da reação entre HCl e NaOH, apresentado anteriormente, essas três equações químicas podem estar relacionadas a processos em que as quantidades de H^+ e OH^- se equivalem. Dizemos que esses processos são exemplos de **neutralização total**, ou seja, reações entre ácido e base em que todos os íons H^+ provenientes do ácido e todos os íons OH^- provenientes da base formaram água (HOH). Nos três exemplos, há íons que, de fato, não participam da reação. (Você consegue identificá-los?) Eliminando-os da representação, as equações passam a ser:

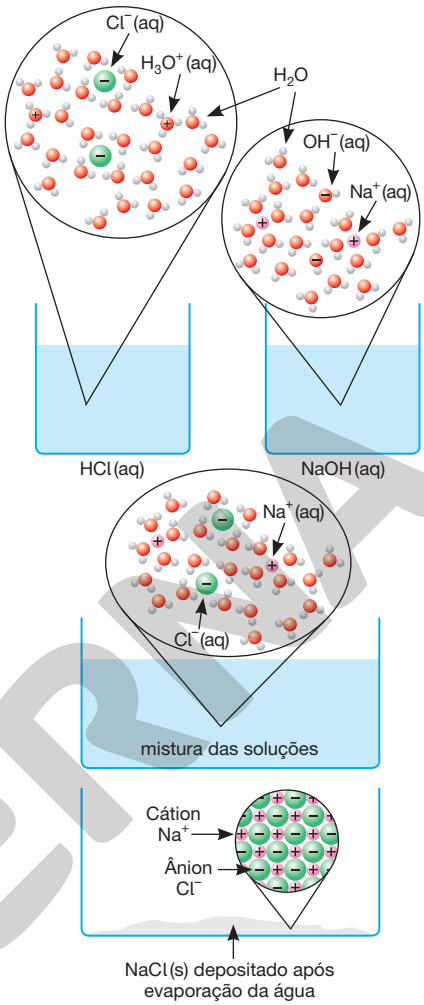
$$H^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow H_2O\,(l)$$

Essa última é mais bem representada por:

$$H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow 2\,H_2O\,(l)$$

Após uma neutralização total, se a solução aquosa em que há íons dissociados (cátions da base e ânions do ácido) for submetida a condições que propiciem a evaporação completa da água, verifica-se que um sólido iônico se depositará no fundo do recipiente (Fig. 14), uma vez que ele não tende a evaporar com a água. (A baixa volatilidade desse composto se relaciona ao fato de sua temperatura de ebulição, ao nível do mar, ser muito superior à da água.) Trata-se de um **sal**, composto iônico em cuja composição há cátions e ânions.

Nos exemplos comentados nesta página, os sais que se depositariam após a evaporação da água têm fórmulas NaCl, Na_2SO_4, $Ca(NO_3)_2$ e K_3PO_4. A composição deles está indicada na Figura 15, em que se pode notar que a proporção entre cátions e ânions, expressa pelos seus índices, está vinculada ao fato de a carga elétrica total do composto ser nula.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

Figura 14 Representação esquemática da reação entre HCl e NaOH, em solução aquosa na proporção 1 : 1, com subsequente evaporação da água da solução obtida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

$(Na^+)_1(Cl^-)_1$ cloreto de sódio

$(Na^+)_2(SO_4^{2-})_1$ sulfato de sódio

$(Ca^{2+})_1(NO_3^-)_2$ nitrato de cálcio

$(K^+)_3(PO_4^{3-})_1$ fosfato de potássio

Figura 15 Composição de quatro sais, indicando os íons constituintes. A proporção entre cátions e ânions (expressa pelos índices destacados em laranja) relaciona-se à neutralidade elétrica, ou seja, a carga elétrica total do composto deve ser nula.

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

MODERNA

No nome de sais, como cloreto de sódio (NaCl), sulfato de sódio (Na_2SO_4), nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2$) e fosfato de potássio (K_3PO_4), há o nome do cátion (reveja a Tabela 2) e o nome do ânion que o constituem. O nome do ânion pode ser obtido do nome do ácido de que se origina, por substituição do sufixo (parte final do nome) de acordo com a Tabela 3.

Veja a seguir alguns exemplos da relação entre nomes de ácidos e de ânions.

HCl	ácido clor**ídrico**	corresponde a	Cl^-	ânion clor**eto**
H_2S	ácido sulf**ídrico**	corresponde a	S^{2-}	ânion sulf**eto**
HNO_2	ácido nitr**oso**	corresponde a	NO_2^-	ânion nitr**ito**
HNO_3	ácido nítr**ico**	corresponde a	NO_3^-	ânion nitr**ato**
H_2SO_3	ácido sulfur**oso**	corresponde a	SO_3^{2-}	ânion sulf**ito**
H_2SO_4	ácido sulfúr**ico**	corresponde a	SO_4^{2-}	ânion sulf**ato**
H_3PO_4	ácido fosfór**ico**	corresponde a	PO_4^{3-}	ânion fosf**ato**
HClO	ácido **hipo**cloro**so**	corresponde a	ClO^-	ânion **hipo**clor**ito**
$HClO_2$	ácido cloro**so**	corresponde a	ClO_2^-	ânion clor**ito**
$HClO_3$	ácido clór**ico**	corresponde a	ClO_3^-	ânion clor**ato**
$HClO_4$	ácido **per**clór**ico**	corresponde a	ClO_4^-	ânion **per**clor**ato**

Perceba que prefixos (como *hipo* e *per*) existentes no nome do ácido são mantidos no nome do ânion. Note, também, que a carga do ânion depende de quantos hidrogênios do ácido foram ionizados.

Veja, a seguir, exemplos de nomes e fórmulas de sais. Os índices em laranja indicam a proporção entre as quantidades de cátions e de ânions que resultam em carga elétrica total nula.

$(Ca^{2+})_1(Cl^-)_2$ — cloreto de cálcio — $CaCl_2$

$(Fe^{3+})_2(S^{2-})_3$ — sulfeto de ferro(III) — Fe_2S_3

$(Al^{3+})_2(SO_4^{2-})_3$ — sulfato de alumínio — $Al_2(SO_4)_3$

$(Cu^{2+})_1(SO_4^{2-})_1$ — sulfato de cobre(II) — $CuSO_4$

$(NH_4^+)_1(Cl^-)_1$ — cloreto de amônio — NH_4Cl

$(NH_4^+)_2(SO_4^{2-})_1$ — sulfato de amônio — $(NH_4)_2SO_4$

$(Fe^{2+})_1(NO_3^-)_2$ — nitrato de ferro(II) — $Fe(NO_3)_2$

$(Ca^{2+})_1(CO_3^{2-})_1$ — carbonato de cálcio — $CaCO_3$

O último dos exemplos envolve um ânion relevante, o **carbonato**, CO_3^{2-}, que **não** está associado a um ácido de Arrhenius. (Até hoje não foram bem-sucedidas as tentativas experimentais de isolar, em condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm), esse suposto ácido.) É conveniente associar esse ânion ao dióxido de carbono (CO_2), que, como veremos mais à frente, reage com água, deixando o meio ácido.

Existem sais cujos ânions provêm da ionização parcial de ácidos. Como exemplos, podemos citar HSO_4^- (ânion hidrogenossulfato, ou bissulfato), HSO_3^- (ânion hidrogenossulfito, ou bissulfito), HS^- (ânion hidrogenossulfeto, ou bissulfeto). E existe um ânion desse tipo correspondente ao dióxido de carbono, o HCO_3^-, ânion hidrogenocarbonato (ou bicarbonato).

Entre outras ocorrências, sais estão presentes na água do mar (Fig. 16), nos líquidos corporais dos seres vivos e em diversos minerais.

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Como vimos na abertura do capítulo, a cultura hidropônica utiliza uma solução aquosa nutritiva. Essa forma de cultura requer constante monitoramento dessa solução e de fatores como seu *pH*, que, em geral, deve estar entre 5,5 e 6,5, podendo variar conforme a planta cultivada. Suponha que um pequeno produtor identificou que o *pH* da solução nutritiva era próximo de 8,0, mas, para o tipo de planta que cultiva hidroponicamente, deveria estar na faixa citada acima. Adicionar vinagre à solução pode ajudá-lo a solucionar o problema? Argumente para justificar sua resposta.

Tabela 3 Relação entre o sufixo do nome de um ácido e o sufixo do nome do ânion correspondente.

ÁCIDO	ÂNION
ídrico	eto
oso	ito
ico	ato

RICARDO JUNQUEIRA/OFFSET/SHUTTERSTOCK

ALFRED EISENSTAEDT/THE LIFE PICTURE COLLECTION/GETTY IMAGES

Figura 16 (A) A água do mar contém vários sais dissolvidos. Alguns deles, em ordem decrescente de abundância, são NaCl, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, KCl, $CaCO_3$ e KBr. Entre esses sais, o NaCl é o de maior valor comercial. Ele é obtido em salinas, por evaporação da água. Além de ser utilizado na culinária, é empregado como matéria-prima em indústrias químicas. (Salina em Areia Branca, RN.) (B) A física húngara Mária Telkes (1900-1995), em foto de 1963, trabalhou em diversas áreas de pesquisa, incluindo aplicações da energia solar. Desenvolveu destiladores que usavam energia solar para purificação da água do mar. Mais de 200 mil versões portáteis de seu equipamento (infláveis, para flutuar no mar) foram parte do equipamento salva-vidas de aviões e navios durante a Segunda Guerra Mundial. Também foi pioneira no desenvolvimento de dispositivos para armazenamento de energia solar.

MODELO

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

9. Para água de piscinas, o *pH* deve estar idealmente na faixa entre 7,2 e 7,8. O técnico que trata da piscina de um clube mediu o *pH* da água e constatou o valor 6,5. Ele tem à sua disposição dois produtos apropriados para corrigir *pH*, um ácido e um básico. No caso, qual ele deve escolher? Explique em que se fundamenta essa escolha.

10. Um caminhão-tanque que transportava ácido clorídrico capotou na estrada. Antes da lavagem da pista, técnicos da agência ambiental responsável pela descontaminação despejaram hidróxido de cálcio (cal hidratada) sobre o produto derramado. Use uma equação química para justificar o procedimento adotado na descontaminação.

11. "A salinização do solo é uma grande ameaça aos sistemas de produção agrícola e à segurança alimentar em muitos países. A alta salinidade afeta quase 1 bilhão de hectares de terra em todo o mundo, o que é equivalente a 7% da extensão continental da Terra."

OSMAN, K. T. *Management of soil problems*. Cham (Suíça): Springer, 2018. p. 265. (Tradução dos autores.)

A água utilizada para a irrigação da lavoura pode ser proveniente de rios ou lagos, que contêm baixa concentração de sais dissolvidos. Irrigar lavouras intensamente pode conduzir ao grande acúmulo de sais no solo (salinização), sobretudo em locais onde chove pouco, tornando-o infértil.

a) Pesquise o que é **segurança alimentar** e explique por que ela pode ser ameaçada se o solo ficar infértil.

b) Por que a irrigação intensa pode provocar salinização do solo?

c) Em regiões com chuvas regulares, a salinização não ocorre. Proponha uma explicação para isso, argumentando com base no ciclo da água.

12. Fertilizantes químicos fornecem às plantas os elementos químicos indispensáveis ao crescimento, à floração e à frutificação. Tais elementos estão presentes nos fertilizantes em sais, por exemplo, KNO_3, $NaNO_3$, $CaSO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, NH_4Cl, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_3PO_4$. A aplicação de fertilizantes químicos deve ser feita sob **orientação de um agrônomo**, que, avaliando o solo local e o tipo de lavoura, determina a composição do fertilizante e a dosagem a utilizar.

a) A aplicação de quantidades elevadas de fertilizante pode tornar o solo infértil. Por quê?

b) Analise a fórmula dos sais citados e escreva a fórmula do cátion e do ânion de cada um.

c) Fundamentado na análise anterior, nomeie cada um dos sais.

d) Na chamada **agricultura orgânica**, fertilizantes químicos são substituídos por outra fonte de sais minerais. Investigue e relate que fonte é essa, argumentando por que ela pode impedir o problema referido no item (a).

13. O ferro exposto ao gás oxigênio e à água reage com eles originando hidróxido de ferro(II) e hidróxido de ferro(III) sólidos, que constituem a ferrugem.

a) Deduza as fórmulas que representam cada uma das substâncias formadas.

b) Em uma serralheria (oficina onde se executam obras em ferro), um profissional (adequadamente **treinado**, usando **equipamento de proteção** e seguindo **normas de segurança**) utilizou ácido clorídrico para remover pequenos focos de ferrugem. Esse ácido reage com os dois hidróxidos mencionados, formando sais solúveis em água, que podem ser removidos da peça antes da pintura. Justifique esse procedimento usando, em sua argumentação, as equações das duas reações de neutralização que ocorrem.

14. A seguir, estão representados, respectivamente, os ânions carbonato e hidrogenocarbonato.

Os extintores de incêndio de pó químico contêm hidrogenocarbonato de sódio (também denominado bicarbonato de sódio) e gás nitrogênio a alta pressão. Quando disparados em direção ao fogo, o gás propele o sal (um pó branco) para fora da embalagem e este, com o calor das chamas, se decompõe em carbonato de sódio, gás carbônico e vapor de água. A elevada concentração de gás carbônico no local da combustão acarreta menor concentração de gás oxigênio, o que pode extinguir a chama.

a) Equacione a reação mencionada no texto.

b) Uma **recomendação de segurança** que você deve sempre ter em mente é que um **extintor só serve para o princípio de incêndio, quando o fogo ainda está pequeno**. Explique a razão disso.

15. A soda (carbonato de sódio), sal extraído das cinzas de uma planta chamada, em latim, de *sodanum* (que, por sua vez, veio do árabe *suuad*), é conhecida desde a Idade Média. É do nome dessa planta que se originou a denominação do elemento químico sódio. Ao fazer a reação química da soda com a cal hidratada (hidróxido de cálcio), ambas aquosas, químicos obtiveram o hidróxido de sódio. A reação foi denominada **caustificação da soda**, e essa é a origem histórica do nome **soda cáustica**, usado para designar hidróxido de sódio.

a) Deduza a fórmula dos dois hidróxidos citados no texto.

b) Equacione a reação mencionada, sabendo que o outro produto é $CaCO_3$(s).

c) Qual é a denominação química do sal $CaCO_3$?

d) O $CaCO_3$ ocorre naturalmente em diversos materiais cotidianos. Investigue que materiais são esses e relacione-os em seu caderno.

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

EM OFERTA

7. Óxidos

Óxidos são uma ampla categoria de substâncias que incluem desde substâncias comuns em nosso cotidiano até compostos bastante específicos usados em pesquisas de ponta (Fig. 17). Um **óxido** é um composto químico formado por apenas dois elementos químicos, no qual o oxigênio é o mais eletronegativo.

Nos **óxidos moleculares**, a ligação entre o oxigênio e o outro elemento é covalente, constituindo moléculas. Podemos citar como exemplos NO (monóxido de nitrogênio), NO_2 (dióxido de nitrogênio), CO (monóxido de carbono), CO_2 (dióxido de carbono), SO_2 (dióxido de enxofre), SO_3 (trióxido de enxofre), N_2O_3 (trióxido de dinitrogênio), N_2O_5 (pentóxido de dinitrogênio) e P_2O_5 (pentóxido de difósforo). O SiO_2 (dióxido de silício) é um sólido macromolecular em cujo cristal cada silício está ligado a quatro oxigênios e cada oxigênio, a dois silícios. É o óxido constituinte do quartzo e da sílica.

Nos **óxidos iônicos**, o oxigênio encontra-se como ânion, frequentemente O^{2-} (denominado **íon óxido**), e o elemento a ele ligado, como cátion. Exemplos são Li_2O (óxido de lítio), Na_2O (óxido de sódio), K_2O (óxido de potássio), MgO (óxido de magnésio), CaO (óxido de cálcio), BaO (óxido de bário), Al_2O_3 (óxido de alumínio), FeO (óxido de ferro(II)) e Fe_2O_3 (óxido de ferro(III)).

As propriedades dos óxidos são muito diversas e vamos comentar algumas que são de interesse para o presente estudo. Os **óxidos ácidos**, como CO_2, SO_2, SO_3, NO_2, N_2O_3, N_2O_5 e P_2O_5, reagem com água, resultando em solução ácida (Fig. 18, A a C). Um exemplo pode ser assim equacionado:

$$CO_2(g) + 2\,H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

Tais compostos também reagem com bases, formando sal e água:

$$CO_2(g) + 2\,NaOH(aq) \rightarrow Na_2CO_3(aq) + H_2O(l)$$

Os **óxidos básicos**, como Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO e BaO, reagem com água, produzindo solução básica (Fig. 18.D e 18.E). Por exemplo:

$$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

Esse tipo de óxido reage também com ácidos, formando sal e água:

$$CaO(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CaSO_4(s) + H_2O(l)$$

Os **óxidos neutros**, como CO, NO e N_2O, não apresentam tendência a reagir com água, ácidos ou bases, nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm).

ADRIAN MOSER/BLOOMBERG/GETTY IMAGES

Figura 17 A química indiana Uma Chowdhry (1947-), em foto de 2008, investigou diversos temas, sobretudo cerâmicas supercondutoras, materiais que, abaixo de determinada temperatura, não oferecem resistência à passagem de corrente elétrica. Um dos materiais que ela estudou foi o $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$, proveniente de transformações químicas envolvendo os óxidos Tl_2O_3, BaO, CaO e CuO.

Busque por "modelo molecular do quartzo" e você poderá analisar essa interessante estrutura tridimensional e mostrá-la aos estudantes. Busque também fotos do quartzo.

Atividade em grupo

Óxidos são importantes nos estudos de Geologia, área das Ciências da Natureza em que a geóloga estadunidense Florence Bascom (1862-1945) se destacou.

Em sua vida e em sua carreira, essa cientista enfrentou diversos obstáculos por ser mulher.

Pesquisem a vida dela e estabeleçam um paralelo entre os problemas que ela enfrentou e os que ainda existem na sociedade.

Elaborem uma postagem, no formato que o grupo preferir (cartaz digital, *blog*, *podcast* ou vídeo), que **proponha** como a sociedade pode combater a discriminação à mulher no mercado de trabalho. Incluam na produção **argumentos relacionados à ética e à legalidade**. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

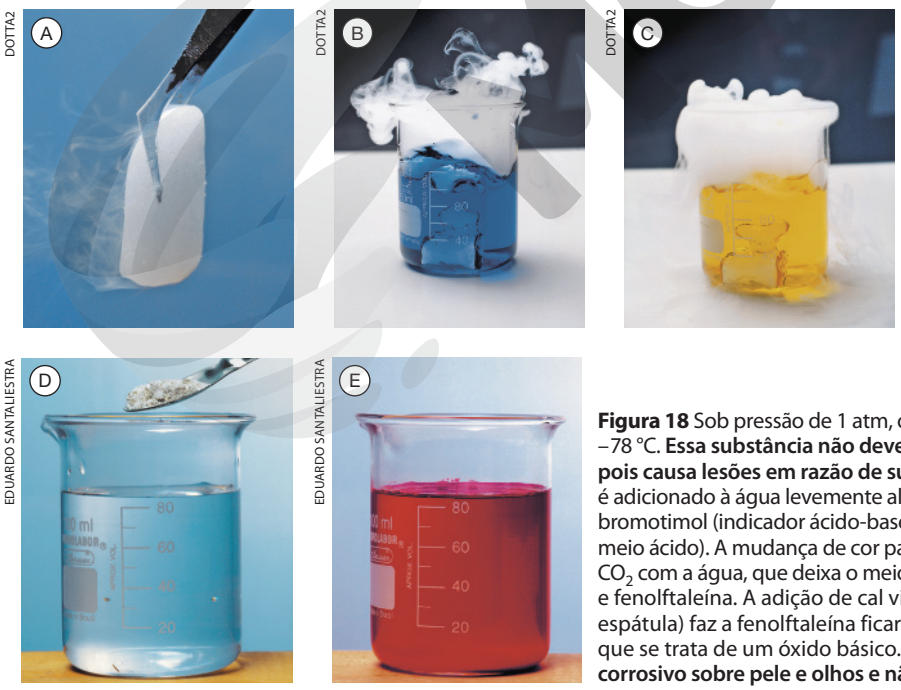

DOTTA2

Figura 18 Sob pressão de 1 atm, o CO_2 sólido (gelo-seco) sublima a −78 °C. **Essa substância não deve entrar em contato com a pele, pois causa lesões em razão de sua baixa temperatura.** Gelo-seco (A) é adicionado à água levemente alcalinizada (B), contendo azul de bromotimol (indicador ácido-base azul em meio básico e amarelo em meio ácido). A mudança de cor para amarelo (C) se deve à reação do CO_2 com a água, que deixa o meio ácido. O béquer (D) contém água e fenolftaleína. A adição de cal viva (CaO, pó branco na ponta da espátula) faz a fenolftaleína ficar avermelhada (E), evidenciando que se trata de um óxido básico. **A cal tem efeito extremamente corrosivo sobre pele e olhos e não deve ter contato com eles.**

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

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Fazer **divulgação científica** é mostrar ao público não especializado aspectos das Ciências da Natureza e sua relevância.

Cada equipe deve elaborar um ou mais vídeos de **divulgação científica** com linguagem e dinâmica que objetivem prender a atenção e mostrar a **importância da Ciência e da Tecnologia para os indivíduos e a sociedade**, divulgando a relevância da Química Inorgânica e das tecnologias a ela associadas.

Cada equipe receberá do professor o nome de algumas substâncias inorgânicas para investigar suas características, importância, produção, aplicabilidade, presença (ou não) no cotidiano, toxicidade e impacto ambiental, bem como recursos digitais (tais como vídeos, simuladores e animações) que auxiliem na exposição.

Em dia agendado pelo professor, os grupos devem expor os resultados, em sala, aos demais colegas.

A seguir, deve ser produzido um vídeo de divulgação científica sobre cada uma das substâncias. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.) Se conveniente, duas ou mais podem ser agrupadas em um mesmo vídeo.

Certifiquem-se de incluir **argumentos** sobre a importância da Ciência e da Tecnologia e, no caso de substâncias tóxicas, os problemas que elas podem provocar, as **medidas protetivas** (individuais, coletivas e ambientais) que a equipe **propõe** e **argumentos** que justificam as medidas propostas.

Postem o material produzido em redes sociais para que seja, efetivamente, uma divulgação científica.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

16. Na fabricação de panelas de vidro, são usadas as matérias-primas representadas por SiO_2, B_2O_3, Na_2CO_3 e $CaCO_3$. Explique quais desses compostos são óxidos e quais não são, argumentando por quê.

17. Dióxido de carbono (gás carbônico) e óxido de cálcio (cal viva) diferem em alguns aspectos.

a) Qual deles é constituído de moléculas? Qual é a composição dessas moléculas?

b) Qual é iônico? De que íons é constituído?

c) Qual confere caráter ácido e qual confere caráter alcalino a uma solução aquosa? Justifique elaborando equações químicas.

Informações para as atividades 18 e 19:

Óxidos de nitrogênio: Óxidos de nitrogênio considerados poluentes do ar consistem de NO e NO_2, coletivamente denotados por NO_x. Eles podem ter efeitos tóxicos diretos sobre seres humanos e plantas e, quando oxidados na atmosfera a ácido nítrico, HNO_3, podem contribuir para a formação de chuva ácida.

Dióxido de enxofre: O dióxido de enxofre, SO_2, é liberado na atmosfera pela queima de combustíveis que contenham enxofre. Ele pode agravar condições asmáticas em seres humanos e pode ser tóxico a plantas. É oxidado na atmosfera a H_2SO_4, o principal fator que contribui para a chuva ácida.

MANAHAN, S. *Environmental Chemistry*. 10. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. (Tradução dos autores.)

Pesquisando sobre reações de óxidos, uma estudante encontrou as seguintes equações:

I. $Na_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2Na^+(aq) + 2OH^-(aq)$

II. $K_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2K^+(aq) + 2OH^-(aq)$

III. $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$

IV. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$

V. $SO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HSO_3^-(aq)$

VI. $SO_3(g) + 3H_2O(l) \rightarrow 2H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

18. A 1 atm e 25 °C, o *pH* da chuva em locais não poluídos é 5,6, o que é atribuído à reação entre CO_2 do ar e a água da chuva, assim equacionada:

$$CO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

a) Pensando estritamente no *pH* mencionado, essa chuva é ácida, neutra ou alcalina?

b) Em Ciências da Natureza, o termo **chuva ácida** é empregado para designar uma chuva que seja **mais ácida** que a mencionada, o que pode decorrer da presença de certos poluentes. O que se pode, então, afirmar sobre o *pH* de uma precipitação atmosférica considerada chuva ácida? Que ácidos, presentes na chuva em decorrência de poluição, acarretam o fenômeno?

19. Escolha, entre as equações químicas apresentadas, as que possibilitem justificar os fatos listados.

a) O surgimento do poluente dióxido de enxofre na atmosfera se deve à queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral e derivados de petróleo, que contêm enxofre como impureza.

b) O dióxido de enxofre, por oxidação na atmosfera, converte-se em outro poluente, que acarreta a formação de ácido sulfúrico na chuva.

c) Além da representação NO_x, que designa óxidos poluentes de nitrogênio, alguns textos técnicos utilizam SO_x para representar dois óxidos de enxofre poluentes.

d) Cinzas, que contêm óxido de potássio e óxido de sódio, produzem meio alcalino se forem misturadas com água. Por isso, cinzas são perigosas em contato com a pele e os olhos, já que reagem com a umidade neles existente.

20. O monóxido de carbono (CO) é um poluente que não afeta a acidez da chuva, mas é **muito tóxico**. Pesquise a razão dessa toxicidade e elabore uma lista de ações individuais que você deve tomar para não ser intoxicado por ele.

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

MODERNA

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. (Enem) Os oceanos absorvem aproximadamente um terço das emissões de CO_2 procedentes de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e as queimadas. O CO_2 combina-se com as águas dos oceanos, provocando uma alteração importante em suas propriedades. Pesquisas com vários organismos marinhos revelam que essa alteração nos oceanos afeta uma série de processos biológicos necessários para o desenvolvimento e a sobrevivência de várias espécies da vida marinha. A alteração a que se refere o texto diz respeito ao aumento

1. a

a) da acidez das águas dos oceanos.
b) do estoque de pescado nos oceanos.
c) da temperatura média dos oceanos.
d) do nível das águas dos oceanos.
e) da salinização das águas dos oceanos.

2. (PUC-RS) Nos últimos anos, tem-se verificado no Brasil uma intensa atividade no setor da construção civil. Nesse setor, o cimento Portland destaca-se por ser a variedade mais empregada em todo o mundo. Em sua composição, o cimento Portland contém cerca de 65% de **óxido de cálcio** e cerca de 20% de **dióxido de silício**. Em menor proporção, há a presença de **óxido de alumínio**, **óxido de ferro(III)** e **sulfato de cálcio**. As substâncias citadas no texto são representadas, respectivamente, por:

2. e

a) $CaCO_3$ SiO_2 AlO_3 Fe_2O_3 $CaSO_3$
b) CaO SiO_3 Al_2O_3 Fe_2O_3 CaS
c) CaO SiO_2 AlO_3 FeO $CaSO_4$
d) CO_2 SiO_3 Al_2O_3 FeO $CaSO_4$
e) CaO SiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 $CaSO_4$

3. (Fuvest-SP) Em um laboratório químico, um estudante encontrou quatro frascos (1, 2, 3 e 4) contendo soluções aquosas incolores de sacarose, KCl, HCl e NaOH, não necessariamente nessa ordem. Para identificar essas soluções, fez alguns experimentos simples, cujos resultados são apresentados na tabela a seguir:

3. b

FRASCO	COR DA SOLUÇÃO APÓS A ADIÇÃO DE FENOLFTALEÍNA	CONDUTIBILIDADE ELÉTRICA	REAÇÃO COM $Mg(OH)_2$
1	incolor	conduz	não
2	rosa	conduz	não
3	incolor	conduz	sim
4	incolor	não conduz	não

As soluções aquosas contidas nos frascos 1, 2, 3 e 4 são, respectivamente, de

a) HCl, NaOH, KCl e sacarose.
b) KCl, NaOH, HCl e sacarose.
c) HCl, sacarose, NaOH e KCl.
d) KCl, sacarose, HCl e NaOH.
e) NaOH, HCl, sacarose e KCl.

4. (Uerj) Na atmosfera artificial do interior das cápsulas espaciais, o oxigênio consumido pelos astronautas é renovado a partir de reservas de O_2. Para manter a concentração do gás produzido pelo metabolismo energético dos tripulantes em níveis não tóxicos, o ar artificial dessas cápsulas precisa, ainda, ser continuamente purificado. Uma das substâncias que podem ser utilizadas na purificação do ar, com esse objetivo, é:

4. d

a) HCl.
b) K_2SO_4.
c) H_2CO_3.
d) NaOH.

5. (Enem) Cientistas da Austrália descobriram um meio de produzir roupas que se limpam sozinhas. A equipe de pesquisadores usou nanocristais de dióxido de titânio (TiO_2) que, sob ação da luz solar, são capazes de decompor as partículas de sujeira na superfície de um tecido. O estudo apresentou bons resultados com fibras de algodão e seda. Nesses casos, foram removidas manchas de vinho, bastante resistentes. A nanocamada protetora poderá ser útil na prevenção de infecções em hospitais, uma vez que o dióxido de titânio também mostrou ser eficaz na destruição das paredes celulares de microrganismos que provocam infecções. O termo nano vem da unidade de medida nanometro, que é a bilionésima parte de 1 metro.

Veja. Especial Tecnologia. São Paulo: Abril, set. 2008 (adaptado).

5. a

A partir dos resultados obtidos pelos pesquisadores em relação ao uso de nanocristais de dióxido de titânio na produção de tecidos e considerando uma possível utilização dessa substância no combate às infecções hospitalares, pode-se associar que os nanocristais de dióxido de titânio

a) são pouco eficientes em ambientes fechados e escuros.
b) possuem dimensões menores que as de seus átomos formadores.
c) são pouco eficientes na remoção de partículas de sujeira de natureza orgânica.
d) destroem microrganismos causadores de infecções, por meio de osmose celular.
e) interagem fortemente com material orgânico devido à sua natureza apolar.

6. (Uerj) O técnico de uma fármacia deve usar um composto de enxofre para preparar um determinado medicamento. Os compostos de que ele dispõe são:

6. b

I. sulfato de sódio
II. sulfeto de zinco
III. sulfato de magnésio
IV. sulfeto de sódio

O preparo desse medicamento deverá ser feito com o composto que apresente a maior razão entre o número de átomos de enxofre e o número total de átomos dos outros elementos. Considerando uma unidade de cada composto, aquele a ser utilizado é o de número:

a) I. **b)** II. **c)** III. **d)** IV.

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

MODELO

CAPÍTULO 7

CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÕES

SYDA PRODUCTIONS/SHUTTERSTOCK

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT104
- EM13CNT203
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT306
- EM13CNT310

Em hospitais, faz parte da rotina médica relatar por escrito aos profissionais da área de enfermagem a medicação a ser aplicada a cada paciente. Se uma médica prescrever um fármaco que é administrado em solução aquosa, será necessário determinar o volume de solução que contém a quantidade pretendida do fármaco. No texto desta página, apresentamos um exemplo para que você pense a respeito.

Os diversos materiais presentes em nosso dia a dia raramente são substâncias puras. Geralmente, são misturas de duas ou mais substâncias, podendo ser heterogêneas (duas ou mais fases) ou homogêneas (uma única fase).

As misturas homogêneas são também denominadas **soluções** e têm grande relevância na Ciência e na Tecnologia, por exemplo, em estudos médicos e suas aplicações (exemplo na figura ao lado). Soluções apresentam propriedades que dependem de fatores como a proporção entre as quantidades dos seus componentes. Consideremos, por exemplo, dois medicamentos que sejam soluções aquosas de um mesmo princípio ativo (substância responsável pelos efeitos do medicamento no organismo). Se uma dessas soluções contiver maior quantidade do princípio ativo em um mesmo volume de solução, dizemos que essa solução apresenta maior **concentração** dessa substância.

Aqui vai uma situação para você pensar a respeito. Imagine que, após atendimento de urgência em um hospital, um indivíduo permaneceu internado. A médica que o atendeu passou para a área de enfermagem a seguinte prescrição: uma dose de 250 mg de determinado fármaco a cada 8 horas por via endovenosa (ou intravenosa, isto é, na veia). O medicamento está disponível, para essa via de administração, em solução aquosa de concentração 50 g/L. Para seguir a prescrição, que volume da solução deve ser injetado a cada 8 horas? Se o estado do paciente requerer que a médica aumente a dose para 1.000 mg, qual será o novo volume de solução que a equipe de enfermagem deverá aplicar em cada injeção?

Neste capítulo, vamos abordar modos de expressar matematicamente a concentração de soluções. Também vamos discutir a técnica de diluição de soluções, que possibilita obter soluções menos concentradas a partir de outras, mais concentradas.

MARGARET BOURKE-WHITE/THE LIFE PICTURE COLLECTION/GETTY IMAGES

A médica oncologista estadunidense Jane Cooke Wright (1919-2013) investigou o efeito de substâncias terapêuticas no tratamento do câncer. Em vez de testar diretamente no organismo de pacientes, submeteu tecidos cancerosos, em laboratório, a soluções aquosas de diferentes substâncias, observando como eram afetados. Por esses e diversos outros estudos, foi uma das pioneiras no desenvolvimento da técnica denominada quimioterapia do câncer.

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

EM MODERNA

1. Aspectos introdutórios

Podemos usar o verbo *dissolver* para nos referir ao ato praticado pelo indivíduo que faz uma solução, como na frase "dissolvi açúcar em água". Também podemos utilizá-lo de outra maneira. Ao dizer, por exemplo, que açúcar foi dissolvido em água, o verbo *dissolver* expressa que determinada quantidade de água, ao se misturar homogeneamente com certa quantia de açúcar, origina uma solução. Quando uma substância dissolve outra, é costume chamá-la de **solvente**. A substância que é dissolvida no solvente, por sua vez, é denominada **soluto**.

Se uma solução é preparada com o solvente água, dizemos que se trata de uma **solução aquosa**. Ao dissolver açúcar em água, por exemplo, obtém-se uma solução aquosa de açúcar, na qual a água é o solvente e o açúcar é o soluto. São inúmeras as soluções presentes em nosso cotidiano, principalmente as soluções aquosas. Entre os exemplos destas últimas, temos os sucos de frutas, a saliva, o plasma sanguíneo, a urina, a água da chuva e a água potável. Ao observar um rótulo de água mineral, por exemplo, você pode encontrar os componentes da solução aquosa e suas concentrações.

Ao trabalhar com soluções, é frequente a necessidade de expressar a concentração do soluto na solução. Por exemplo, quando se utilizam solventes líquidos, existe a necessidade de medir, com precisão adequada, o volume de líquidos. Nos laboratórios, há vários equipamentos de vidro com indicações de volume, nem todos com a mesma precisão. Ao medir um mesmo volume utilizando os equipamentos destacados na Figura 1, o béquer (Fig. 1.A) e o erlenmeyer (Fig. 1.B) são relativamente pouco precisos, propiciando apenas medidas aproximadas. Já a proveta (Fig. 1.C) é um pouco mais precisa que béquer e erlenmeyer, fornecendo medidas razoáveis para procedimentos que não exijam precisão muito grande.

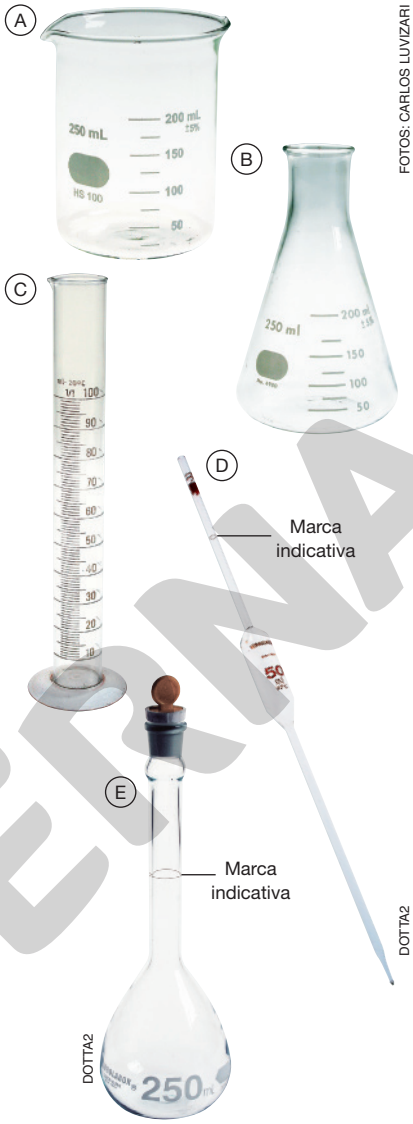
Para os propósitos deste capítulo, contudo, duas outras vidrarias para medição de volume merecem nossa atenção, a pipeta volumétrica (Fig. 1.D) e o balão volumétrico (Fig. 1.E). Ambos têm precisão maior que proveta, erlenmeyer ou béquer e são usados em boa parte dos procedimentos de preparo de soluções.

A pipeta volumétrica e o balão volumétrico apresentam uma marca indicativa que também é chamada de traço de calibração, ou de aferição. Veja essas marcas na Figura 1 (D e E), que foram feitas 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 estudado no Capítulo 3, as partículas na superfície do vidro interagem com as do líquido de tal maneira que a superfície do líquido deixa de ser plana conforme encontra-se mais próxima do vidro. Para uma determinação correta do volume, o olhar do observador deve seguir uma linha horizontal imaginária tangente à parte central da superfície do líquido (essa superfície é chamada de menisco) (Fig. 2).

Embora a pipeta volumétrica e o balão volumétrico se prestem à medida de um único valor de volume, esta é feita com precisão satisfatória. Esses equipamentos são comercializados em várias opções de tamanho, sendo comuns pipetas volumétricas de 1 mL, 5 mL, 10 mL e 25 mL e balões volumétricos de 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1.000 mL e 2.000 mL.

Você pode buscar na internet fotos desses equipamentos e perceber a diversidade de opções. Durante sua busca, também poderá encontrar pipetas convencionais, que não devem ser confundidas com as volumétricas, pois possuem precisão inferior e diversos traços indicativos de volume.

A seguir, aparece um texto que explica como utilizar corretamente um balão volumétrico no preparo de uma solução aquosa. Leia e analise o texto com atenção, pois, na sequência, empregaremos informações nele contidas para exemplificar o preparo de uma solução aquosa de um soluto sólido.



FOTOS: CARLOS LUVIZARI

Figura 1 Exemplos de equipamentos de vidro (vidrarias) usados para medir volume: béquer (A), erlenmeyer (B), proveta (C), pipeta volumétrica (D) e balão volumétrico (E).

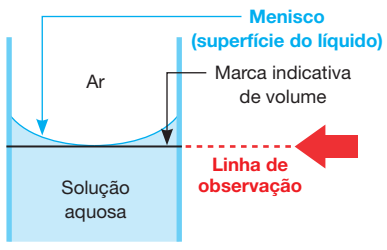


Figura 2 Técnica correta para utilização da marca indicativa existente em pipetas volumétricas e balões volumétricos, conforme explicado no texto. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: Elaborado a partir de SKOOG, D. A. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 9. ed. Belmont: Cengage, 2014.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

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

EM MODERNA

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Preparo de soluções aquosas

Ao se preparar uma solução, o soluto (sólido, líquido ou solução concentrada) deve ser inicialmente dissolvido em um béquer, utilizando-se um volume de solvente inferior ao volume final de solução a ser preparado. Em seguida, essa solução deve ser transferida para um balão volumétrico de volume igual ao que se deseja preparar de solução; então, adiciona-se solvente até que o volume de solução atinja a marca indicativa no pescoço do balão. Preparada a solução, a mesma deve ser cuidadosamente homogeneizada invertendo-se o balão volumétrico (bem fechado) diversas vezes.

O procedimento de diluir, inicialmente, o ácido (ou dissolver a base) em um béquer, em vez de diluí-lo diretamente no balão volumétrico, tem uma forte justificativa: a diluição de soluções concentradas de ácidos ou bases (ou a dissolução de bases) é, em geral, acompanhada por um grande desprendimento de calor (processo exotérmico), o que eleva a temperatura da solução. Como, geralmente, o volume nominal dos balões volumétricos é calibrado a 20 °C, não é recomendado colocar soluções aquecidas em balões nem expor balões volumétricos a temperaturas elevadas (por isso, eles não devem ser secos em estufas). Por outro lado, o desprendimento de calor ocasionado pela dissolução aquosa de soluções concentradas de ácidos é tão grande que somente se deve dissolvê-los em água, isto é, não se deve dissolver água neles, pois, neste caso, a solução pode chegar a ferver no ponto em que a água é adicionada, podendo espirrar (muitos ficaram cegos ao proceder desta forma errônea!).

Portanto:

JAMAIS ADICIONE ÁGUA A UMA SOLUÇÃO CONCENTRADA DE UM ÁCIDO; SEMPRE ADICIONE LENTAMENTE O ÁCIDO CONCENTRADO À ÁGUA!

Fonte: SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C.; MACHADO, P. F. L. *Introdução à Química Experimental*. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014. p. 112.

1. A etapa de dissolução do soluto em água não é realizada diretamente dentro do balão volumétrico. Apresente argumentos que justifiquem esse procedimento.
2. O preparo de soluções de ácidos ou de bases **NÃO deve ser realizado por estudantes.** Essa preocupação se justifica por razões de segurança. Além de serem materiais altamente corrosivos, que outro argumento justifica essa medida de segurança?

A Figura 3, abaixo, ilustra a preparação de uma solução aquosa do soluto sulfato de cobre(II) pentaidratado ($CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$) com a técnica relatada no texto acima. É uma sequência de imagens didáticas para ilustrar o tema que estamos abordando. Lembre-se de que **você só deve realizar procedimentos de laboratório com autorização e supervisão do professor**.

Figura 3 Preparo de solução de sulfato de cobre(II) pentaidratado ($CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$). O técnico usa avental e óculos de segurança. Ele está informado de que o sólido e a solução não devem ser ingeridos nem ter contato com olhos e pele. Também tem conhecimento de que, em caso de contato acidental, olhos e pele devem ser lavados imediatamente com água em abundância. Os **cuidados** nesse procedimento podem variar dependendo da periculosidade do soluto. Para ácidos e bases fortes, entre outros cuidados, são usadas luvas, e a etapa de dissolução pode requerer colocação de gelo ao redor do béquer.

(1) Um béquer vazio é colocado na balança e ela é zerada. A substância sólida que será o soluto (no caso, sulfato de cobre(II) pentaidratado) é adicionada até a balança indicar a massa desejada.

(2) No béquer, o soluto é dissolvido em água destilada (água purificada por destilação), mexendo-se a mistura com bastão de vidro. Nessa etapa, emprega-se volume de água bem inferior ao final desejado.

(3) A solução é transferida para o balão volumétrico. Ao final dessa etapa, restará pequena quantidade de solução no béquer e no funil.

(4) Acrescenta-se água destilada ao béquer, agita-se e transfere-se para o balão (algumas vezes) para incorporar o que ficou retido no béquer e no funil.

(5) Completa-se cuidadosamente com água destilada até a indicação no pescoço do balão. Ele é bem fechado com a tampa apropriada do balão (para que não haja vazamento da solução) e, a seguir, virado de ponta-cabeça algumas vezes para homogeneizar bem o líquido.

FOTOS: TREVOR CLIFFORD PHOTOGRAPHY/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

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

MODELO

2. Soluções e interações intermoleculares

Para que um soluto se dissolva em água, é preciso que suas partículas constituintes (íons ou moléculas) sejam separadas, o que requer **ruptura das ligações químicas e/ou das interações intermoleculares**. Se o soluto for um sólido iônico, é necessário o afastamento de cátions e ânions que se atraem por forças eletrostáticas entre cargas de sinais opostos, ou seja, é preciso que ligações iônicas sejam rompidas. Se o soluto for um sólido ou líquido molecular, a separação implica ruptura de interações intermoleculares (forças de London, interações dipolo-dipolo e/ou ligações de hidrogênio). Quando o soluto é molecular, a dissolução também pode envolver a ruptura de ligações covalentes, como vimos no Capítulo 6 (por exemplo, a ionização de ácidos ou de amônia em água).

O rompimento de ligações químicas e interações intermoleculares requer absorção de energia. Essa energia é, total ou parcialmente, proveniente da energia liberada na **formação de interações** entre as partículas de soluto e as moléculas de água que as rodeiam, envolvidas em sua **solvatação**. A solvatação pela água pode ser denominada **hidratação**.

Se as partículas do soluto são íons como Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cl^-, Br^- e I^-, a solvatação ocorre com o estabelecimento de **interações íon-dipolo** (apresentadas no Capítulo 6). Além da água, outros líquidos de elevada polaridade também podem dissolver alguns compostos iônicos, solvatando seus íons (Fig. 4), porque estabelecem esse mesmo tipo de interação. De modo geral, compostos iônicos não se dissolvem bem em líquidos apolares (por exemplo, hidrocarbonetos derivados do petróleo) ou fracamente polares. Isso ocorre porque, entre outros fatores, as interações estabelecidas entre as partículas do soluto e do solvente não compensam energeticamente o rompimento das forças de atração entre os íons do soluto e entre as moléculas do solvente.

Se as partículas do soluto dissolvido em água são moléculas como CH_3CH_2OH (etanol), CH_4N_2O (ureia), H_3CCOCH_3 (propanona), H_3COCH_3 (éter dimetílico) e $C_6H_{12}O_6$ (glicose) ou íons como NO_3^- (nitrato), SO_4^{2-} (sulfato), hidróxido (OH^-), amônio (NH_4^+) e oxônio (H_3O^+), há estabelecimento de **ligações de hidrogênio** na solvatação (Fig. 5).

Assim, a tendência de solutos iônicos e de solutos moleculares polares se dissolverem em solventes polares deve-se à formação de intensas interações entre soluto e solvente (íon-dipolo, ligação de hidrogênio e, eventualmente, dipolo-dipolo), que libera energia suficiente para compensar a absorção de energia no rompimento de ligações que existiam entre as partículas do soluto puro.

Há, contudo, compostos iônicos que não se dissolvem satisfatoriamente em água nem em outros solventes polares. (Conheceremos exemplos no Capítulo 10.) Em muitos casos, isso pode ser atribuído a ligações muito intensas entre os íons no cristal, o que inviabiliza sua separação pelo solvente. Há também outros fatores que podem ser responsáveis, chamados fatores entrópicos, associados ao grau de organização/desorganização da matéria em nível submicroscópico. A atuação desses fatores não será objeto da presente discussão.

Consideremos, agora, soluções preparadas com solventes apolares. Digamos que, seguindo normas de segurança adequadas, um pesquisador dissolva heptano (C_7H_{16}) em octano (C_8H_{18}), substâncias incolores, líquidas a 25 °C e 1 atm. Os cuidados ao manuseá-los se justificam porque são compostos muito voláteis (vaporizam com facilidade) e seus vapores, além de tóxicos, são facilmente inflamáveis em presença de fontes de ignição como chama ou faísca elétrica. No heptano e octano puros, as moléculas se atraem por forças de dispersão de London, isto é, interações dipolo instantâneo-dipolo induzido (Capítulo 3). Ao dissolver o heptano no octano, parte dessas interações se desfaz e são estabelecidas novas interações entre as moléculas das duas substâncias, também por forças de dispersão de London. A tendência de solutos apolares se dissolverem em solventes apolares está relacionada com o fato de a solvatação ser favorecida por forças de London que podem ser estabelecidas entre soluto e solvente.

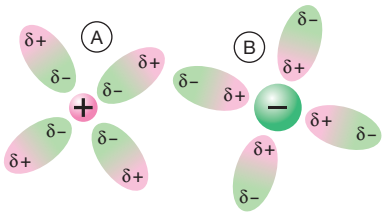


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Figura 4 Representação esquemática genérica de cátion solvatado (A) e de ânion solvatado (B) por moléculas de solvente polar. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: MCMURRY, J. E. *et al*. *Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016.

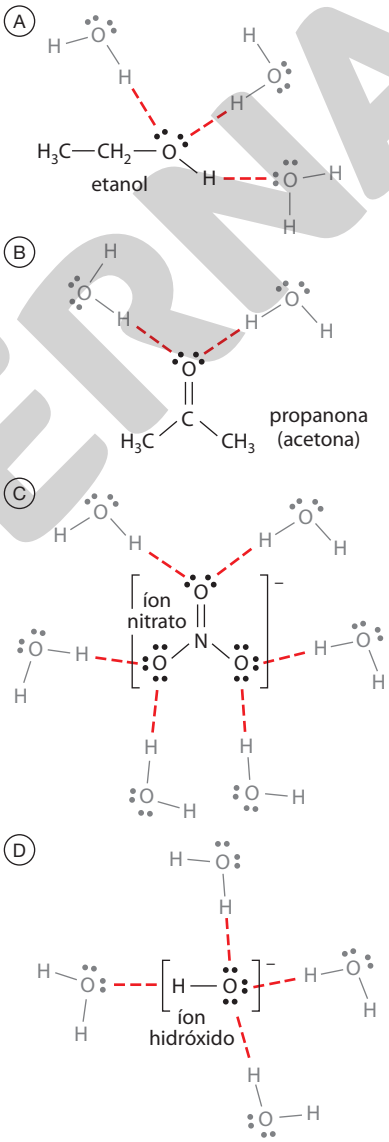


Figura 5 Representação de ligações de hidrogênio (em tracejado vermelho) possíveis entre água e: etanol (A), propanona (B), íon nitrato (C) e íon hidróxido (D).

Fontes: GRABOWSKI, S. J. (ed.). *Hydrogen bonding – new insights*. Dordrecht: Springer, 2006; JEFFREY, G. A. *An introduction to hydrogen bonding*. Oxford: Oxford University Press, 1997.

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

MODERNA

3. Concentração de uma solução

Para preparar a solução da Figura 6, uma amostra de 50 g da substância cloreto de sódio (NaCl) foi dissolvida, inicialmente, com um pouco de água destilada em um béquer. Toda a solução foi transferida para um balão volumétrico de 1.000 mL (isto é, 1 L), ao qual se adicionou mais água destilada até a marca indicativa no pescoço do balão. O balão foi tampado e invertido algumas vezes para homogeneizar a mistura.

Perceba que, seguindo o modo de preparo, não dissolvemos o soluto em 1 L de água, mas em **água suficiente para completar 1 L de solução**. Em outras palavras, não é relevante (no caso em questão) saber o exato volume de água que foi utilizado, mas sim o volume da solução preparada. Então, dizemos que, nessa solução, há 50 g de soluto em cada litro **de solução**.

Como toda solução é uma mistura homogênea, o soluto está distribuído de forma uniforme por todo o volume da solução. Então, em 0,5 L da solução há 25 g de soluto, em 0,25 L da solução há 12,5 g de soluto, e assim por diante.

$$\frac{50\text{ g}}{1\text{ L}} = \frac{25\text{ g}}{0{,}5\text{ L}} = \frac{12{,}5\text{ g}}{0{,}25\text{ L}} = \frac{10\text{ g}}{0{,}2\text{ L}} = \frac{5\text{ g}}{0{,}1\text{ L}}$$

Para expressar, de modo conciso, que *há 50 g de soluto em cada litro de solução*, dizemos que *a solução tem concentração 50 g/L* (lê-se 50 gramas por litro).

Assim, acabamos de apresentar uma das maneiras usadas pelos cientistas para expressar a **concentração** de uma solução, que é especificando a massa de soluto dissolvida em certo volume dessa solução. Neste livro, essa grandeza será representada por *C*.

$$C = \frac{m_{soluto}}{V_{solução}}$$

Sobre esse conceito, atente a dois aspectos. A unidade da concentração não precisa ser necessariamente g/L. Ela será composta de uma unidade de massa (mg, g, kg, t etc.) dividida por uma unidade de volume (cm^3, mL, dm^3, L, m^3 etc.). Além disso, lembre-se de que o volume levado em conta no cálculo não é o de solvente usado para fazer a solução, mas o volume da solução.

No início do capítulo fizemos duas perguntas sobre uma solução de medicamento que, assim como o exemplo acima, também tem concentração 50 g/L. Já estamos em condições de respondê-las. Considere a igualdade:

$$\frac{50\text{ g}}{1\text{ L}} \overset{\div 10^3}{=} \frac{0{,}050\text{ g}}{0{,}001\text{ L}} \overset{\text{equivale a}}{=} \frac{50\text{ mg}}{1\text{ mL}}$$

Se há 50 g de soluto em um litro de solução, então haverá 50 mg em cada mililitro. Portanto, para administrar 250 mg do medicamento (soluto), deve-se empregar 5 mL de solução. E, para administrar 1.000 mg, emprega-se 20 mL. Esses volumes podem ser determinados por regras de três:

Massa de soluto		Volume de solução
50 mg	———	1 mL
250 mg	———	x

$$x = \frac{250\text{ mg} \cdot 1\text{ mL}}{50\text{ mg}}$$

$x = 5$ mL

Massa de soluto		Volume de solução
50 mg	———	1 mL
1.000 mg	———	y

$$y = \frac{1.000\text{ mg} \cdot 1\text{ mL}}{50\text{ mg}}$$

$y = 20$ mL

RICHARD MEGNA/FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC

Figura 6 Solução aquosa preparada utilizando 50 g do soluto cloreto de sódio (NaCl) dissolvido em quantidade suficiente do solvente água para obter 1,0 L de solução.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Pesquise a composição química de uma água mineral de sua escolha (no rótulo ou nas informações divulgadas pelo produtor).

Quais são as fórmulas dos íons nela dissolvidos? Qual é a concentração de cada um e em que unidade estão expressas? A quantos g/L equivalem?

Crie uma tabela no caderno que relacione essas respostas.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

O rótulo de um frasco de laboratório contém as informações:

KNO_3 (aq)

$C = 84{,}0$ g/L

$d = 1{,}050$ g/cm^3

- Qual é o solvente e qual é o soluto?
- Qual é a massa de soluto presente em 500 cm^3 da solução?
- Que volume de solução contém 21,0 g de soluto?
- Qual é a massa de 1 L da solução?
- Qual é a massa de soluto presente em 1,0 L da solução?
- Qual é a massa de água existente em 1,0 L da solução?

Elaborem um cartaz digital com um desenho do frasco e do rótulo e as respostas das perguntas, explicando como chegaram a elas.

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

MODERNA

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

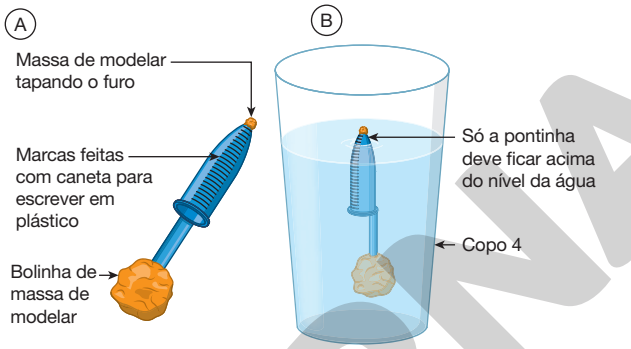
O objetivo desta atividade é investigar a flutuabilidade de um objeto em diferentes soluções aquosas de cloreto de sódio.

Material

- quatro copos transparentes
- colher de sopa
- caneta para escrever em plástico (cuja tinta não sai com água)
- tampa plástica de caneta esferográfica
- massa de modelar
- água
- sal de cozinha

Procedimento

1. Coloquem água até cerca de 70% da altura dos copos e os numerem de 1 a 4.
2. Adicionem uma colher (de sopa) de sal ao copo 1, duas colheres ao copo 2 e três colheres ao copo 3. Mexam bem até dissolver o sal. No copo 4 não adicionem sal.
3. Usem a caneta para escrever em plástico para fazer marcas, espaçadas cerca de 2 mm uma da outra, na tampa da caneta esferográfica. Grudem uma bolinha de massa de modelar na ponta do cabo dela e preencham completamente o furo superior com um pouquinho de massa (Fig. 7.A).
4. Coloquem a tampa em pé no copo 4. Ajustem a quantidade de massa de modelar na bolinha do cabo a fim de que apenas uma pontinha da tampa fique fora da água (Fig. 7.B). Registrem quantas marcas estão acima do nível do líquido.
5. Transfiram a tampa para cada um dos outros copos e registrem em cada caso quantas marcas ficam acima do líquido.
6. Removam a massa de modelar e descartem-na no lixo comum. Limpem a tampa para reutilizá-la. Descartem as soluções na pia.



ADILSON SECCO

Figura 7 Orientações referentes ao procedimento da atividade prática. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Conclusões

Que diferenças há na flutuabilidade do objeto nos quatro líquidos? Proponham uma explicação para o que foi observado, relacionando concentração da solução com a sua densidade.

Elaborem, em equipe, um relato do procedimento, seguido do resultado observado e da explicação proposta.

Pesquisem o que é um densímetro. Ele mede o quê? Como é utilizado? Qual é a sua utilidade prática? Qual é a sua relação com este experimento?

Incluam as respostas no relato e divulguem-no como *blog*, *podcast* ou vídeo conforme determinação do professor. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Aplicando conhecimentos

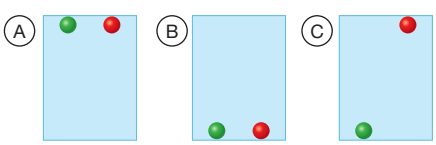
Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. O brometo de potássio (KBr) é um sólido bastante solúvel em água. Como você prepararia uma solução aquosa de 11,9 g desse sal em 1,00 L de solução? Que volume da solução contém 9,52 g de soluto?

2. Por evaporação e purificação, um litro de água do mar fornece 27 g de cloreto de sódio. Que volume de água do mar, em m^3, precisa ser empregado para que uma salina produza 1 t de cloreto de sódio?

3. Duas bolinhas, uma verde e outra vermelha, de densidades diferentes foram colocadas em três recipientes totalmente preenchidos com álcool ($d = 0{,}8$ g/mL), água ($d = 1$ g/mL) e uma mistura de água e álcool. As três figuras (A, B e C) representam a posição das bolinhas em cada caso, mas não necessariamente nessa ordem. O líquido está representado pela cor azul. Deduza, e justifique, qual o líquido presente em cada caso.



ADILSON SECCO

(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

4. Para realizar certo procedimento experimental, uma pesquisadora precisa saber quais são a massa de soluto e a massa de solvente presentes em 200 mL de uma solução aquosa de ácido sulfúrico de concentração 165 g/L e densidade 1,100 g/cm^3.

Explique que cálculos ela deve executar para determinar as massas desejadas. Apresente argumentos que justifiquem sua resposta e realize os cálculos, concluindo quais são essas massas.

5. (Fuvest-SP) Uma usina de reciclagem de plástico recebeu um lote de raspas de 2 tipos de plásticos, um deles com densidade 1,10 kg/L e outro com densidade 1,14 kg/L. Para efetuar a separação dos dois tipos de plásticos, foi necessário preparar 1.000 L de uma solução de densidade apropriada, misturando-se volumes adequados de água (densidade = 1,00 kg/L) e de uma solução aquosa de NaCl, disponível no almoxarifado da usina, de densidade 1,25 kg/L. Esses volumes, em litros, podem ser, respectivamente,

5. c

a) 900 e 100. **c)** 500 e 500. **e)** 100 e 900.
b) 800 e 200. **d)** 200 e 800.

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

EM MODERNA

4. Título e porcentagem

Título em massa e porcentagem em massa

Considere que determinada solução aquosa seja constituída de 10 g de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$, principal componente do açúcar da cana) e 90 g de água. Nela, a massa de soluto (10 g) representa um décimo da massa total (100 g):

$$\frac{\text{massa de soluto}}{\text{massa de solução}} = \frac{10\ \text{g}}{100\ \text{g}} = \frac{1}{10} = 0{,}10$$

Em 50 g dessa solução, há 5 g de sacarose. Em 20 g de solução, há 2 g de sacarose, e assim por diante.

$$\frac{\text{massa de soluto}}{\text{massa de solução}} = \frac{10\ \text{g}}{100\ \text{g}} = \frac{5\ \text{g}}{50\ \text{g}} = \frac{2\ \text{g}}{20\ \text{g}} = 0{,}10$$

Quando consideramos uma alíquota (amostra) dessa solução, cuja massa total é menor do que 100 g, a massa de sacarose nela presente também será menor do que 10 g. Contudo, a relação entre a massa de soluto presente em uma amostra dessa solução e a massa total da amostra é sempre 0,10. Essa relação é chamada de **título em massa** e, neste livro, vamos representá-la por $\mathcal{T}_m$ (lê-se tau eme).

$$\mathcal{T}_m = \frac{m_{soluto}}{m_{solução}}$$

Na solução aquosa de sacarose com $\mathcal{T}_m = 0{,}10$, qualquer que seja a amostra de solução, a massa do soluto corresponderá a 10% da massa total.

$$\frac{\text{massa de soluto}}{\text{massa de solução}} = \frac{10\ \text{g}}{100\ \text{g}} = \frac{5\ \text{g}}{50\ \text{g}} = \frac{2\ \text{g}}{20\ \text{g}} = 0{,}10 = \frac{10}{100} = 10\%$$

Assim, quando o título em massa ($\mathcal{T}_m$) — um número adimensional (sem unidade), maior que zero e menor que um — é expresso em porcentagem, tem-se a **porcentagem em massa**, ou **porcentagem (m/m)**, do soluto na solução.

Ainda sobre a solução mencionada, podemos deduzir que porcentagem em massa da água na solução é 90% da massa, o que é compatível com os números apresentados: 90 g de água em uma massa total de 100 g.

Título em volume e porcentagem em volume

Existe uma grandeza que informa a fração do volume da solução que corresponde ao soluto. Trata-se do **título em volume**, que simbolizaremos por $\mathcal{T}_V$ (lê-se tau vê), definido como a relação entre o volume de soluto e o volume de solução.

$$\mathcal{T}_V = \frac{V_{soluto}}{V_{solução}}$$

Digamos que uma solução de heptano (C_7H_{16}) em octano (C_8H_{18}) — substâncias incolores, inflamáveis, líquidas a 25 °C e 1 atm — tenha sido preparada de tal modo que o título em volume do heptano seja 0,25. Isso quer dizer que o volume de heptano corresponde a 0,25 do volume total.

$$\frac{\text{volume de soluto}}{\text{volume de solução}} = \frac{25\ \text{L}}{100\ \text{L}} = \frac{12{,}5\ \text{L}}{50\ \text{L}} = \frac{25\ \text{mL}}{100\ \text{mL}} = \frac{2{,}5\ \text{mL}}{10\ \text{mL}} = 0{,}25$$

Quando o título em volume ($\mathcal{T}_V$) — um número adimensional, maior que zero e menor que um — é expresso em porcentagem, tem-se a **porcentagem em volume**, ou **porcentagem (v/v)**, do soluto na solução.

Na solução mencionada, na qual o heptano tem $\mathcal{T}_V = 0{,}25$, a porcentagem em volume desse componente é 25%. Em decorrência, deduzimos que a porcentagem em volume do octano é 75%.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Em 2020, o mundo enfrentou uma pandemia de uma nova doença, denominada COVID-19, que provocou milhares de mortes no planeta.

Diversas medidas de proteção individual foram recomendadas pelo Ministério da Saúde e incessantemente veiculadas na mídia, entre elas a lavagem correta das mãos com água e sabão. Também foi aconselhado à população que, diante da impossibilidade momentânea de lavar as mãos, elas deveriam ser higienizadas com "álcool 70%", mistura contendo 70% em massa de etanol e 30% de água.

No Brasil, a porcentagem *em massa* de etanol em uma mistura com água é designada por °INPM, por normatização do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), antigo Instituto Nacional de Pesos e Medidas (de onde veio a sigla INPM). Assim, a mistura mencionada acima é designada como **etanol 70 °INPM**.

Na época da pandemia, determinada indústria tinha grandes estoques de etanol 46 °INPM e de etanol 92,8 °INPM. A diretoria determinou que os químicos da empresa utilizassem esses estoques para produzir etanol 70 °INPM para doação a hospitais.

A fim de realizar o procedimento, os químicos tiveram de determinar em que proporção massa/massa os dois produtos estocados deveriam ser misturados.

Discutam como essa determinação foi feita e apresentem o raciocínio em forma de uma aula em vídeo (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro). A aula deve ser ilustrada e esquematizada para que seja compreensível e atraente. Os argumentos que embasam o raciocínio devem ser claramente apresentados nesse vídeo.

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

MODELO

Na ocasião em que este livro foi produzido, tramitava uma proposta de redução desse limite para 0,01 mg/L.

5. Partes por milhão, em massa e em volume

Para um soluto em concentração muito baixa, o título ou a porcentagem podem ser números tão pequenos que, nesse caso, é vantajoso usar a unidade **partes por milhão** (**ppm**), que se refere a massa ou a volume. É uma das unidades usadas no monitoramento de poluentes, os quais, mesmo em concentrações baixas, podem causar problemas de saúde (Fig. 8).

Vejamos um exemplo de **ppm em massa**. Um dos critérios estipulados pelo Governo Federal para considerar a água própria para consumo humano é a concentração máxima de íons chumbo(II) (Pb^{2+}): 0,05 mg/L. A massa de soluto 0,05 mg corresponde a 0,00005 g. E o volume de 1 L da solução aquosa tem massa muito próxima de 1.000 g, pois se trata de uma solução aquosa muito diluída, cuja densidade, para efeitos práticos, é igual à da água pura (1 g/mL = 1 kg/L). Assim, 0,05 mg/L equivale a 0,00005 g (de soluto) em 10^3 g (de solução). Seguindo essa proporção, vejamos quanto de soluto haverá em um milhão (10^6) de gramas de água:

Massa de soluto		Massa de solução
0,00005 g	———	10^3 g
x	———	10^6 g

$\Rightarrow \quad x = 0{,}05$ g

Então, o limite é de 0,05 g de Pb^{2+} por milhão de gramas de solução, ou seja, **0,05 ppm em massa**. Se a concentração for superior a essa, a solução aquosa é imprópria para consumo. A concentração de 0,05 ppm em massa equivale a 0,000005% em massa, como está demonstrado a seguir:

0,05 ppm em massa

$$\frac{\text{massa de soluto}}{\text{massa de solução}} = \frac{0{,}05\text{ g}}{1.000.000\text{ g}} \xrightarrow{\div 10^4} \frac{0{,}000005\text{ g}}{100\text{ g}} = \frac{0{,}000005}{100} = 0{,}000005\%$$

Como esse é um valor muito pequeno, perceba a conveniência de utilizar, nesse caso, ppm em vez de porcentagem.

Vamos, agora, ver um caso de **ppm em volume**. Consideremos o poluente extremamente tóxico monóxido de carbono (CO), emitido, por exemplo, por veículos com motores a combustão. Segundo os padrões de qualidade do ar atmosférico, fixados por resolução do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), a concentração de CO não deve ultrapassar 9 ppm em volume.

Essa concentração deve ser interpretada como 9 L de CO presentes em cada $1 \cdot 10^6$ L (um milhão de litros) de ar, o que equivale a apenas 0,0009% em volume, conforme demonstrado a seguir:

9 ppm em volume

$$\frac{\text{volume de soluto}}{\text{volume de solução}} = \frac{9\text{ L}}{1.000.000\text{ L}} \xrightarrow{\div 10^4} \frac{0{,}0009\text{ L}}{100\text{ L}} = \frac{0{,}0009}{100} = 0{,}0009\%$$

Se um indivíduo adulto inalar 9 mil litros de ar por dia, quantos litros de CO estará inalando, nesse período, se a concentração desse gás for 9 ppm? Aqui também podemos recorrer a um raciocínio de proporcionalidade:

Volume de ar		Volume de CO
$1 \cdot 10^6$ L	———	9 L
$9 \cdot 10^3$ L	———	y

$\Rightarrow \quad y = 0{,}081\text{ L} = 81\text{ mL}$

Para concentrações ainda menores, podem ser empregadas as unidades **ppb** (**partes por bilhão**) e **ppt** (**partes por trilhão**). É útil ter sempre em mente que um milhão é $1 \cdot 10^6$, um bilhão é $1 \cdot 10^9$ e um trilhão é $1 \cdot 10^{12}$.

BRUNO FERNANDES/FOTOARENA

SCIENCE HISTORY INSTITUTE/CC BY 3.0/ WIKIMEDIA COMMONS

Figura 8 (A) Painel indicativo de temperatura e qualidade do ar, São Paulo, SP, 2019. A asma é uma doença inflamatória das vias aéreas que, em indivíduos propensos, pode ser desencadeada por poluentes atmosféricos, às vezes em concentrações da ordem de ppm. (B) A química taiwanesa Nancy Tang Chang (nascida em 1950, em foto de 2012), pesquisadora de Bioquímica, chefiou a equipe que desenvolveu um fármaco de nome genérico omalizumabe para reduzir a sensibilidade do organismo a alérgenos (fatores desencadeadores de alergias), visando ao tratamento da asma.

Atividade em grupo

Os **metais pesados** como o chumbo são tóxicos e muito prejudiciais à nossa saúde e ao meio ambiente.

Investiguem quais são os mais preocupantes, as formas de contaminação e os problemas que causam no organismo humano e nos ecossistemas. Pesquisem recursos digitais (simuladores, vídeos etc.) que ajudem a demonstrar sua periculosidade.

Usem os resultados para produzir um vídeo (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro) que **explique** o problema à comunidade, que se **posicione criticamente** em relação às diversas aplicações desses metais e **proponha** medidas individuais e coletivas para o correto uso e descarte de materiais que sejam possíveis fontes de contaminação.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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

MODELO

6. Diluição de soluções

Em laboratórios científicos, alguns reagentes são armazenados e utilizados para preparar soluções no momento em que elas são necessárias. Há, contudo, diversos reagentes já disponíveis em soluções de estoque (Fig. 9). Estas apresentam apenas certos valores de concentração, mas é possível obter outras, mais diluídas (isto é, menos concentradas), por meio de **diluição**, técnica que consiste em acrescentar solvente a uma solução.

Vejamos um exemplo de diluição em laboratório. De uma solução aquosa de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$, composto alaranjado) cuja concentração é 60 g/L (Fig. 10.A), retira-se uma alíquota (amostra) de 25 mL com uma pipeta volumétrica apropriada. Conforme explicado no Item 1, esse equipamento tem uma única marca indicativa de volume. Para essa pipetagem, então, é necessário empregar uma pipeta volumétrica de 25 mL. Nesse procedimento, **NUNCA se pipeta com a boca**. A aspiração do líquido para a pipeta é feita com um dispositivo denominado pera de borracha, ou pera de sucção (Fig. 10.A), conectado à parte superior dela.

A alíquota pipetada é transferida para um balão volumétrico de 250 mL (Fig. 10.B) e, a seguir, completa-se com água destilada até a marca indicativa no pescoço do balão (Fig. 10.C). Já que o acréscimo de água promove aumento do volume da solução, podemos prever que a concentração diminui. Mas como determinar o valor da concentração da solução final?

A massa de soluto (em g) em uma solução é dada por $m_{soluto} = C \cdot V$, em que C é a concentração (em g/L) e V é o volume da solução (em L). Perceba que isso decorre da definição de concentração, apresentada no Item 3. Na diluição, a massa de soluto na solução final é a mesma que na alíquota, pois adiciona-se apenas solvente (água, no caso) e não soluto. Usando o índice **i** para a alíquota (situação inicial) e **f** para a solução final, temos:

$$m_{\text{soluto i}} = m_{\text{soluto f}}$$

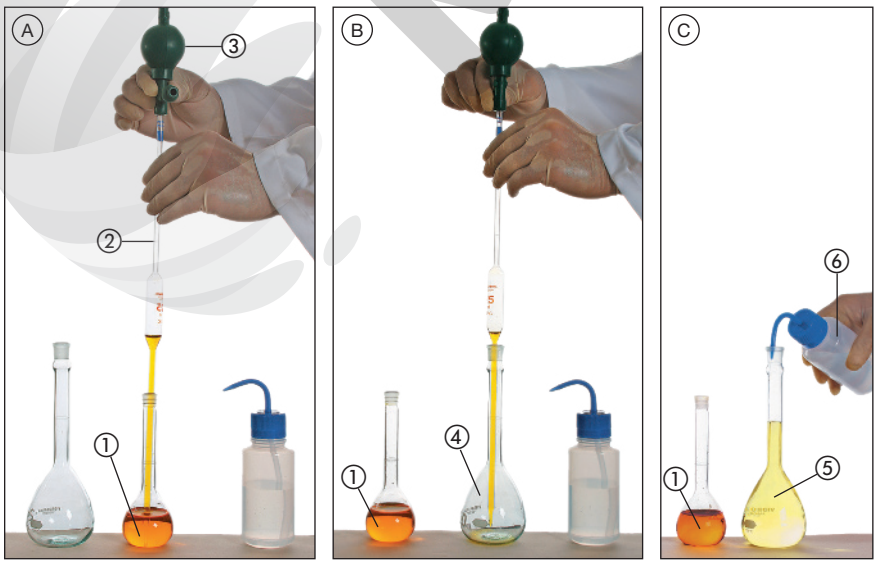
$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

Substituindo os valores, obtemos:

$$60 \text{ g/L} \cdot 0{,}025 \text{ L} = C_f \cdot 0{,}250 \text{ L}$$

$$C_f = 6{,}0 \text{ g/L}$$

Perceba que a concentração final é dez vezes menor que a inicial, pois a mesma massa de soluto, ao final, está dissolvida em um volume dez vezes maior (o acréscimo de água aumentou o volume de 25 mL para 250 mL).



FOTOS: DOTTA2

JOHNNYGREIG/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Figura 9 Em um almoxarifado de laboratório, é comum a existência de soluções de estoque. A partir delas, por diluição, podem ser obtidas outras, menos concentradas.
Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Em muitas localidades litorâneas, esgotos são despejados no mar, gerando impactos ambientais. A **diluição** dos dejetos na água marinha nem sempre é suficiente para dispersá-los totalmente e acelerar sua biodegradação.

A prática gera muitos problemas, entre eles a contaminação de praias, tornando-as impróprias para banho. Pesquise por que a **concentração de coliformes fecais na água do mar** é usada pelas autoridades sanitárias para decidir se uma praia pode ser frequentada.

Se você mora em regiões litorâneas (ou as frequenta), procure em fontes confiáveis a qualidade das praias que conhece e estabeleça uma relação com as condições de saneamento básico da região.

Figura 10 (A) De uma solução 60 g/L de $K_2Cr_2O_7$ (1), retira-se 25 mL com uma pipeta volumétrica (2). A sucção é promovida pela pera de borracha (3). (**NÃO se deve, em hipótese alguma, aspirar com a boca o líquido que se pretende pipetar.**)
(B) A alíquota é transferida para um balão volumétrico de 250 mL (4).
(C) Completa-se com água destilada até a marca do balão, resultando uma nova solução de $K_2Cr_2O_7$ (5), menos concentrada, como se percebe pelo alaranjado menos intenso. A pisseta (6) é um frasco plástico usado para adicionar, controladamente, água destilada quando se está prestes a atingir a marca no pescoço do balão. **Esse experimento não deve ser realizado na escola, pois o $K_2Cr_2O_7$ pode causar irritação na pele e nos olhos.**

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

MODELA

6. Para a realização de um experimento de Botânica, um biólogo precisa de uma solução aquosa de nitrato de potássio (nutriente de plantas) cuja concentração esteja na faixa de 100 g/L a 110 g/L. Ele dispõe de uma solução em cujo rótulo se lê:

KNO_3 (aq) a 10% em massa

densidade = 1,05 g/mL

Decida se essa solução é adequada ao procedimento e explique em que se baseia sua decisão.

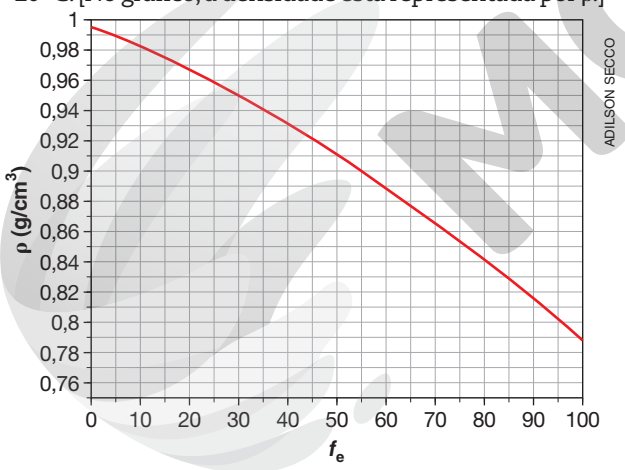
7. Em 50,0 L de ar seco e isento de poluentes há 10,5 L de gás oxigênio. Qual é o título em volume desse constituinte do ar? Fundamentado nessa resposta, qual é a porcentagem em volume de oxigênio no ar?

8. Você é responsável pelo setor de compras da fábrica que produz um perfume, em cuja formulação entra 1,5% em volume de essência (líquida) de lavanda. Quantos litros desse líquido você deve adquirir para a produção de 10 mil frascos contendo 300 mL do perfume em cada um? Explique.

9. 9. c (Enem) O álcool utilizado como combustível automotivo (etanol hidratado) deve apresentar uma taxa máxima de água em sua composição para não prejudicar o funcionamento do motor. Uma maneira simples e rápida de estimar a quantidade de etanol em misturas com água é medir a densidade da mistura. O gráfico mostra a variação da densidade da mistura (água e etanol) com a fração percentual da massa de etanol (f_e), dada pela expressão

$$f_e = 100 \times \frac{m_e}{(m_e + m_a)}$$

em que m_e e m_a são as massas de etanol e de água na mistura, respectivamente, a uma temperatura de 20 °C. [No gráfico, a densidade está representada por ρ.]



Disponível em: <https://www.handymath.com/>. Acesso em: 8 ago. 2012.

Suponha que, em uma inspeção de rotina realizada em determinado posto, tenha-se verificado que 50,0 cm^3 de álcool combustível tenham massa igual a 45,0 g. Qual é a fração percentual de etanol nessa mistura?

a) 7%
b) 10%
c) 55%
d) 90%
e) 93%

10. Você trabalha no departamento de controle de qualidade de uma empresa que comercializa camarões e recebeu um carregamento recém-pescado no qual verificou, mediante análise laboratorial, que havia 0,7 mg de cádmio em cada 100 g de crustáceo.

a) Determine a quantas partes por milhão (ppm) em massa esse valor corresponde.

b) O cádmio é um metal extremamente tóxico. O limite permitido desse metal em crustáceos, por determinação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), do Ministério da Saúde, é de 0,5 mg/kg, ou seja, 0,5 mg por quilograma de massa total. Determine a quantas ppm em massa isso corresponde.

c) Você liberaria esse lote para comercialização? Argumente em favor de sua decisão.

11. Em uma amostra de 100 L do ar de certa cidade, há $2 \cdot 10^{-8}$ L do poluente gasoso dióxido de enxofre. A quantas ppm, em volume, isso corresponde?

12. Uma análise química detectou a presença de 300 ppm em massa de estanho num lote de salsichas em lata. De acordo com a Resolução RDC nº 42/2013 da Anvisa, é proibido comercializar alimentos contendo mais do que 250 mg/kg, isto é, 250 mg de estanho por quilograma do produto. Imagine que você seja o(a) analista responsável pelo laudo final que aprovará ou reprovará a venda desse lote. Qual é a sua decisão? Em que argumentos ela se fundamenta?

13. Você tem três copos de uma limonada muito azeda. Em uma jarra apropriada, quantos copos de água você adicionaria a esse volume de limonada, a fim de que a concentração, em g/L, dos solutos se reduza a 60% da inicial? Considere que todos os copos mencionados tenham o **mesmo volume**.

14. 14. d (Enem) A varfarina é um fármaco que diminui a agregação plaquetária, e por isso é utilizada como anticoagulante, desde que esteja presente no plasma, com uma concentração superior a 1,0 mg/L. Entretanto, concentrações plasmáticas superiores a 4,0 mg/L podem desencadear hemorragias. As moléculas desse fármaco ficam retidas no espaço intravascular e dissolvidas exclusivamente no plasma, que representa aproximadamente 60% do sangue em volume. Em um medicamento, a varfarina é administrada por via intravenosa na forma de solução aquosa, com concentração de 3,0 mg/mL. Um indivíduo adulto, com volume sanguíneo total de 5,0 L, será submetido a um tratamento com solução injetável desse medicamento. Qual é o máximo volume da solução do medicamento que pode ser administrado a esse indivíduo, pela via intravenosa, de maneira que não ocorram hemorragias causadas pelo anticoagulante?

a) 1,0 mL
b) 1,7 mL
c) 2,7 mL
d) 4,0 mL
e) 6,7 mL

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

Registre as respostas em seu caderno. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. 1. b (Enem) Para cada litro de etanol produzido em uma indústria de cana-de-açúcar são gerados cerca de 18 L de vinhaça que é utilizada na irrigação das plantações de cana-de-açúcar, já que contém teores médios de nutrientes N, P e K iguais a 357 mg/L, 60 mg/L e 2.034 mg/L, respectivamente.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. n. 1, 2007 (adaptado).

Na produção de 27.000 L de etanol, a quantidade total de fósforo, em kg, disponível na vinhaça será mais próxima de

a) 1 **b)** 29 **c)** 60 **d)** 170 **e)** 1.000

2. 2. d (Enem) Um pediatra prescreveu um medicamento, na forma de suspensão oral, para uma criança pesando 16 kg. De acordo com o receituário, a posologia seria de 2 gotas por kg da criança, em cada dose. Ao adquirir o medicamento em uma farmácia, o responsável pela criança foi informado de que o medicamento disponível continha o princípio ativo em uma concentração diferente daquela prescrita pelo médico, conforme mostrado no quadro.

Medicamento	Concentração do princípio ativo (mg/gota)
Prescrito	5,0
Disponível comercialmente	4,0

Quantas gotas do medicamento adquirido a criança deve ingerir de modo que mantenha a quantidade de princípio ativo receitada?

a) 13 **b)** 26 **c)** 32 **d)** 40 **e)** 128

3. 3. d (Acafe-SC) A partir da análise de uma amostra de vinagre (solução aquosa de ácido acético), um químico anotou, no rótulo de uma embalagem, a seguinte informação: *4% em volume*. Esse dado representa que:

a) há 4 mL de ácido acético em 1 L de água.
b) para cada 100 unidades volumétricas de água, 4 unidades correspondem ao ácido acético.
c) há 4 mg de ácido acético em 1 L de água.
d) para cada 100 unidades volumétricas de vinagre, 4 unidades correspondem ao ácido acético.
e) o ácido acético é concentrado.

4. 4. a (Unitins-TO) Quando se espreme um limão em água, as sementes afundam na solução obtida. Adicionando açúcar, todavia, as sementes passam a flutuar na superfície. Isso ocorre porque:

a) o açúcar aumenta a densidade da solução.
b) a solução reduz a densidade da solução.
c) a densidade das sementes aumenta.
d) a solução não se altera.
e) as sementes diminuem a densidade.

5. 5. d (Enem) Diesel é uma mistura de hidrocarbonetos que também apresenta enxofre em sua composição. Esse enxofre é um componente indesejável, pois o trióxido de enxofre gerado é um dos grandes causadores da chuva ácida. Nos anos 1980, não havia regulamentação e era utilizado óleo diesel com 13.000 ppm de enxofre. Em 2009, o diesel passou a ter 1.800 ppm de enxofre (S1800) e, em seguida, foi inserido no mercado o diesel S500 (500 ppm). Em 2012, foi difundido o diesel S50, com 50 ppm de enxofre em sua composição. Atualmente, é produzido um diesel com teores de enxofre ainda menores.

Os impactos da má qualidade do óleo diesel brasileiro. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/161/1/Cartilha%20-%20Os%20impactos%20da%20m%C3%A1%20qualidade%20do%20%C3%B3leo%20diesel%20brasileiro.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021 (adaptado).

A substituição do diesel usado nos anos 1980 por aquele difundido em 2012 permitiu uma redução percentual de emissão de SO_3 de

a) 86,2%. **c)** 97,2%. **e)** 99,9%.
b) 96,2%. **d)** 99,6%.

6. 6. d (Enem) O álcool hidratado utilizado como combustível veicular é obtido por meio da destilação fracionada de soluções aquosas geradas a partir da fermentação de biomassa. Durante a destilação, o teor de etanol da mistura é aumentado, até o limite de 96% em massa. Considere que, em uma usina de produção de etanol, 800 kg de uma mistura etanol/água com concentração 20% em massa de etanol foram destilados, sendo obtidos 100 kg de álcool hidratado 96% em massa de etanol. A partir desses dados, é correto concluir que a destilação em questão gerou um resíduo com uma concentração de etanol em massa

a) de 0%. **d)** entre 9,0% e 9,2%.
b) de 8,0%. **e)** entre 13% e 14%.
c) entre 8,4% e 8,6%.

7. 7. d (Vunesp-adaptado) O volume final, em L, de suco diluído obtido a partir de 300 mL de suco de tangerina de alto teor de polpa, seguindo rigorosamente a sugestão de preparo, que recomenda 1 parte do suco para 5 partes de água, é:

a) 0,9 **b)** 1,0 **c)** 1,5 **d)** 1,8 **e)** 2,3

8. 8. b (Enem) O álcool comercial (solução de etanol) é vendido na concentração de 96%, em volume. Entretanto, para que possa ser utilizado como desinfetante, deve-se usar uma solução alcoólica na concentração de 70%, em volume. Suponha que um hospital recebeu como doação um lote de 1.000 litros de álcool comercial a 96%, em volume, e pretende trocá-lo por um lote de álcool desinfetante. Para que a quantidade total de etanol seja a mesma nos dois lotes, o volume de álcool a 70% fornecido na troca deve ser mais próximo de

a) 1.042 L. **d)** 1.632 L.
b) 1.371 L. **e)** 1.700 L.
c) 1.428 L.

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

SUPERVISÃO

CAPÍTULO

8 FLUIDOS

TALES AZZI/SHUTTERSTOCK

Estação de tratamento de água, zona sul da cidade de São Paulo, 2016.

A água, um dos materiais mais preciosos para a vida, é de fundamental importância para a saúde e o bem-estar. A qualidade da água que consumimos está diretamente relacionada com nossa qualidade de vida.

Estações de tratamento de água (ETA) são usinas que processam a água captada em represas e rios tornando-a adequada e potável para distribuição e consumo. Desde a captação até a entrega nos estabelecimentos e nas residências, o tratamento da água é realizado em diversas etapas. Algumas dessas etapas consistem em pré-alcalinização, coagulação, floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação.

Em etapas desses processos, a água fica em repouso por certo tempo dentro de reservatórios. Em alguns desses reservatórios, é possível observar fenômenos relacionados com a diferença de densidade entre sedimentos e a água, como na decantação. Esses são alguns conceitos, leis e fenômenos que vamos estudar neste capítulo: como os fluidos (a água é um exemplo) se comportam quando estão em equilíbrio estático, ou seja, em repouso.

Outro conceito que sempre deve ser considerado nos projetos de ETA, ou em qualquer outro projeto que envolva contenção de fluidos, é a pressão exercida pela água nas paredes do recipiente que a contém. Também estudaremos neste capítulo o que é pressão e como ela varia nos diversos pontos das paredes dos reservatórios e da tubulação.

Além desses e de outros elementos importantes do estudo de fluidos em equilíbrio estático, veremos como e por que objetos submersos ou parcialmente submersos aparentam ficar "mais leves". Esse fato, conhecido e estudado pela Física há mais de 2 mil anos, faz parte de muitas tecnologias atuais. Os fluidos e as tecnologias relacionadas a eles estão presentes em diversos setores, como a construção civil, a indústria automobilística, a indústria de alimentos e em equipamentos utilizados na agricultura. Os fluidos (líquidos e gases) estão sempre ao nosso redor, e seu comportamento afeta nosso cotidiano.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT304**
- **EM13CHS106**
- **EM13CHS502**
- **EM13CHS504**
- **EM13LGG703**
- **EM13LGG704**
- **EM13MAT101**
- **EM13MAT102**
- **EM13MAT302**
- **EM13MAT314**

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

EM MODERNA

1. Conceito de fluido

Gases e líquidos, por terem a propriedade natural de escoar e de se deslocar com certa facilidade, são denominados **fluidos**. Fluidos são materiais fundamentais para a vida. O ar que respiramos, a água que bebemos e o sangue que circula por nosso corpo são fluidos fundamentais para a manutenção da nossa saúde. Os seres vivos em geral dependem dos fluidos para sobreviver.

Os fluidos também são parte importante de tecnologias que nos proporcionam conforto. Veículos, máquinas em geral, usinas hidroelétricas, refrigeradores e condicionadores de ar funcionam com diversos fluidos.

Os fluidos são materiais sem forma própria, isto é, adaptam-se à forma do recipiente que os contém. Assim, ao serem confinados, reagem aos esforços que as paredes do recipiente exercem sobre eles, assumindo a forma delas. Essa reação sobre as paredes do recipiente indica a **pressão** exercida pelo fluido, grandeza que também será estudada neste capítulo.

Durante milhões de anos, a ação dos ventos e da água, a abrasão e a erosão modificaram e moldaram a paisagem da superfície terrestre. Os fluidos, então, podem mudar características dos ambientes em que atuam.

2. O que diz a história – Arquimedes

Muitos são os relatos de situações ocorridas na vida do astrônomo, matemático, físico e inventor grego Arquimedes de Siracusa (288 a.C.-212 a.C.). A vida dele está diretamente ligada à história de Siracusa (uma cidade-Estado grega na época), sua cidade natal. Por sua genialidade, tanto prática quanto teórica, ele é considerado uma das mentes mais brilhantes de todos os tempos. Embora muitos dos relatos sobre suas descobertas necessitem de comprovação histórica, sua veracidade não é questionada, mas, sim, o modo como realmente ocorreram.

Talvez o mais conhecido desses relatos seja o da coroa de ouro que o então rei de Siracusa, Hierão (306 a.C.-215 a.C.), ofereceu aos deuses em troca de proteção à sua cidade. Hierão suspeitava que o ourives responsável pela confecção da coroa havia substituído por prata uma parte do ouro recebido para confeccioná-la, apropriando-se de uma parte do precioso metal.

Convocado a ajudar a descobrir se o ourives havia mesmo feito isso, Arquimedes começou a pensar em um modo de esclarecer a questão sem ter de desmanchar a coroa para analisar sua verdadeira composição. Conta-se que, durante um banho de imersão, ao observar o transbordamento da água ao entrar na banheira, ele teve a ideia de como verificar a quantidade de ouro na coroa. Entusiasmado com a descoberta, teria saído pelas ruas de Siracusa gritando *Eureka! Eureka!*, palavra grega que significa "achei" ou "descobri".

3. Conceito de densidade

No caso da coroa do rei Hierão, Arquimedes sabia que, para massas iguais, o volume de prata é maior que o volume de ouro.

Portanto, se a coroa fosse de ouro puro, ela deveria ter o mesmo volume de um bloco de ouro puro com a mesma massa. Se, no entanto, houvesse mistura de prata e ouro na composição da coroa, ela apresentaria um volume diferente do que o observado no bloco de ouro puro. Conta-se que a fraude do ourives foi descoberta dessa maneira, pois a coroa apresentou volume maior que o do bloco de ouro puro.

Existe, portanto, uma característica que depende da massa e do volume e que distingue, de modo geral, o ouro da prata e os materiais entre si. Essa característica dos materiais é chamada de **densidade** (d) e é expressa pela razão entre a massa (m) do objeto e seu volume (V). Em notação simbólica, temos:

$$d = \frac{m}{V}$$

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

MODERNA

Assim, se tomarmos massas iguais de materiais distintos, ao maior volume corresponderá a menor densidade. Daí pode-se concluir que a prata tem densidade menor que o ouro, pois apresenta maior volume para uma mesma massa. Se o bloco utilizado no experimento fosse de alumínio, o volume seria ainda maior, pois a densidade do alumínio é menor que a da prata. No Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de densidade é o quilograma por metro cúbico (kg/m^3). São também usuais as unidades grama por centímetro cúbico (g/cm^3) e quilograma por litro (kg/L).

A tabela ao lado traz os valores aproximados da densidade de alguns materiais.

Quando a densidade se refere a um corpo homogêneo, líquido, gasoso ou sólido, usa-se o termo **massa específica**, em vez de densidade. Geralmente, a massa específica é representada pela letra grega **μ**. Assim, por exemplo, a densidade de uma esfera maciça de chumbo é 11,3 g/cm^3 e coincide com a massa específica do chumbo. Já a densidade de uma esfera oca de chumbo, de mesmo raio, é menor que 11,3 g/cm^3, pois tem menor massa, apesar de os volumes serem iguais.

Tabela 1 – Densidade de alguns materiais

Material	d (g/cm^3)
Alumínio	2,70
Ferro (aço)	7,87
Prata	10,50
Chumbo	11,34
Ouro	19,28
Platina	21,46
Vidro	2,18
Ar (1 atm)	$1{,}21 \cdot 10^{-3}$
Água (20 °C, 1 atm)	1,00
Gelo	0,92
Água do mar (20 °C, 1 atm)	1,024
Mercúrio	13,58

Fonte: CUMMINGS, K.; LAWS, P.; REDISH, E.; COONEY, P. *Understanding Physics*. New York: John Willey & Sons, 2004.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Misturam-se 400 mL de um líquido *A*, de massa específica $d_A = 1{,}50$ g/cm^3, com 300 mL de outro líquido *B*, de massa específica $d_B = 0{,}80$ g/cm^3.

a) Determine a densidade média da mistura obtida.

b) Qual deve ser o volume do líquido *B* a ser misturado com 400 mL do líquido *A* para que a mistura tenha densidade igual a 1,00 g/cm^3?

2. Suponhamos que o ourives na história da coroa ofertada por Hierão tivesse apresentado ao rei uma vistosa coroa de volume 62,5 cm^3 e massa 1,0 kg. Considerando 20,0 g/cm^3 a densidade do ouro e 10,0 g/cm^3 a densidade da prata, responda:

a) Nessa versão da história, teria havido ou não fraude do ourives?

b) Qual seria a massa de ouro presente na coroa?

4. Princípio de Arquimedes

Em sua obra *Sobre os corpos flutuantes*, Arquimedes demonstra que qualquer sólido menos denso que o fluido no qual está imerso terá seu peso equilibrado por uma força de intensidade igual à do peso do fluido deslocado pela parte submersa do corpo. Um sólido mais denso que o fluido, por sua vez, descerá até o fundo e, enquanto estiver mergulhado nesse fluido, aparentemente pesará menos que seu peso real, sendo a diferença entre essas intensidades igual ao peso do fluido deslocado.

Essas duas proposições de Arquimedes nos levam a concluir que, independentemente de o corpo estar total ou parcialmente mergulhado em um fluido em equilíbrio estático, o fluido aplica nesse corpo uma força vertical, de baixo para cima, provocando uma "redução aparente" no seu peso.

Essa força que o fluido exerce sobre o corpo é denominada **empuxo**, e sua intensidade é representada por *E*.

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

Embora na linguagem de Arquimedes o termo "fluido" indique "líquido", os gases também exercem empuxo. A subida de um balão (Fig. 1), por exemplo, deve-se à ação do empuxo que o ar externo exerce sobre ele. Esse fenômeno é explicado pelo **princípio de Arquimedes**.

> Todo corpo sólido mergulhado num fluido em equilíbrio sofre a ação de uma força vertical de baixo para cima, cuja intensidade é igual à do peso do fluido deslocado pela parte submersa do corpo.

FABIO COLOMBINI

Figura 1 Um balão de ar é mantido em equilíbrio pelo empuxo exercido pelo ar (fluido) sobre ele.

Atividade prática Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor

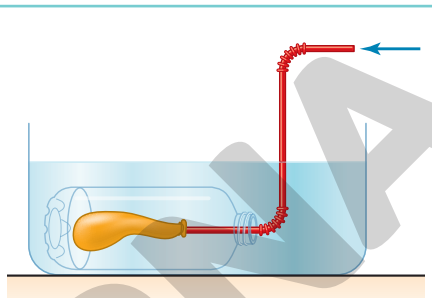
Um experimento simples permite verificar se o empuxo do líquido age realmente de baixo para cima sobre um corpo nele mergulhado.

Com dois ou três canudos de refresco, faça um tubo longo, introduza-o no bico de um balão de borracha e amarre-o com linha de costura.

A seguir, coloque o balão de borracha vazio dentro de uma garrafa PET vazia e complete o interior da garrafa com água.

Mergulhe a garrafa num recipiente com água, mantendo para fora a extremidade do tubo, conforme mostrado no esquema ao lado.

Assopre na extremidade do tubo, injetando ar no balão. Observe o que acontece à medida que o ar entra no balão e explique por que isso ocorre.



ADILSON SECCO

Relação entre o empuxo e a densidade do líquido

De forma análoga ao fenômeno observado na atividade prática anterior, algumas espécies de peixe alteram sua profundidade na água controlando seu volume corporal, o que só é possível por causa da relação entre a intensidade da força de empuxo que age sobre o corpo do animal e seu peso (Fig. 2).

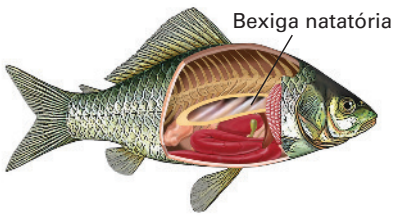
Como podemos calcular o empuxo que age sobre um corpo?

Sendo a intensidade E do empuxo igual ao peso P_L do líquido contido em um volume V_L igual ao volume da parte submersa do corpo, podemos relacionar a intensidade E com a densidade d_L do líquido, como segue:

$$E = P_L = m_L \cdot g$$

Sendo $m_L = d_L \cdot V_L$, temos:

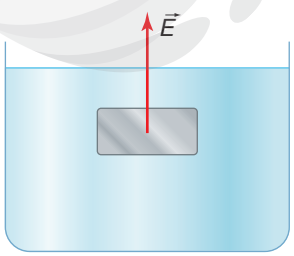
$$E = d_L \cdot V_L \cdot g$$



SELMA CAPARROZ

Figura 2 Bexiga natatória em peixe. A variação do volume corporal do peixe regula a intensidade do empuxo sobre seu corpo.

Se o corpo estiver totalmente submerso no líquido (Fig. 3), o volume V_L será igual ao volume do corpo.



ADILSON SECCO

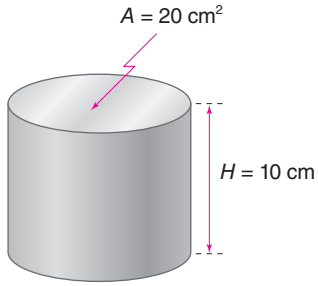
Figura 3 Representação do empuxo sobre um corpo totalmente imerso em um líquido.

A situação que discutiremos a seguir mostra como calcular a intensidade do empuxo sobre um corpo totalmente imerso num líquido em equilíbrio estático.

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

MODERNA

Considere um cilindro de ferro com 10 cm de altura e base com área de 20 cm^2 que está totalmente imerso em álcool de densidade 0,8 g/cm^3, num local onde $g = 10\ m/s^2$. Determine a intensidade do empuxo sobre o cilindro.



ADILSON SECCO

Resolução:

O volume de álcool (V_L) deslocado pelo cilindro é igual ao volume do cilindro (V_c):

$$V_L = V_c = A \cdot H$$

O volume de álcool deslocado pelo cilindro, em m^3, é dado por:

$$V_L = 20\ cm^2 \cdot 10\ cm = 200\ cm^3 = 200 \cdot 10^{-6}\ m^3$$

A densidade do líquido, em kg/m^3, é dada por:

$$d_L = 0{,}8\ g/cm^3 = 0{,}8 \cdot 10^3\ kg/m^3 = 8 \cdot 10^2\ kg/m^3$$

Então, o empuxo do álcool sobre esse cilindro tem intensidade:

$$E = d_L \cdot V_L \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = 8 \cdot 10^2\ kg/m^3 \cdot 200 \cdot 10^{-6}\ m^3 \cdot 10\ m/s^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = 16.000 \cdot 10^{-4}\ N \Rightarrow E = 1{,}6\ N$$

Se o cilindro fosse oco, tendo apenas as paredes de ferro, a intensidade do empuxo E se alteraria? A resposta é não, pois o volume de álcool deslocado por ele seria o mesmo.

Observação: Corpos de volumes iguais, igualmente mergulhados num líquido, sofrem empuxos de mesma intensidade, pois deslocam a mesma quantidade de líquido.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

3. Um corpo de massa 120 gramas é totalmente mergulhado em um recipiente completamente cheio de água, provocando o transbordamento de 30 gramas dessa água. Adotando $g = 10\ m/s^2$ para a aceleração da gravidade local, a intensidade do empuxo que atua sobre o corpo nessa situação vale, em newton:

3. a

a) 0,30 **b)** 0,70 **c)** 1,0 **d)** 3,0 **e)** 10

4. Em relação ao exercício anterior, considerando a densidade da água igual a 1,0 g/cm^3, a densidade do corpo, em g/cm^3, vale:

4. e

a) 0,40 **b)** 1,0 **c)** 2,0 **d)** 3,0 **e)** 4,0

Peso aparente dos corpos

Um conceito importante e útil no estudo dos fluidos é o **peso aparente de um corpo**. O módulo do peso aparente é a diferença entre os módulos do peso do corpo e o módulo do empuxo do fluido, quando o corpo está totalmente imerso nesse fluido, seja líquido ou gás:

$$P_{ap} = P - E$$

Quando o corpo é **mais denso** que o fluido no qual está totalmente imerso, seu peso aparente é **positivo**, e o corpo afunda. Quando o corpo é **menos denso** que o fluido no qual está totalmente imerso, seu peso aparente é **negativo**, e o corpo emerge e **boia**. Quando o corpo tem a mesma densidade do fluido no qual está totalmente imerso, ele fica em **equilíbrio** em meio à massa fluida, **em qualquer profundidade**.

O exemplo a seguir ilustra o conceito de peso aparente.

Considere uma pedra de massa 100 g e volume 20 cm^3, num local onde $g = 10\ m/s^2$. Qual é o peso aparente dessa pedra ao ser totalmente mergulhada em água de densidade 1,0 g/cm^3?

Resolução:

Sendo $m = 100\ g = 0{,}1\ kg$ e $g = 10\ m/s^2$, o peso P da pedra é igual a:

$$P = m \cdot g \Rightarrow P = 0{,}1\ kg \cdot 10\ m/s^2 \Rightarrow P = 1{,}0\ N$$

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

O volume V da pedra é: $V = 20\ cm^3 = 20 \cdot 10^{-6}\ m^3$

Sendo a densidade da água $d_L = 1{,}0\ g/cm^3 = 1{,}0 \cdot 10^3\ kg/m^3$, o empuxo tem intensidade:

$$E = d_L \cdot V \cdot g \quad \Rightarrow \quad E = 1{,}0 \cdot 10^3\ kg/m^3 \cdot 20 \cdot 10^{-6}\ m^3 \cdot 10\ m/s^2 \quad \Rightarrow \quad E = 0{,}2\ N$$

Portanto, o peso aparente da pedra vale:

$$P_{ap} = P - E \quad \Rightarrow \quad P_{ap} = 1{,}0\ N - 0{,}2\ N \quad \Rightarrow \quad P_{ap} = 0{,}8\ N$$

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

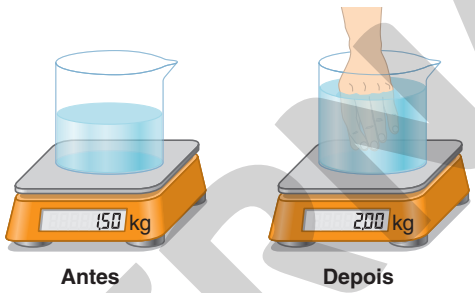
5. Um cubo maciço de aresta 4,0 cm tem massa de 32 g. Considere $g = 10\ m/s^2$ e calcule:

a) o volume do cubo, em cm^3;

b) a densidade do cubo, em g/cm^3 e em kg/m^3;

c) o peso aparente do cubo quando totalmente imerso em água de densidade $1{,}0\ g/cm^3$.

6. Um professor, procurando ilustrar em sua aula o conceito de empuxo, mergulha parte da sua mão em água sem tocar o fundo do recipiente, como mostra a figura ao lado. Após um tempo suficiente para a observação das indicações da balança, o professor faz aos alunos as perguntas a seguir.



Antes Depois

ADILSON SECCO

a) A que se deve a variação do valor indicado pela balança? Esse aumento se deve ao efeito de alguma força? Que força é essa e como ela foi "transferida" para a balança?

b) Qual é a intensidade da força correspondente à diferença das indicações da balança, no SI?

c) Qual é o volume da parte da mão do professor mergulhada na água, em cm^3?

d) Qual é a massa da parte da mão do professor mergulhada na água, em grama?

Responda às perguntas desse professor, considerando conhecidas a aceleração da gravidade local ($g = 10\ m/s^2$) e a densidade média do corpo humano ($d = 1{,}08\ g/cm^3$).

7. Uma esfera homogênea flutua em equilíbrio com metade do seu volume submerso em água. Quando a mesma esfera flutua em equilíbrio no óleo, o volume submerso é $\frac{3}{5}$ do seu volume total. Sobre essas situações, são formuladas as afirmações:

7. c

I. A densidade da esfera é 0,5% da densidade da água.

II. A densidade da esfera é 60% da densidade do óleo.

III. O óleo é cerca de 66,7% mais denso que a esfera.

IV. A água tem densidade 20% maior que a do óleo.

Após analisar as afirmações, podemos concluir que:

a) todas estão corretas.

b) todas estão incorretas.

c) somente I está incorreta.

d) I e III estão incorretas.

e) somente II e IV estão corretas.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Os submarinos são veículos que podem se movimentar verticalmente dentro da água, ora subindo, ora descendo e, às vezes, emergindo acima da superfície da água. Em geral, eles são usados em atividades militares ou em pesquisas científicas. Acidentes com submarinos, embora raros, geralmente ocorrem no fundo do mar, o que dificulta o resgate dos tripulantes. Em agosto do ano 2000, houve um desastre com o submarino russo Kursk, e foi impossível salvar os ocupantes da embarcação.

Forme um grupo com seus colegas e façam uma pesquisa sobre como esses veículos conseguem se movimentar em diferentes profundidades, investigando ainda as condições de segurança desse tipo de embarcação.

Fazendo uso de painéis com imagens, fotos e figuras de *sites* relativos ao assunto e também vídeos da internet, apresentem suas conclusões para os colegas de classe, promovendo uma discussão, mediada pelo professor.

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

MODERNA

5. Conceito de pressão

Trabalhar sob pressão, a pressão da vida moderna, pressão arterial alta, panela de pressão etc. Quantas vezes lemos ou ouvimos a palavra "pressão"! Embora essas frases tenham significados diferentes, o sentido da palavra **pressão** é o mesmo em todas elas. Vejamos uma noção inicial do que seja pressão, para depois apresentar uma conceituação mais rigorosa.

Segure entre as mãos uma caneta esferográfica, como aquelas que têm a tampa afunilada, devidamente tampada (Fig. 4). Em seguida, aperte-a levemente entre as mãos. Ao apertar a caneta, você perceberá que a extremidade afunilada deforma mais a palma da mão com a qual está em contato do que a outra extremidade.

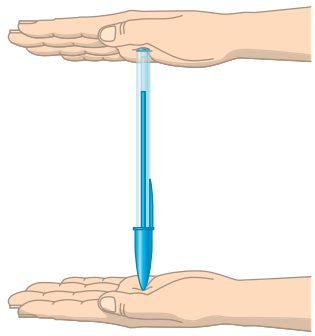


Figura 4 A força exercida pela caneta tem a mesma intensidade quando aplicada em cada uma das palmas das mãos.

A intensidade da força que a caneta exerce em cada uma das mãos é a mesma. Entretanto, na extremidade afunilada, essa força se distribui por uma superfície de área menor. Dizemos, então, que essa extremidade da caneta exerce maior pressão que a outra, não maior força.

Define-se **pressão** (***p***) como a razão entre a intensidade da força $\vec{F}$ que age perpendicularmente sobre uma superfície e a área A dessa superfície (Fig. 5):

$$p = \frac{F}{A}$$

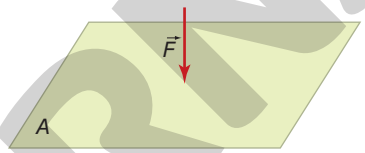


Figura 5 Representação de uma força $\vec{F}$ aplicada perpendicularmente sobre uma superfície de área A.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Portanto, para uma mesma intensidade da força aplicada, quanto menor for a área da superfície, maior será a pressão.

Por isso, objetos cortantes, como facas e lâminas, devem estar afiados para exercer bem sua função. Pregos, percevejos e alfinetes são pontiagudos para que possam ser cravados com maior facilidade.

Unidades de pressão

A unidade de pressão é a razão entre a unidade da intensidade da força aplicada e a unidade de área da superfície sobre a qual a força é aplicada. No SI, portanto, a unidade de pressão é N/m^2, também denominada **pascal**, **Pa**.

Há outras unidades de pressão, denominadas unidades práticas, que serão apresentadas mais adiante, durante o estudo da pressão atmosférica.

O exemplo a seguir mostra a influência da área da superfície sobre o valor da pressão exercida.

Um tijolo tem dimensões 20 cm × 10 cm × 3 cm e massa igual a 600 g. Sendo $g = 10\ m/s^2$ a aceleração da gravidade, que pressão esse tijolo pode exercer, quando apoiado sobre uma mesa horizontal?

Resolução:

O peso do tijolo é: $P = m \cdot g \Rightarrow P = 0{,}6\ kg \cdot 10\ m/s^2 \Rightarrow P = 6\ N$

Ele pode ser apoiado por qualquer uma de suas três faces, cada uma com sua área dada por:

$A_1 = 20\ cm \cdot 10\ cm \Rightarrow A_1 = 200\ cm^2 = 200 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 2 \cdot 10^{-2}\ m^2$

$A_2 = 20\ cm \cdot 3\ cm \Rightarrow A_2 = 60\ cm^2 = 60 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 6 \cdot 10^{-3}\ m^2$

$A_3 = 10\ cm \cdot 3\ cm \Rightarrow A_3 = 30\ cm^2 = 30 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 3 \cdot 10^{-3}\ m^2$

Portanto, quando apoiado, dependendo da face, o tijolo pode exercer três valores de pressão, a saber:

$$p_1 = \frac{P}{A_1} \Rightarrow p_1 = \frac{6\ N}{2 \cdot 10^{-2}\ m^2} \Rightarrow p_1 = 3 \cdot 10^2\ N/m^2 = 300\ N/m^2$$

$$p_2 = \frac{P}{A_2} \Rightarrow p_2 = \frac{6\ N}{6 \cdot 10^{-3}\ m^2} \Rightarrow p_2 = 10^3\ N/m^2 = 1.000\ N/m^2$$

$$p_3 = \frac{P}{A_3} \Rightarrow p_3 = \frac{6\ N}{3 \cdot 10^{-3}\ m^2} \Rightarrow p_3 = 2 \cdot 10^3\ N/m^2 = 2.000\ N/m^2$$

Observe que, quanto menor for a área de apoio, maior será a pressão exercida por uma mesma força.

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

MODERNA

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

8. O quilograma-força, ou kgf, é uma unidade de intensidade de força. Por definição, 1 kgf = 9,8 N. Uma força de intensidade 98 N está aplicada sobre uma superfície plana de área 10 cm². Determine a pressão dessa força sobre a superfície

a) em kgf/cm^2.

b) em pascal (Pa).

c) Compare o resultado do item **b** com o valor da pressão atmosférica terrestre ($1{,}013 \cdot 10^5\ N/m^2$).

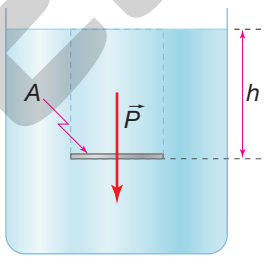
6. Pressão em um líquido em equilíbrio

Se você mergulhar em uma piscina, poderá sentir uma leve dor nos tímpanos. Quanto mais fundo você mergulhar, maior será essa dor. A força exercida sobre a membrana de seus tímpanos pela coluna de água que está acima de você causa essa dor. A intensidade dessa força será tanto maior quanto maior for a profundidade em que você estiver.

Teorema de Stevin

Apesar de Arquimedes ser, com muita justiça, considerado o pioneiro no estudo dos fluidos, pode-se dizer que o estudo formal dessa parte da Física começou com o matemático e físico flamengo Simon Stevin (1548-1620). Depois de realizar várias pesquisas, ele concluiu que a pressão exercida por uma coluna de líquido, denominada pressão hidrostática, depende da altura dessa coluna e da densidade do líquido, estabelecendo, assim, o teorema que, posteriormente, foi identificado com seu nome.

Considere que, no interior de um líquido em equilíbrio estático, há um cilindro com esse mesmo líquido com altura h e área da base A. Se na base desse cilindro for colocada uma placa plana de mesma área, a pressão hidrostática p que a coluna cilíndrica de líquido exerce sobre a placa será dada pela razão entre o peso P da coluna líquida e a área A da placa (Fig. 6):



ADILSON SECCO

Figura 6 A coluna cilíndrica de líquido exerce pressão sobre a placa.

$$p = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Mas o peso da coluna líquida é dado por:

$$P = m \cdot g = d \cdot V \cdot g \Rightarrow P = d \cdot A \cdot h \cdot g \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1), obtemos:

$$p = \frac{d \cdot A \cdot h \cdot g}{A}$$

Portanto:

$$p = d \cdot h \cdot g$$

O produto $d \cdot g$ é denominado **peso específico** do líquido.

Daí, podemos enunciar o **teorema de Stevin**:

> A pressão hidrostática p exercida no interior de um líquido em equilíbrio estático é o produto do seu peso específico pela profundidade h do ponto no qual a pressão está sendo medida ou calculada.

Conclui-se, assim, que a pressão exercida no interior do líquido não depende da área da superfície colocada no ponto considerado.

Uma consequência imediata do teorema de Stevin é que, para pontos situados em um **mesmo nível**, de uma mesma massa fluida, as **pressões são iguais**.

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

MODERNA

O exemplo a seguir permite avaliar o fato de a pressão exercida no interior de um líquido em equilíbrio estático depender da profundidade do ponto considerado.

Qual é a pressão hidrostática p exercida sobre um mergulhador que desce a uma profundidade de 30 m na água do mar, cuja densidade é igual a 1,02 g/cm^3, num local onde a aceleração da gravidade é $g = 10$ m/s^2?

Resolução:

A densidade é: $d = 1{,}02$ g/cm^3 $= 1.020$ kg/m^3

A pressão que a água exerce sobre um mergulhador a uma profundidade $h = 30$ m é dada por:

$$p = d \cdot h \cdot g \Rightarrow p = 1.020 \text{ kg/m}^3 \cdot 30 \text{ m} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \Rightarrow p = 306.000 \text{ N/m}^2 = 3{,}06 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

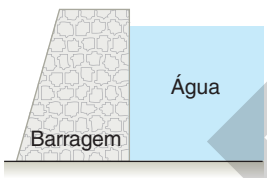
Observe que essa não é a pressão total sobre o mergulhador, porque não foi considerada a pressão atmosférica exercida sobre a superfície do líquido.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

9. As barragens das represas nas usinas hidroelétricas têm sua base mais "larga", portanto, mais reforçada, do que a parte superior, algo parecido com a figura a seguir. Justifique esse fato, citando o princípio usado para explicá-lo.



ADILSON SECCO

10. Um cubo de certo plástico, com aresta de 20 cm, flutua em água de densidade 1,0 g/cm^3, com a face superior exatamente coincidente com a superfície livre do líquido. Adotando $g = 10$ m/s^2, calcule:

a) a pressão hidrostática na face inferior do cubo;

b) a intensidade da força na face inferior, devida à pressão hidrostática;

c) a densidade do cubo.

7. Pressão atmosférica

Nas considerações acima, tratou-se somente de pressão hidrostática, isto é, a pressão exercida apenas pelo líquido. De fato, a pressão total, ou efetiva, no interior do líquido é a soma da pressão hidrostática com a pressão externa exercida pelo ambiente sobre a superfície livre do líquido.

$$p_{\text{efetiva}} = p_{\text{hidrostática}} + p_{\text{externa}}$$

Uma atividade muito comum é "calibrar os pneus" de um veículo. Mas, ao fazer isso, o que, de fato, estamos fazendo? Mesmo que o pneu esteja murcho, já existe ar em seu interior. "Calibrar" os pneus significa ajustar o volume de ar dentro deles e, consequentemente, manter sua pressão interna de acordo com o indicado pelo fabricante do veículo.

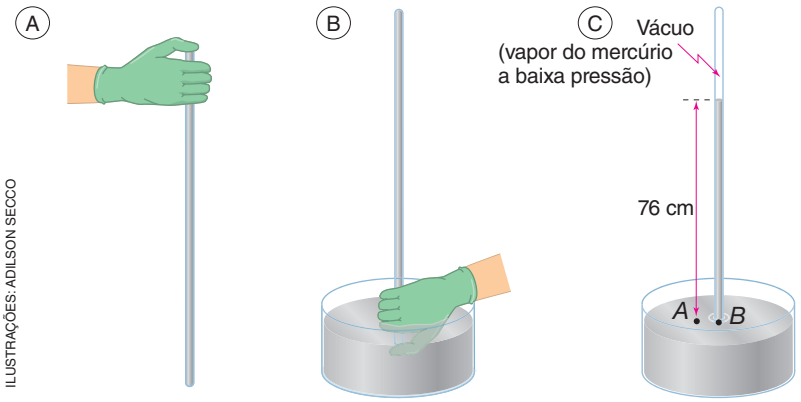
Do mesmo modo que os líquidos, os gases também exercem pressão. Então, qualquer corpo em contato com um gás está sujeito à pressão exercida por esse gás. Como sabemos, estamos envolvidos pelo ar ou, em linguagem figurativa, vivemos mergulhados em um "oceano de ar", a **atmosfera terrestre**. A pressão a que qualquer objeto fica submetido em consequência disso é denominada **pressão atmosférica**.

É importante lembrar que a **pressão é uma grandeza escalar** e, como tal, é desprovida de **direção** e **sentido**. A força é uma grandeza vetorial e, portanto, para caracterizá-la, devemos indicar sua intensidade, sua direção (horizontal, vertical etc.) e seu sentido (de cima para baixo, da esquerda para a direita etc.). Para caracterizar corretamente a pressão, basta escrever seu valor seguido da respectiva unidade. Assim, ao dizer que determinada pressão vale 100 kPa, a grandeza estará caracterizada.

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

MODERNA

O primeiro a perceber que o ar exercia pressão e a propor um experimento para medir a pressão atmosférica foi o físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647). Ele encheu com mercúrio um tubo de vidro com cerca de 1 m de comprimento. Tampou com o dedo sua extremidade aberta (Fig. 7.A) e o emborcou no interior de um recipiente contendo mercúrio (Fig. 7.B). Torricelli verificou que, no local em que fez o experimento, a coluna de mercúrio desceu até se manter a 76 cm do nível de mercúrio no recipiente. Concluiu, daí, que a pressão exercida pelo ar, isto é, a pressão atmosférica no ponto A (p_A), equivalia à pressão exercida no ponto B (p_B) pela coluna de mercúrio com 76 cm de altura (Fig. 7.C).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Atenção: Você não deve tentar reproduzir a experiência que Torricelli realizou, pois o manuseio do mercúrio é muito perigoso, por se tratar de uma substância extremamente tóxica.

Figura 7 Passos experimentais de Torricelli: (A) encheu o tubo de vidro; (B) inverteu e mergulhou o tubo de vidro na cuba; (C) estabilizou a altura. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

No exemplo a seguir, mostramos como fazer o cálculo da pressão total num ponto dentro de um líquido em equilíbrio.

Qual é o valor da pressão total p num ponto situado à profundidade de 10 m no interior de um lago, supondo a pressão atmosférica $p_{atm} = 10^5\ N/m^2$, a aceleração da gravidade $g = 10\ m/s^2$ e a densidade da água $d = 10^3\ kg/m^3$?

Resolução:

Sendo a densidade do líquido $d = 10^3\ kg/m^3$, a profundidade $h = 10$ m e a aceleração da gravidade $g = 10\ m/s^2$, a pressão total p no interior do líquido será dada por:

$$p = p_{atm} + d \cdot g \cdot h \Rightarrow p = 10^5\ N/m^2 + 10^3\ kg/m^3 \cdot 10\ m/s^2 \cdot 10\ m \Rightarrow p = 2 \cdot 10^5\ N/m^2$$

Observe que cada 10 metros de coluna de água exercem uma pressão adicional equivalente à pressão atmosférica.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

11. A "bomba de sucção" de um aspirador de pó é constituída de apenas uma hélice ligada ao eixo de um motor elétrico de alta rotação. Esse processo poderia ser usado para "aspirar" partículas de poeira na superfície da Lua? Por quê?

12. Um manômetro, medidor de pressão, está sendo utilizado para medir profundidades. Na profundidade em que ele está no mar, sua indicação é de 513 kPa (quilopascal). Sendo 1,03 g/cm³ a densidade da água do mar, $1{,}01 \cdot 10^5\ N/m^2$ a pressão atmosférica normal e 10 m/s² a aceleração da gravidade local, a profundidade da água nesse ponto vale:

12. d

a) 10 m **c)** 30 m **e)** 50 m
b) 20 m **d)** 40 m

13. Num relógio de pulso para uso em mergulho, aparece a informação: 100 m/330 ft, na qual ft indica a medida inglesa pé (ft = *foot*). Sabendo que, no mar, a cada 10 metros que descemos, sofremos um acréscimo de 1 atm, se um mergulhador descer até 495 ft, ele estará submetido a, aproximadamente:

13. d

a) 5 atm **c)** 15 atm **e)** 101 atm
b) 11 atm **d)** 16 atm

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

MODERNA

8. Princípio de Pascal

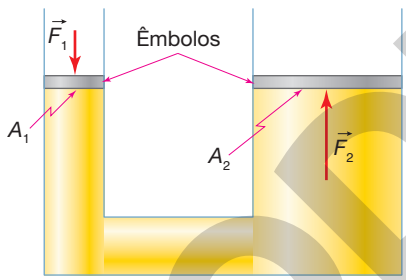
Quando você fecha bruscamente a porta de uma sala, é comum ouvir a vidraça da janela vibrar ou mesmo outra porta se abrir. Em uma situação como essa, o que acontece é o seguinte: ao mover a porta, você exerce um acréscimo de pressão sobre o ar da sala, e essa pressão é transmitida a todos os outros pontos do cômodo, através desse meio gasoso. Esse fato é um exemplo prático do **princípio de Pascal**, que vale não apenas para os gases, mas também para os líquidos, e pode ser enunciado da seguinte forma:

> Qualquer acréscimo na pressão exercida num ponto de um fluido (gás ou líquido) em equilíbrio se transmite integralmente a todos os pontos desse fluido e às paredes do recipiente que o contém.

Prensa hidráulica

Com prensas hidráulicas, podemos transmitir forças e amplificá-las para moldar, deformar, cortar peças, entre outras aplicações. A prensa hidráulica é uma aplicação prática do princípio de Pascal. Esses equipamentos podem ser compostos de dois recipientes com diâmetros diferentes interligados pela parte inferior. Em seu interior, há um líquido e, sobre a superfície livre desse líquido, em cada lado, há um êmbolo ou pistão.

Sendo A_1 a área do êmbolo menor e A_2 a área do êmbolo maior, se aplicarmos uma força de intensidade F_1 no primeiro êmbolo, o outro ficará sujeito a uma força de intensidade F_2 (Fig. 8).



ADILSON SECCO

Figura 8 Esquema de uma prensa hidráulica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A variação de pressão Δp será a mesma nos dois lados, em vista do princípio de Pascal. Então:

$$\Delta p = \frac{F_1}{A_1} \quad \text{e} \quad \Delta p = \frac{F_2}{A_2}$$

Igualando, temos: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

Assim, na prensa hidráulica, a intensidade da força é diretamente proporcional à área do êmbolo. Por isso, diz-se que a prensa hidráulica é um multiplicador de força, pois a intensidade da força transmitida ao segundo êmbolo será tantas vezes maior quanto maior for a área deste em relação à área do primeiro êmbolo.

Observe, entretanto, que, ao deslocar o êmbolo menor para baixo, transferiremos determinado volume líquido para o cilindro maior e, consequentemente, o êmbolo maior terá que subir.

Os deslocamentos dos dois êmbolos da prensa hidráulica serão iguais?

Vejamos. Da igualdade dos volumes transferidos, temos:

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2 \Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Dessa relação, concluímos que os deslocamentos dos êmbolos são inversamente proporcionais às suas áreas, ou seja, o êmbolo de maior área sofre um deslocamento menor. Por exemplo, se o

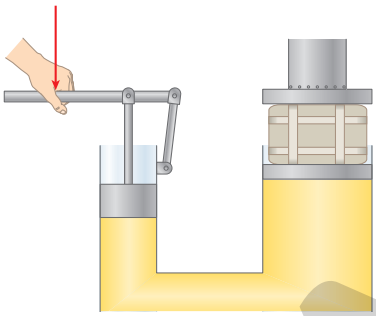
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

êmbolo maior tiver uma área 100 vezes maior que a do êmbolo menor, seu deslocamento será um centésimo do deslocamento do êmbolo menor.

O exemplo a seguir mostra uma aplicação numérica do princípio de Pascal numa prensa hidráulica.

A figura ao lado representa uma prensa hidráulica de uma pequena empresa rural, usada para compactar fardos de algodão. Por meio de uma alavanca, o operador exerce uma força de intensidade igual a 100 N no êmbolo menor da máquina, cuja área é de 400 cm^2. Cada fardo é prensado por meio de um êmbolo de área seis vezes maior.



ADILSON SECCO

(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

a) Qual é a intensidade da força exercida sobre um fardo durante a prensagem?

b) Qual é a variação de pressão transmitida pelo fluido do dispositivo em cada operação?

Resolução:

a) A intensidade da força no êmbolo menor é $F_1 = 100$ N, e a respectiva área em que é aplicada vale $A_1 = 400\ cm^2$. A área do segundo êmbolo é seis vezes maior, isto é, $A_2 = 2.400\ cm^2$. Aplicando a relação entre as forças e as áreas da prensa hidráulica, teremos:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{100\ N}{400\ cm^2} = \frac{F_2}{2.400\ cm^2} \Rightarrow F_2 = 600\ N$$

Observe que poderíamos chegar a essa conclusão de forma mais simples, sem aplicar a equação. Realmente, se a intensidade da força e a área do êmbolo são diretamente proporcionais, uma área seis vezes maior determina uma força de intensidade seis vezes maior.

b) A variação da pressão transmitida por meio da prensa pode ser calculada pela relação entre a intensidade da força e a área do êmbolo em qualquer dos dois lados. Assim:

$$\Delta p = \frac{F_1}{A_1} \Rightarrow \Delta p = \frac{100\ N}{400\ cm^2} \Rightarrow \Delta p = 0{,}25\ N/cm^2$$

Atividades finais

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Fuvest-SP) Um objeto homogêneo colocado em um recipiente com água flutua com 32% de seu volume submerso; já em um recipiente com óleo, ele flutua com 40% de seu volume submerso. A densidade desse óleo, em g/cm^3, é:

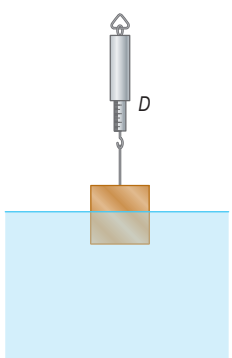
1. d

Note e adote:
Densidade da água = 1 g/cm^3

a) 0,32. **c)** 0,64. **e)** 1,25.
b) 0,40. **d)** 0,80.

2. (Enem) Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro *D* com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa.

2. b



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro. Considerando 10 m/s^2 o módulo da aceleração gravitacional local, a densidade da água do lago, em g/cm^3, é igual a

a) 0,6. **c)** 1,5. **e)** 4,8.
b) 1,2. **d)** 2,4.

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

MODERNA

3. (Enem) Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldades de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo é usada uma bomba elétrica, para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga, e dessa forma acionar um pistão que movimenta a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área da cabeça do pistão seja cinco vezes a área da tubulação que sai da bomba. Desprezando o atrito e considerando uma aceleração gravitacional de 10 m/s^2, deseja-se elevar uma pessoa de 65 kg em uma cadeira de rodas de 15 kg sobre a plataforma de 20 kg. Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?

3. c

a) 20 N. **c)** 200 N. **e)** 5.000 N.

b) 100 N. **d)** 1.000 N.

4. (Vunesp) Um cilindro de altura *h*, imerso totalmente num líquido, é puxado lentamente para cima, com velocidade constante, por meio de um fio (figura 1), até emergir do líquido. A figura 2 mostra o gráfico da força de tração *T* no fio em função da distância *y*, medida a partir do fundo do recipiente até a base do cilindro, como mostra a figura 1. São desprezíveis a força devida à tensão superficial do líquido e o empuxo exercido pelo ar sobre o cilindro.

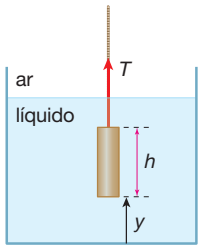


figura 1

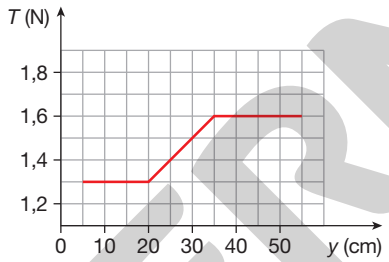


figura 2

ADILSON SECCO

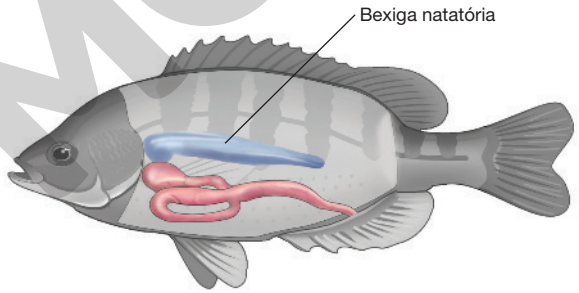
Considerando a altura do nível do líquido independente do movimento do cilindro e a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2, determine

a) a altura *h* do cilindro e o empuxo *E* do líquido sobre ele enquanto está totalmente imerso.

b) a massa específica (densidade) ρ do líquido, em kg/m^3, sabendo que a seção transversal do cilindro tem área de 2,5 cm^2.

5. A bexiga natatória é um órgão presente em algumas espécies de peixes ósseos utilizada para controle do equilíbrio e variação da posição vertical. De posse dessa afirmação, anote no caderno a alternativa correta.

5. d



SELMA CAPARROZ

a) Tubarões têm bexiga natatória, por isso são predadores tão ágeis.

b) Se um peixe inicialmente em equilíbrio inflar sua bexiga natatória, ele afundará, pois sua massa aumentará.

c) A bexiga natatória costuma ser inflada com água para deslocar mais água e aumentar o peso do líquido deslocado e, consecutivamente, aumentar o empuxo.

d) A variação de volume da bexiga natatória acarreta a variação do volume do líquido deslocado e, consecutivamente, do peso do líquido deslocado. Dessa forma, a variação do volume da bexiga natatória gera uma variação no empuxo aplicado sobre o peixe.

e) Expelindo os gases contidos na bexiga natatória, o peixe é propulsionado para a frente como em um jato, aumentando a sua velocidade.

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

MODERNA

CAPÍTULO 9

MÁQUINAS SIMPLES

EASYFOTOSTOCK/EASYPIX BRASIL

De olho na BNCC:

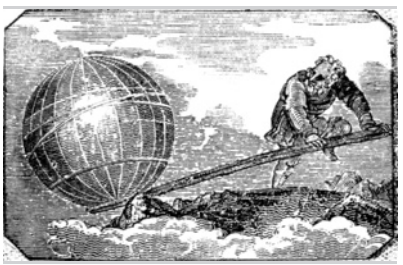
- EM13CNT103
- EM13CNT104
- EM13CNT105
- EM13CNT203
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT307
- EM13CNT309
- EM13CHS106
- EM13LGG603
- EM13LGG703
- EM13LGG704
- EM13MAT308
- EM13MAT314

Bombas-parafusos utilizadas para gerenciamento de água na Holanda, abril de 2011.

Ao longo da história, a humanidade criou muitas formas para abastecer de água diferentes locais e muitos obstáculos tiveram que ser superados, por exemplo, por meio de aquedutos e de sistemas hidráulicos de elevação. Assim, diversos sistemas foram construídos: de um balde suspenso por uma corda e, posteriormente, suspenso por uma corda que passa por uma roldana até os atuais sistemas elevatórios de água e esgoto. O parafuso de Arquimedes, ou bomba-parafuso, é uma máquina que em sua forma original consiste em um cilindro inclinado cujo eixo central possui uma chapa helicoidal, da qual uma das extremidades é imersa na água e/ou no esgoto. Através da rotação do eixo por uma manivela, o material se desloca pela hélice até chegar à extremidade superior. A bomba-parafuso é capaz de elevar pequenos ou grandes volumes, sendo muito útil no tratamento de água. No Brasil, algumas regiões dos estados do Rio de Janeiro e da Bahia utilizam-na para o bombeamento de esgoto. Outras aplicações dessa máquina são a drenagem de águas residuais ou de lama, o controle de inundações pluviais, a irrigação, o bombeamento de sólidos granulados etc.

Entre as várias contribuições de Arquimedes para a ciência está a lei que rege o equilíbrio da mais antiga das máquinas simples, a alavanca. Por meio dessa lei, pode-se constatar que, com uma força de pequena intensidade aplicada a uma alavanca, é possível equilibrar uma força muito mais intensa. A ilustração ao lado remete à célebre frase de Arquimedes: "Deem-me um ponto de apoio e uma alavanca e eu moverei o mundo".

Para compreender melhor o funcionamento do parafuso de Arquimedes e de outras máquinas, como máquinas de costura e bicicletas, vamos estudar os dispositivos constituídos por uma única peça, denominados **máquinas simples**, que compõem parte das máquinas mais complexas.



ANN RONAN PICTURES/PRINT COLLECTOR/GETTY IMAGES

Representação da ação da alavanca de Arquimedes. *The Mechanics Magazine London*, 1824.

PROIBIDA

1. Máquinas simples

Máquinas simples são dispositivos que permitem multiplicar uma força para facilitar a realização de uma tarefa. Isso significa que, com a aplicação de uma força menos intensa, pode-se equilibrar uma força mais intensa e também aplicar forças em direções e sentidos convenientes. Elas são chamadas de máquinas simples porque são constituídas por uma única peça.

Alavancas, polias, ou roldanas, fixas e móveis, e planos inclinados, que estudaremos neste capítulo, são exemplos de máquinas simples.

2. Alavancas

A alavanca é um sistema geralmente constituído por uma barra rígida apoiada em um ponto *A* de um suporte fixo. O ponto de apoio *A* é denominado fulcro.

Observe a figura 1, em que o sistema é usado para levantar cargas. Vamos analisar um caso genérico no qual o ponto de apoio *A* não coincide com o centro de gravidade CG. O centro de gravidade CG de um corpo é o ponto de aplicação do peso do corpo. Para os corpos homogêneos que apresentam simetria, o centro de gravidade coincide com o centro geométrico. O peso da carga é a força a ser vencida, denominada força resistente ($\vec{F}_R$). A força aplicada na outra extremidade, que ergue a carga, é a força potente ($\vec{F}_P$).

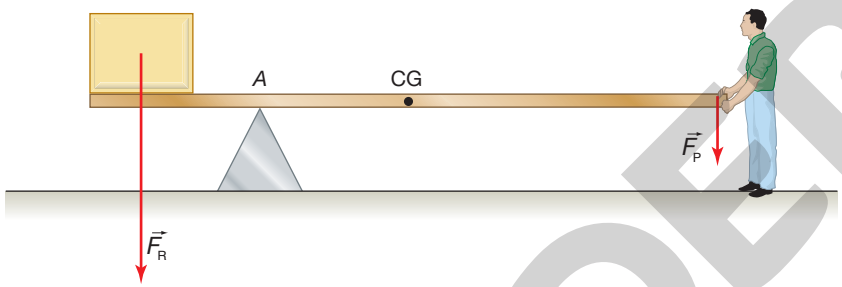


Figura 1 A força potente, $\vec{F}_P$, tem, nessa alavanca, uma intensidade menor que a da força resistente, $\vec{F}_R$.

Vamos representar as forças que agem em uma alavanca (Fig. 2). $\vec{F}_R$ é a força resistente, $\vec{F}_P$ é a força potente, $\vec{P}$ é o peso da alavanca, aplicado no centro de gravidade CG, e $\vec{F}_N$ é a força que o apoio exerce na alavanca. A distância b_P entre o ponto de apoio *A* e a linha de ação da força potente $\vec{F}_P$ chama-se **braço da força potente**, e a distância b_R entre o ponto de apoio *A* e a linha de ação da força resistente $\vec{F}_R$ é o **braço da força resistente**. Vamos indicar a distância entre o ponto de apoio *A* e a linha de ação do peso $\vec{P}$ da alavanca por *a*.

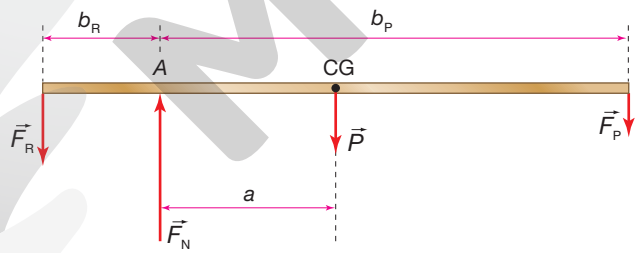


Figura 2 Forças que agem em uma alavanca em equilíbrio.

Por definição, chama-se **torque**, ou **momento**, da força $\vec{F}_R$ em relação ao ponto *A* o produto da intensidade da força (F_R) pela distância (b_R): $F_R \cdot b_R$. O momento da força $\vec{F}_R$ em relação ao ponto *A* mede a eficiência da força de produzir a rotação da alavanca em torno de *A* no sentido anti-horário. Os momentos de $\vec{P}$ e $\vec{F}_P$ são dados por $P \cdot a$ e $F_p \cdot b_p$ e medem a eficiência de $\vec{P}$ e $\vec{F}_P$ de produzirem rotação da alavanca em torno de *A* no sentido horário.

Equilíbrio de uma alavanca

Duas condições devem ser impostas para o equilíbrio de uma alavanca: **equilíbrio de rotação** e **equilíbrio de translação**.

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Equilíbrio de rotação

O torque, ou momento, das forças que tendem a girar a alavanca no sentido horário em torno do ponto de apoio *A*, deve anular o torque das forças que tendem a girar a alavanca no sentido anti-horário. Em módulo, temos:

$$F_P \cdot b_P + P \cdot a = F_R \cdot b_R$$

Observe que o torque de $\vec{F}_N$ em relação ao ponto de apoio *A* é nulo.

Equilíbrio de translação

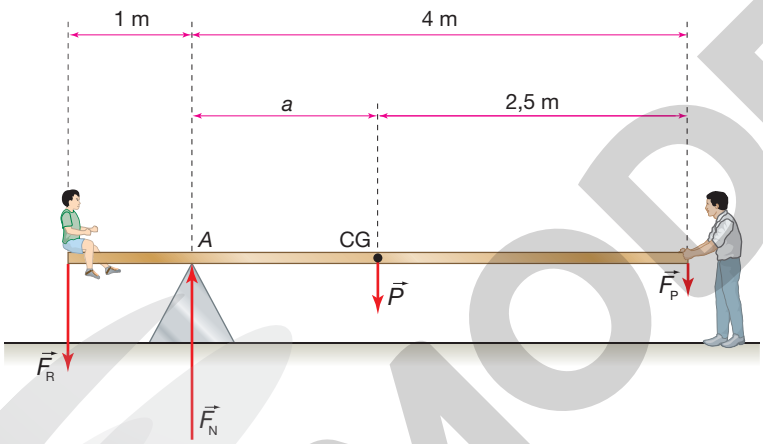
A resultante das forças que agem na alavanca deve ser nula. Em módulo, temos:

$$F_N = F_R + F_P + P$$

Para entender melhor essas condições, considere o exemplo a seguir.

Na alavanca mostrada no esquema, que representa uma gangorra, o peso do menino é a força resistente e tem intensidade de 500 N. Sabendo que a alavanca está em equilíbrio na posição horizontal, determine as intensidades da força potente e da força que o apoio exerce na alavanca.

Considere a alavanca homogênea e de peso 200 N.



ADILSON SECCO

Resolução:

Os braços das forças potente e resistente valem $b_P = 4$ m e $b_R = 1$ m. Da figura, concluímos que a distância *a* entre *A* e CG é 1,5 m. Impondo a condição de equilíbrio de rotação, obtemos:

$$F_P \cdot b_P + P \cdot a = F_R \cdot b_R \quad \Rightarrow \quad F_P \cdot 4 + 200 \cdot 1{,}5 = 500 \cdot 1$$

$$\therefore F_P = 50 \text{ N}$$

Esse exemplo nos mostra como a aplicação de uma força potente com intensidade de 50 N conseguiu equilibrar a alavanca, submetida à ação de uma força resistente de intensidade de 500 N, dez vezes mais intensa do que a força potente. Essa é uma das finalidades das máquinas simples: reduzir a intensidade da força necessária para estabelecer um equilíbrio.

Impondo o equilíbrio de translação, podemos determinar a intensidade da força que o apoio exerce na alavanca:

$$F_N = F_R + F_P + P \quad \Rightarrow \quad F_N = 500 + 50 + 200$$

$$\therefore F_N = 750 \text{ N}$$

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Agora, vamos utilizar os conhecimentos adquiridos e testar suas habilidades resolvendo alguns problemas por meio de um jogo que está disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_pt.html>. Acesso em: 22 maio 2020.

Primeiro, teste seus conhecimentos sobre alavancas, clique em "Introdução" e, na aba "Mostrar", assinale todas as opções. Na aba "Posição", escolha a opção "Marcas" ou "Réguas". Note que, ao escolher as posições do peso, você deve clicar no botão de seleção para retirar os dois pilares. Em seguida, responda às perguntas abaixo.

- Como manter a balança equilibrada utilizando dois pesos iguais em cada lado?
- Como equilibrar a balança utilizando pesos diferentes em cada lado?
- É possível equilibrar massas iguais a distâncias diferentes?
- É possível equilibrar massas diferentes a distâncias iguais?

Discuta seus resultados com os colegas e o professor.

Depois de responder às questões, forme um grupo e desafie seus colegas para o jogo. Volte à tela inicial e clique na opção "Jogo". Há quatro níveis de dificuldade com seis desafios cada um. Quando acertar o desafio, um *emoji* feliz (☺) aparecerá na tela. Para ir ao desafio seguinte, aperte o botão "Próximo". No final do nível, anote o tempo para cumprir os desafios e compare-o com o dos outros grupos.

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

MODERNA

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

1. Qual seria a resposta do exemplo anterior se o ponto de apoio *A* coincidisse com o centro de gravidade CG?

Tipos de alavanca

Dependendo da posição relativa dos pontos de aplicação da força potente, da força resistente e do ponto de apoio *A*, podemos ter três tipos de alavanca: **interfixa**, **inter-resistente** e **interpotente**.

Alavanca interfixa

O ponto de apoio *A* situa-se entre os pontos de aplicação das forças resistente e potente (Fig. 3).

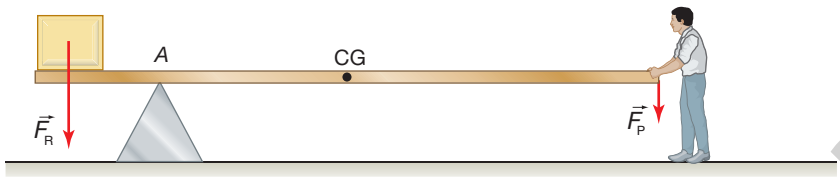


Figura 3 Representação de uma alavanca interfixa.

Alavanca inter-resistente

O ponto de aplicação da força resistente fica entre os pontos de apoio e de aplicação da força potente (Fig. 4).

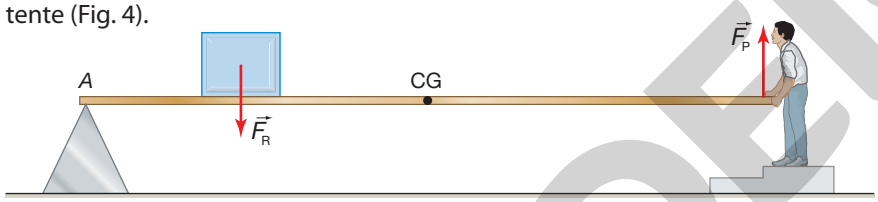


Figura 4 Representação de uma alavanca inter-resistente.

Alavanca interpotente

O ponto de aplicação da força potente localiza-se entre os pontos de apoio e de aplicação da força resistente (Fig. 5).

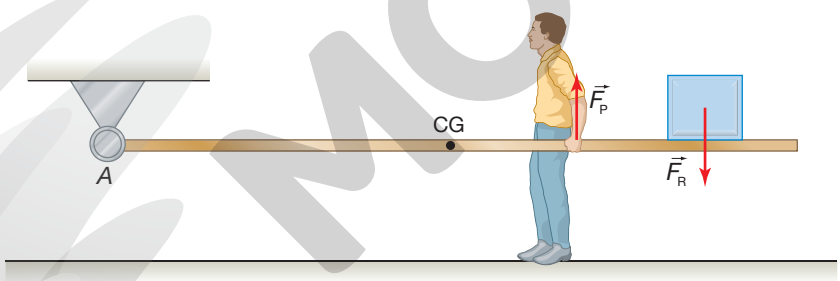


Figura 5 Representação de uma alavanca interpotente.

A seguir, temos alguns exemplos de alavancas (Fig. 6).

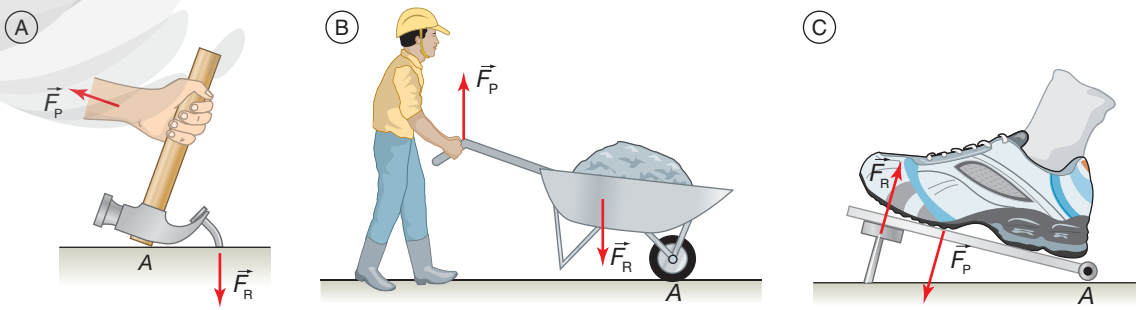


Figura 6 (A) Alavanca interfixa (martelo). (B) Alavanca inter-resistente (carrinho de mão). (C) Alavanca interpotente (acelerador de veículo automotor).

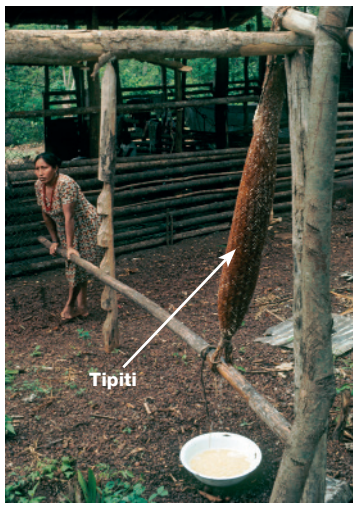
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.



JACQUES JANGOUX/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Na cultura indígena, a primeira etapa no processamento da mandioca é a desintoxicação do alimento, que os povos indígenas aplicam com base na experiência adquirida ao longo do tempo. Na região amazônica, o processo consiste em depositar a raiz por alguns dias em um riacho, o que reduz seu pH e libera o ácido cianídrico, que é tóxico. A etapa seguinte consiste em ralar a mandioca e espremê-la no tipiti, que na língua tupi-guarani significa "cesto para espremer água", um tipo de máquina simples utilizada como ferramenta de alavanca para distensão. O tipiti de peso é o tipo mais comum, construído com fibras vegetais em forma de cesta cilíndrica trançada no interior da qual a massa de mandioca é depositada. Na extremidade inferior do tipiti, é fixado um tronco sobre o qual a pessoa se apoia e, por alavanca, estica o tipiti, que, ao comprimir a massa da mandioca, separa o líquido, o tucupi, da massa quase seca de mandioca, que, posteriormente, é torrada e usada como farinha. Classifique o tipo de alavanca utilizado no processo descrito no texto e faça uma representação das forças que agem nesse sistema.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

As alavancas interfixas, inter-resistentes ou interpotentes estão presentes em muitos aparelhos que utilizamos no dia a dia. Forme um grupo com seus colegas e pesquisem em casa quais utensílios domésticos são alavancas. Cada grupo deverá levar para a sala de aula um painel com fotos ou figuras, recortadas de jornais e revistas, de pelo menos cinco utensílios de cada tipo de alavanca. Em cada figura, deverão ser indicados a força potente, a força resistente e o ponto de apoio.

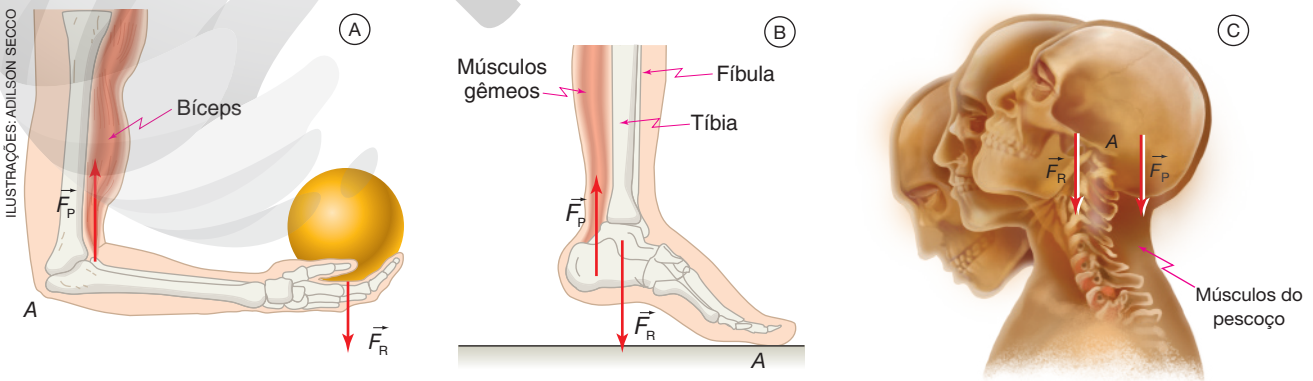
Alavancas do corpo humano

As alavancas existentes no corpo humano são formadas pelos ossos. Nelas, os músculos exercem as forças potentes. Vamos descrever algumas dessas alavancas.

O **antebraço** é uma alavanca interpotente. A força resistente $\vec{F}_R$ é o peso do objeto sustentado pela mão. A força potente $\vec{F}_P$ é exercida pelo músculo bíceps. O cotovelo é o ponto de apoio *A* (Fig. 7.A).

O **pé** é uma alavanca inter-resistente. Quando erguemos o corpo, ficando na ponta do pé, parte do peso do corpo, sustentado pelo pé, é a força resistente $\vec{F}_R$. A força potente $\vec{F}_P$ é exercida pelos músculos gêmeos, que formam a panturrilha, ou barriga da perna. A ponta do pé é o ponto de apoio *A* (Fig. 7.B).

A **cabeça** é uma alavanca interfixa. A força resistente $\vec{F}_R$ é o peso da cabeça, e a força potente $\vec{F}_P$ é exercida pelos músculos do pescoço. A articulação da cabeça com a coluna vertebral define o ponto de apoio *A* (Fig. 7.C).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

ÉBER EVANGELISTA

Figura 7 (A) O antebraço funciona como uma alavanca interpotente. (B) O pé funciona como uma alavanca inter-resistente. (C) A cabeça funciona como uma alavanca interfixa. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

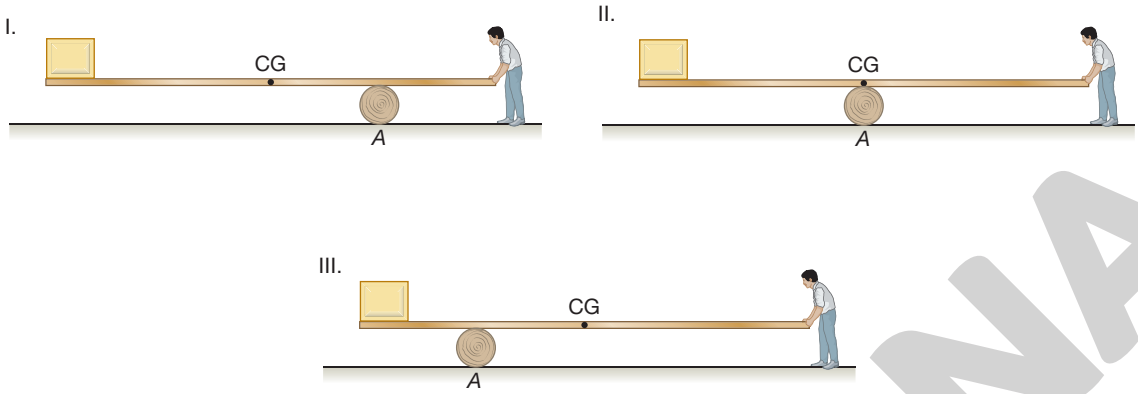
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Aplicando conhecimentos

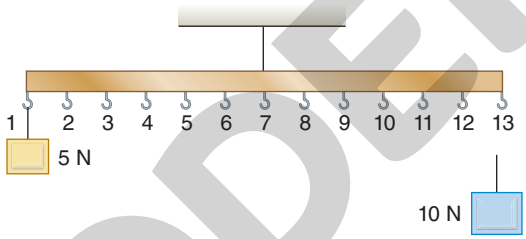
Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

2. Carlos pretende erguer uma caixa com uma alavanca, exercendo o menor esforço muscular possível. Três situações são apresentadas a ele, mudando-se a posição do apoio A. Qual delas Carlos escolheu para atingir seu objetivo? Justifique a escolha feita por ele.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

3. Em qual dos ganchos numerados de 1 a 13 você penduraria a caixa de peso 10 N para que a alavanca homogênea fique em equilíbrio na posição horizontal? Se o peso da alavanca é igual a 6 N, qual é a intensidade da força de tração no fio que sustenta a alavanca?



3. Polias ou roldanas

As polias, ou roldanas, são utilizadas em diversas atividades. Por exemplo, na construção de edifícios, elas ajudam a levar tijolos, concreto e outros materiais para pisos superiores (Fig. 8.A). Essas máquinas simples também são utilizadas no funcionamento de barcos a vela (Fig. 8.B) e em muitas residências, nos varais de roupas movimentados com o auxílio de polias (Fig. 8.C).

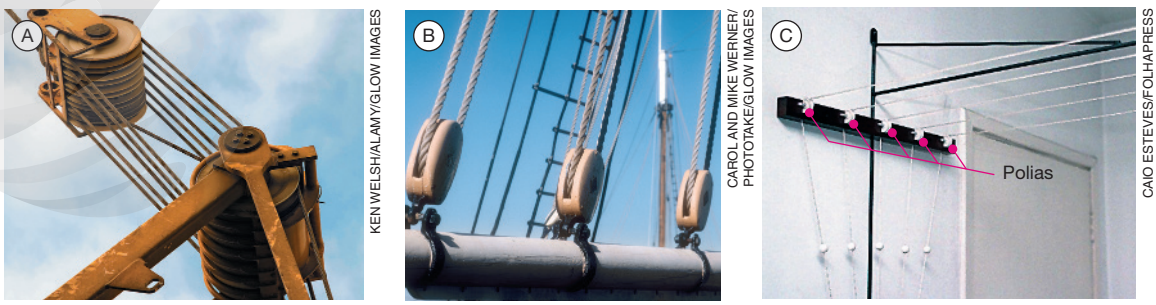


Figura 8 As polias são muito usadas em máquinas e equipamentos, como: (A) guindastes; (B) barcos a vela; (C) varais de roupa.

A polia é uma roda que pode girar em torno do eixo que passa por seu centro e possui um sulco no qual se adapta uma corda.

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

MODERNA

As polias podem ter eixo fixo (polias fixas) ou deslocável (polias móveis). Vamos sempre considerar a polia ideal, isto é, sua massa é nula e não existe atrito entre a polia e seu eixo (Fig. 9).

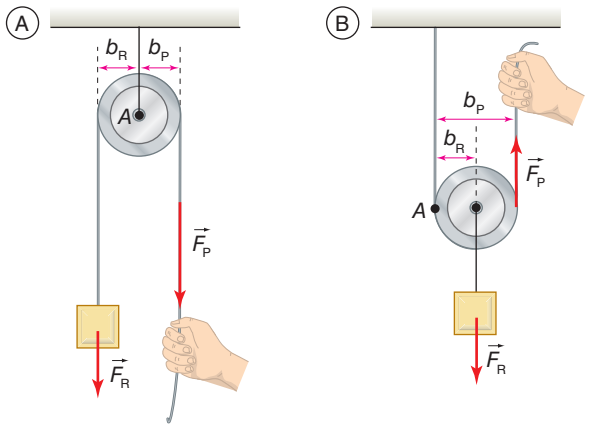


Figura 9 Representações de polias. (A) Polia fixa, que possui eixo fixo; (B) polia móvel, cujo eixo pode se deslocar.

Polia fixa

Considere uma polia fixa em equilíbrio. Vamos supor que o fio que a envolve seja ideal, isto é, perfeitamente flexível, inextensível e de massa nula. No fio ideal, a força de tração tem a mesma intensidade em todos os pontos. Assim, a carga fica sob a ação da força de intensidade F_R, que é seu peso, e da força de tração do fio, cuja intensidade é igual a F_P (Fig. 10).

Impondo o equilíbrio, temos: $F_P = F_R$

isto é, na polia fixa, a força potente tem sempre a mesma intensidade da força resistente.

A **vantagem mecânica** (**VM**) de uma máquina simples é o quociente entre as intensidades das forças resistente (F_R) e potente (F_P):

$$VM = \frac{F_R}{F_P}$$

A vantagem mecânica da polia fixa é igual a 1, pois $F_R = F_P$. Isso significa que o uso de uma polia fixa não reduz o valor da força potente.

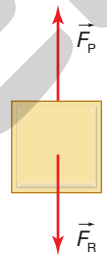


Figura 10 Representação das forças que atuam na carga com base na figura 9.A.

Polia móvel

Considere uma polia móvel. Vamos admitir que ela e o fio que a envolve sejam ideais. Estando em equilíbrio, a intensidade da força potente é igual à metade da intensidade da força resistente, isto é:

$$F_P = \frac{F_R}{2}$$

De fato, isolando a polia e impondo o equilíbrio (Fig. 11), temos:

$$F_P + F_P = F_R \Rightarrow 2 \cdot F_P = F_R \Rightarrow F_P = \frac{F_R}{2}$$

A vantagem mecânica de uma polia móvel é sempre igual a 2:

$$VM = \frac{F_R}{F_P} \Rightarrow VM = \frac{2 \cdot F_P}{F_P} \Rightarrow VM = 2$$

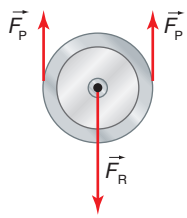


Figura 11 Representação das forças que atuam em uma polia móvel. Em equilíbrio, as intensidades das forças apresentam a relação ($F_P + F_P = F_R$).

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Portanto, a função da polia móvel é diminuir a intensidade da força potente a ser utilizada para equilibrar a força resistente.

Associações de polias

Associação de uma polia fixa com uma polia móvel

Nesse tipo de associação, pode-se mudar convenientemente a direção da força potente.

Além disso, a intensidade da força potente é reduzida à metade da intensidade da força resistente (Fig. 12).

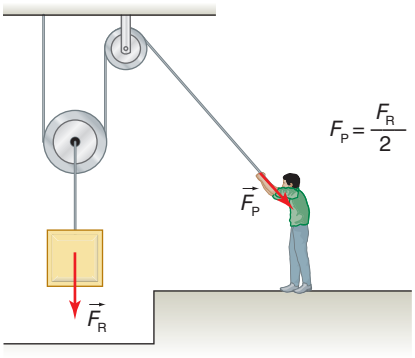


Figura 12 Esquema de associação de uma polia fixa com outra móvel.

Associação de *n* polias fixas com *n* polias móveis

Vamos analisar a associação de três polias fixas com três polias móveis (Fig. 13). Vamos considerar ideais os fios e as polias. Em cada trecho de fio, numerados de 1 a 6, a força de tração tem intensidade F_P. Assim, impondo o equilíbrio, temos:

$$6 \cdot F_P = F_R \quad \Rightarrow \quad F_P = \frac{F_R}{6}$$

Generalizando, sendo n o número de polias móveis, temos $2 \cdot n$ trechos de fios. Assim, podemos escrever:

$$F_P = \frac{F_R}{2 \cdot n}$$

Se essa associação for disposta de modo que todas as polias móveis tenham o mesmo eixo e se o outro eixo for comum às polias fixas, teremos um dispositivo denominado **talha** (Fig. 14).

A vantagem mecânica de uma talha é igual a $2 \cdot n$, pois:

$$VM = \frac{F_R}{F_P} \quad \Rightarrow \quad VM = \frac{F_P \cdot 2 \cdot n}{F_P} \quad \Rightarrow \quad VM = 2 \cdot n$$

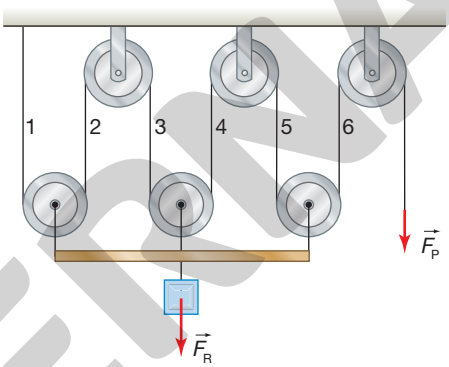


Figura 13 Esquema de associação de três polias fixas com três polias móveis.

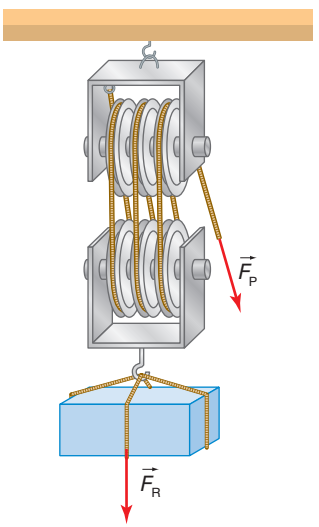


Figura 14 Representação de uma talha.

Talha exponencial

A talha exponencial é uma associação de n polias móveis, de eixos distintos, com uma polia fixa. Vamos considerar uma talha exponencial com três polias móveis (Fig. 15).

Supondo os fios e as polias ideais, podemos considerar o equilíbrio em cada uma delas (Fig. 16).

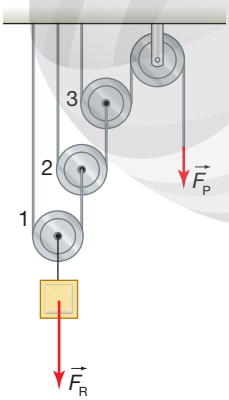


Figura 15 Exemplo de talha exponencial.

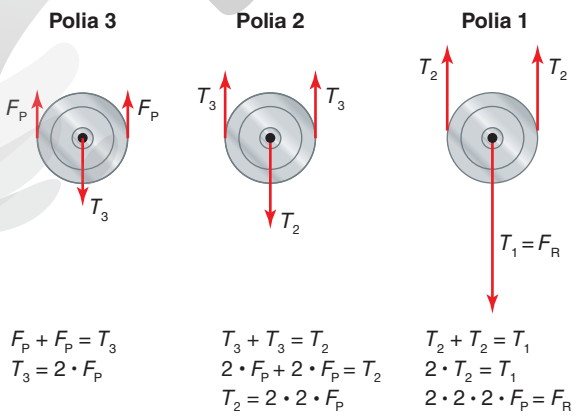


Figura 16 Condição de equilíbrio de cada uma das três polias móveis.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

Generalizando o resultado para n polias móveis, temos: $F_P = \frac{F_R}{2^n}$

Portanto, a vantagem mecânica da talha exponencial é 2^n, pois:

$$VM = \frac{F_R}{F_P} \Rightarrow VM = \frac{F_P \cdot 2^n}{F_P} \Rightarrow VM = 2^n$$

Conservação do trabalho

Considere uma máquina simples operando lentamente e sem atrito. Seja F_P a intensidade da força potente e d_P o deslocamento de seu ponto de aplicação. A intensidade da força resistente é F_R, e d_R é o correspondente deslocamento de seu ponto de aplicação. O trabalho que a força potente realiza é $\mathcal{T}_{F_P} = F_P \cdot d_P$. A força resistente realiza um trabalho negativo, pois o sentido da força é oposto ao do deslocamento: $\mathcal{T}_{F_R} = -F_R \cdot d_R$. Podemos enunciar a **conservação do trabalho** assim:

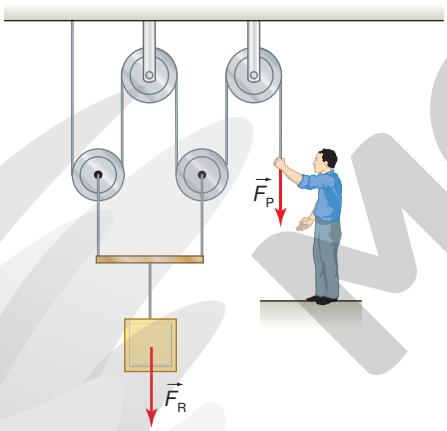
> Em qualquer máquina simples, operando lentamente e sem atrito, o trabalho da força potente é igual ao módulo do trabalho da força resistente, isto é:
>
> $$\mathcal{T}_{F_P} = |\mathcal{T}_{F_R}| \Rightarrow F_P \cdot d_P = F_R \cdot d_R$$

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

4. Considere a associação de polias esquematizada abaixo.



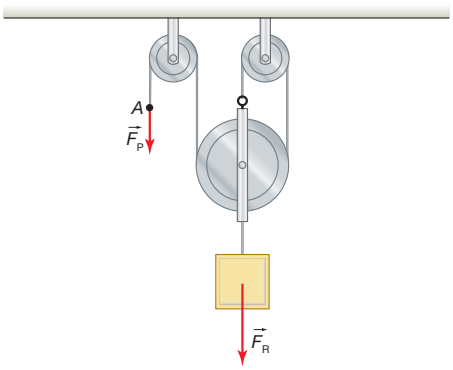
O sistema está em equilíbrio e os fios e as polias são considerados ideais. O peso da carga é de 100 N (F_R = 100 N).

Determine:

a) a intensidade da força potente (F_P) aplicada pelo operador;

b) a vantagem mecânica da associação.

5. Baseando-se na conservação do trabalho, calcule o deslocamento do bloco quando o ponto A sofre um deslocamento x.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

4. Plano inclinado

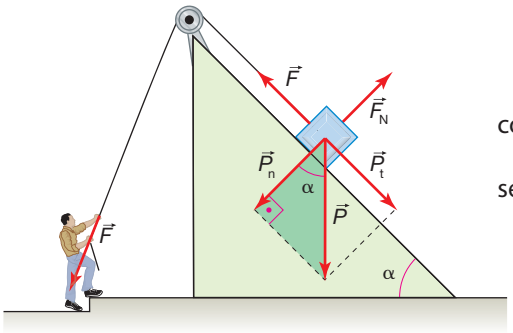
As rampas de acesso a edifícios e garagens são exemplos de **planos inclinados**.

Apoiando o bloco num plano inclinado, perfeitamente liso, a força que você deve aplicar para manter o bloco em equilíbrio tem intensidade F menor do que a intensidade P do peso do bloco. De fato, podemos decompor o peso $\vec{P}$ nas componentes normal $\vec{P}_n$ e tangencial $\vec{P}_t$.

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

MODERNA

No triângulo destacado em verde (Fig. 17), temos:



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

$$\cos \alpha = \frac{P_n}{P} \Rightarrow P_n = P \cdot \cos \alpha$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{P_t}{P} \Rightarrow P_t = P \cdot \text{sen } \alpha$$

Figura 17 Ao usar um plano inclinado, a intensidade F da força necessária para manter o bloco em equilíbrio é menor que a intensidade P do peso desse bloco.

Estando o bloco em equilíbrio, $\vec{P}_n$ equilibra a reação normal $\vec{F}_N$ e $\vec{P}_t$ equilibra a força $\vec{F}$.

Em módulo, temos:

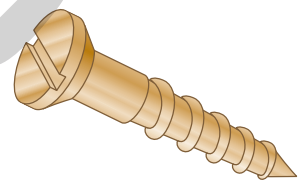
$$P_n = P \cdot \cos \alpha = F_N \qquad P_t = P \cdot \text{sen } \alpha = F$$

Sendo sen $\alpha < 1$, obtemos: $F < P$, pois a intensidade da força potente F é menor do que a intensidade da força resistente P. Por isso, o plano inclinado é considerado uma máquina simples.

Parafuso

Um parafuso pode ser entendido como um "estreito plano inclinado", enrolado segundo uma hélice em torno de um cilindro, que constitui o corpo do parafuso (Fig. 18).

Os parafusos são usados na fixação de objetos, na penetração de determinados corpos, como no saca-rolhas, e no levantamento de cargas, por exemplo, no macaco de automóvel. Portanto, o parafuso transforma **movimento rotativo** em **deslocamento linear**.



ADILSON SECCO

Figura 18 Parafuso, um plano inclinado "enrolado".

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

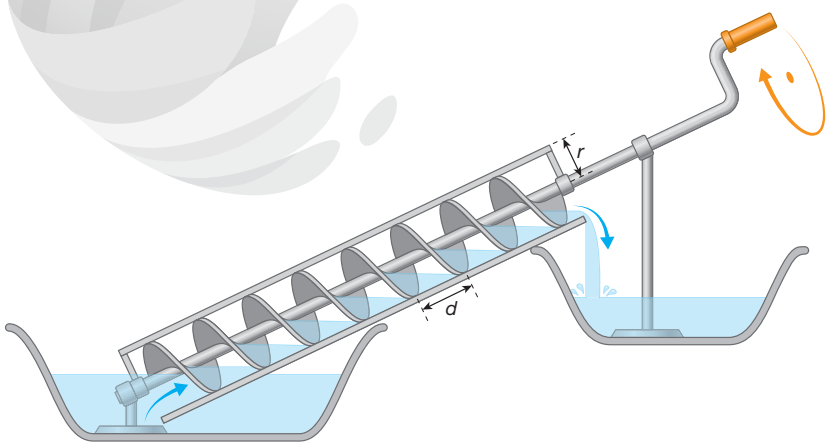
Atividade em grupo

Os manuais dos fabricantes de veículos automotores, como caminhões, trazem especificações técnicas sobre a capacidade máxima de subida de caminhões ou de outros veículos. Isso significa que há um limite para que o veículo consiga trafegar por trechos inclinados. Forme um grupo com seus colegas e pesquisem em *sites*, em artigos especializados de revistas ou manuais de fabricantes de veículos qual deve ser a declividade máxima de uma rua ou de uma estrada para que um veículo consiga subi-la. Pesquisem também qual é a rua mais inclinada do mundo. Escolham um veículo, como um caminhão ou automóvel, e verifiquem se ele conseguiria subir essa rua. Apresentem os resultados da pesquisa por meio de um *podcast*, vídeo ou no *blog* da turma.

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

O parafuso de Arquimedes, em sua forma original, pode ser entendido como um plano inclinado (máquina simples) envolvido por um cilindro. Na figura abaixo, temos uma ilustração dessa invenção. Se girarmos a manivela, o parafuso exercerá uma força que empurrará a água para cima.



ADILSON SECCO

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

MODERNA

A vantagem mecânica do parafuso pode ser expressa por:

$$VM = \frac{F_R}{F_P} = \frac{2\pi r}{d}$$

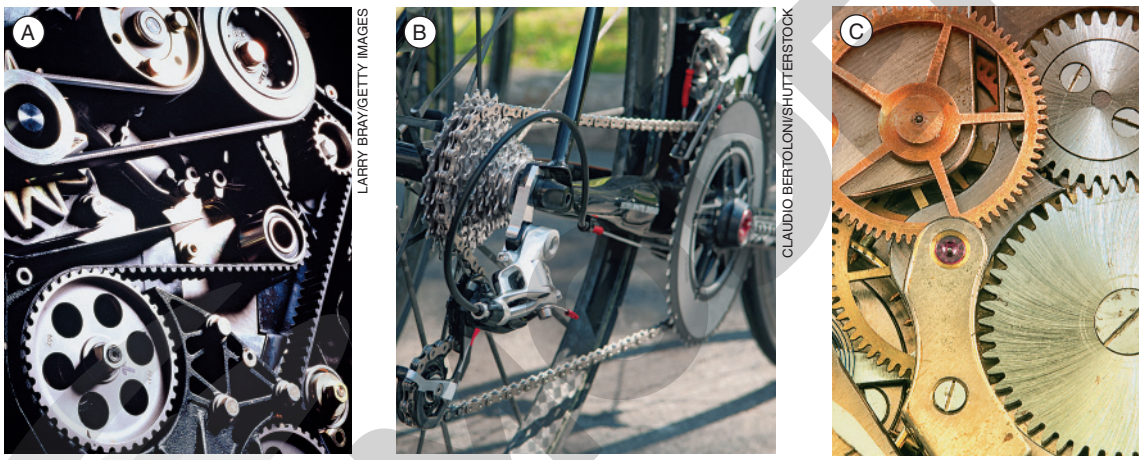
em que $\vec{F}_R$ é a força resistente, ou a força exercida no parafuso, $\vec{F}_P$ é a força potente, ou a força aplicada pelo parafuso, d é a distância entre as lâminas helicoidais e $2\pi r$ é o comprimento da circunferência do parafuso.

Considere o uso do parafuso de Arquimedes para irrigar a plantação de uma pequena fazenda. O parafuso tem raio de 2 m e a vantagem mecânica de $VM = 16$. Que volume de água poderia ser transportado em uma rotação do parafuso? Assuma que, a cada rotação, atinge-se a capacidade máxima de água no parafuso e que o volume de água em uma rotação é aproximadamente o volume de um cilindro ($V = \pi r^2 h$, em que h é a altura do cilindro).

5. Transmissão de movimentos circulares – engrenagens

Pode-se transmitir um movimento circular de uma roda, ou polia, para outra de dois modos básicos: ligando as rodas por meio de uma correia ou por contato direto entre elas. Para evitar escorregamentos, as rodas podem ser dentadas, sendo, nesse caso, chamadas de **engrenagens**.

Utilizando engrenagens, substitui-se a correia por uma corrente (Fig. 19). As engrenagens são utilizadas em muitos mecanismos, como a caixa de câmbio de um veículo, o diferencial dos automóveis e o sistema de marchas de uma bicicleta.



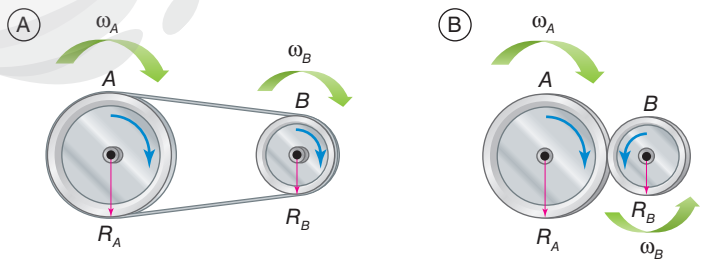
LARRY BRAY/GETTY IMAGES

CLÁUDIO BERTOLONI/SHUTTERSTOCK

JACKIE BALE/GETTY IMAGES

Figura 19 (A) Transmissão de movimento circular por meio de correia. (B) Transmissão de movimento circular por meio de corrente. (C) Transmissão de movimento circular pelo contato direto entre engrenagens.

Considere que a roda, ou a engrenagem A seja colocada em rotação por meio de um motor. Seja ω_A sua velocidade angular e R_A seu raio. A roda, ou a engrenagem B, de raio R_B, entra em movimento com velocidade angular ω_B. Note que o sentido de rotação de B é o mesmo de A (Fig. 20.A) ou oposto ao de A (Fig. 20.B).



ADILSON SECCO

Figura 20 (A) A e B giram no mesmo sentido; (B) B gira em sentido oposto ao de A.

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

Nas duas situações, a velocidade linear v é a mesma para todos os pontos periféricos, pois não há escorregamento. Assim, para a roda A, temos $v = \omega_A \cdot R_A$ e, para a roda B, temos $v = \omega_B \cdot R_B$. Igualando as velocidades lineares, resulta:

$$\omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B \quad (1)$$

O intervalo de tempo que corresponde a uma volta completa de uma engrenagem recebe o nome de **período** (T), e o número de rotações que a engrenagem completa na unidade de tempo recebe o nome de **frequência** (f), que é dada em **hertz (Hz)**.

Relação entre o período *T* e a frequência *f*

Por regra de três simples, temos:

1 volta ⟶ T
f voltas ⟶ 1

$f \cdot T = 1 \longrightarrow f = \frac{1}{T}$

A frequência é o inverso do período

Relação entre o período *T*, ou a frequência *f*, e a velocidade angular ω

Em um intervalo de tempo igual a um período ($\Delta t = T$), cada ponto da engrenagem descreve um ângulo de 2π rad ($\Delta\phi = 2\pi$ rad). Assim, a velocidade angular ω é dada por:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad \text{ou} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Sendo f_A e f_B as frequências de rotação das rodas A e B e lembrando que $\omega_A = 2 \cdot \pi \cdot f_A$ e $\omega_B = 2 \cdot \pi \cdot f_B$, resulta da equação (1):

$$f_A \cdot R_A = f_B \cdot R_B \quad (2)$$

Das equações (1) e (2), observe que a roda de menor raio desenvolve maior velocidade angular e gira com maior frequência. Ou seja, em um mesmo intervalo de tempo, a engrenagem menor, com menor número de dentes, realiza um número maior de voltas que a engrenagem maior, com maior número de dentes.

Na caixa de câmbio de um automóvel, as engrenagens têm raios diferentes e, portanto, número de dentes diferente. É por meio da alavanca de câmbio que se engatam ou desengatam as engrenagens relativas a cada marcha.

As marchas da bicicleta

Para efetuar a mudança de marchas, isto é, para variar sua velocidade, considere o sistema de transmissão de uma bicicleta formado de três coroas e seis catracas (Fig. 21). Note que essa bicicleta tem 18 marchas, pois cada uma das três coroas pode ser ligada a cada uma das seis catracas (3 coroas × 6 catracas = 18 combinações).

ADILSON SECCO

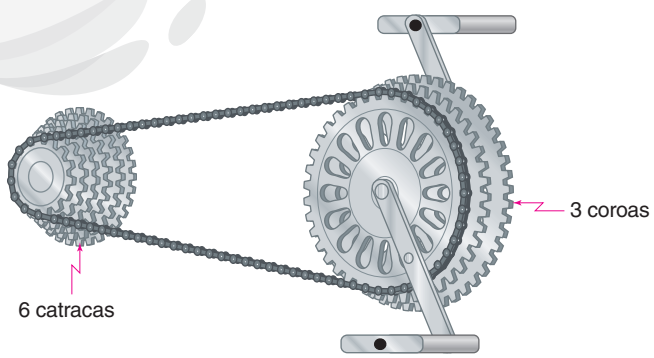


Figura 21 Representação esquemática do sistema de transmissão de uma bicicleta formado de três coroas e seis catracas. As catracas estão ligadas aos pedais e as coroas à roda traseira.

MODERNA

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

Quando a bicicleta está se deslocando em uma marcha de maior velocidade, a corrente está ligando a coroa de maior raio com a catraca de menor raio. De fato, sendo ω_A a velocidade angular da coroa e R_A o raio correspondente, ω_B a velocidade angular da catraca e R_B seu raio, tem-se $\omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B$. Portanto: $\omega_B = \omega_A \cdot \frac{R_A}{R_B}$

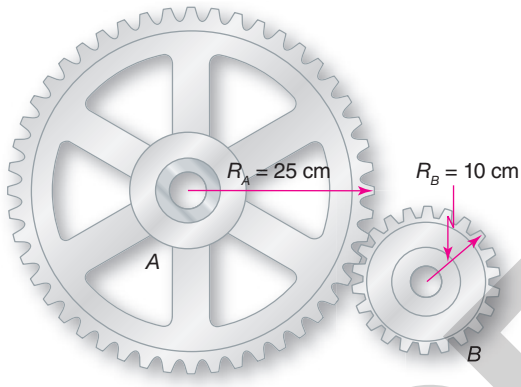
Observe que o maior valor de ω_B corresponde ao maior valor de R_A e ao menor valor de R_B.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

6. Duas engrenagens, *A* e *B*, giram vinculadas, como mostra o esquema abaixo. Seus raios são respectivamente iguais a 25 cm e 10 cm. A engrenagem *A* gira no sentido horário com velocidade angular de 30 rad/s. Determine o sentido de rotação e a velocidade angular da engrenagem *B*.



Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Forme um grupo com seus colegas e pesquisem o funcionamento de alguns setores de estações de tratamento de esgoto/água. Cada grupo ficará responsável por um setor:

1) Estação elevatória
2) Estação de pré-condicionamento
3) Câmara de carga
4) Emissário submarino

Seu desafio é investigar e explicar aos colegas os conceitos e processos que envolvem as Ciências da Natureza estudados até aqui e pesquisar quais são os problemas ambientais e para a saúde pública gerados pela falta de tratamento de esgoto. A forma de apresentação de sua pesquisa será indicada pelo professor.

Atividades finais

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Define-se para uma máquina simples uma grandeza denominada **vantagem mecânica (VM)** como o quociente entre as intensidades das forças resistente (F_R) e potente (F_P):

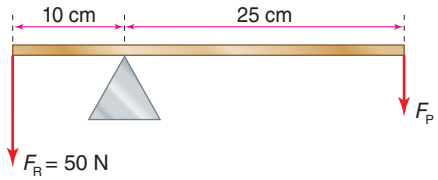
$$VM = \frac{F_R}{F_P}$$

Observe a alavanca, de peso desprezível, esquematizada ao lado.

Determine:

a) a intensidade da força potente;

b) a vantagem mecânica (VM).



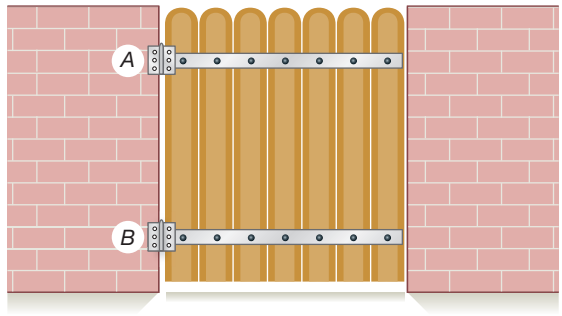
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

2. (Enem) Um portão está fixo em um muro por duas dobradiças, *A* e *B*, conforme mostra a figura, sendo *P* o peso do portão.

2. a



Caso um garoto se dependure no portão pela extremidade livre, e supondo que as reações máximas suportadas pelas dobradiças sejam iguais:

a) é mais provável que a dobradiça *A* arrebente primeiro que a *B*.

b) é mais provável que a dobradiça *B* arrebente primeiro que a *A*.

c) seguramente as dobradiças *A* e *B* arrebentarão simultaneamente.

d) nenhuma delas sofrerá qualquer esforço.

e) o portão quebraria ao meio, ou nada sofreria.

3. (Enem) Com relação ao funcionamento de uma bicicleta de marchas, onde cada marcha é uma combinação de uma das coroas dianteiras com uma das coroas traseiras, são formuladas as seguintes afirmativas:

3. a

I. numa bicicleta que tenha duas coroas dianteiras e cinco traseiras, temos um total de dez marchas possíveis onde cada marcha representa a associação de uma das coroas dianteiras com uma das traseiras.

II. em alta velocidade, convém acionar a coroa dianteira de maior raio com a coroa traseira de maior raio também.

III. em uma subida íngreme, convém acionar a coroa dianteira de menor raio e a coroa traseira de maior raio.

Entre as afirmações acima, estão corretas:

a) I e III apenas.

b) I, II e III.

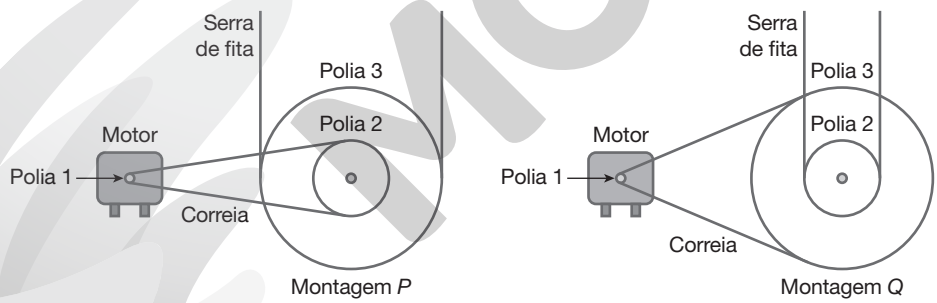
c) I e II apenas.

d) II apenas.

e) III apenas.

4. (Enem) Para serrar os ossos e carnes congeladas, um açougueiro utiliza uma serra de fita que possui três polias e um motor. O equipamento pode ser montado de duas formas diferentes, *P* e *Q*. Por questão de segurança, é necessário que a serra possua menor velocidade linear.

4. a



Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?

a) *Q*, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.

b) *Q*, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.

c) *P*, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.

d) *P*, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.

e) *Q*, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.

MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

CAPÍTULO 10

SOLUBILIDADE E PRECIPITAÇÃO

MULTIART/SHUTTERSTOCK

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), é importante restringir a ingestão de óleos, como o azeite, e de gorduras, como a manteiga, pois são alimentos altamente calóricos que podem contribuir para obesidade e problemas cardiovasculares.

A água é vital para o funcionamento do corpo humano e atua como solvente em diversos processos fisiológicos. Algumas das substâncias presentes em nosso organismo são solúveis em água, e outras não. Entre as substâncias imiscíveis em água, estão aquelas encontradas em óleos e gorduras presentes na alimentação.

Durante a digestão de óleos e gorduras, suas moléculas são transformadas em outras menores por meio de reações químicas na presença de enzimas. Para isso, os óleos e as gorduras ingeridos devem ser dispersos em fluidos polares do organismo, formados principalmente por água. O processo de digestão envolve diferentes órgãos e, no intestino delgado, as lipases (enzimas) atuam na digestão de lipídios.

A digestão de óleos e gorduras só é possível em razão da bile, um agente tensoativo biológico que dispersa líquidos imiscíveis entre si, formando emulsões. A bile é considerada um agente tensoativo porque atua reduzindo a tensão superficial da água. Após a emulsificação, as lipases dissolvidas no meio aquoso do intestino conseguem agir, catalisando o processo de digestão.

Os agentes tensoativos também podem ser sintéticos como o sabão e o detergente, usados para remover restos de óleos e gorduras presentes em louças e em outros recipientes. Neste capítulo, serão apresentados os agentes tensoativos e também os aspectos relacionados à solubilidade e à precipitação de diferentes compostos.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT104**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT205**
- **EM13CNT206**
- **EM13CNT207**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT304**
- **EM13CNT306**
- **EM13CNT307**
- **EM13CNT308**

MODERNA

1. Solubilidade e curva de solubilidade

Considere um béquer com 100 g de água pura, a 20 °C e 1 atm. Nessa amostra, adicionam-se porções de cloreto de potássio (sal de fórmula KCl, sólido de aspecto semelhante ao do NaCl), agitando muito bem com um bastão de vidro após cada adição. A Figura 1 esquematiza o procedimento e informa a massa de sal dissolvida na água e a massa não dissolvida, após cada adição e agitação.

Como se constata pelos dados da figura, 34,0 g é o máximo de KCl que se dissolve em 100 g de água, a 20 °C e 1 atm, por adição direta do soluto ao solvente seguida de agitação. Todo KCl adicionado além de 34,0 g não se dissolve, depositando-se no fundo do frasco e constituindo uma fase sólida que, nesse contexto, é denominada **corpo de fundo**, ou **corpo de chão**.

Define-se **solubilidade**, ou **coeficiente de solubilidade**, como a máxima quantidade de um soluto que conseguimos dissolver em uma quantidade especificada de solvente, a dada pressão e temperatura, formando uma solução estável. No caso em questão, podemos concluir que a solubilidade do KCl em água é de 34,0 g por 100 g de água, a 20 °C e 1 atm.

Utilizam-se alguns termos para designar as soluções, dependendo da concentração de soluto:

- **Solução saturada** é a que apresenta concentração igual à solubilidade, ou seja, apresenta a maior concentração possível de um soluto em um solvente que forma uma solução estável a determinada pressão e temperatura.
- **Solução não saturada**, ou **insaturada**, é aquela que apresenta concentração inferior à da solução saturada.

Repetindo o experimento da Figura 1, porém a 30 °C, constatou-se que a solubilidade do KCl nessa nova temperatura é 37,0 g do sal por 100 g de água. Repetindo o experimento em outras temperaturas, foi possível elaborar uma tabela de solubilidade como a Tabela 1.

Vamos agora analisar outro experimento, começando com 100 g de água a 40 °C e 1 atm. Nessas condições, de acordo com a Tabela 1, podem-se dissolver 40,0 g de KCl em 100 g de água, formando uma solução saturada. Se essa solução for resfriada até 20 °C, durante o resfriamento haverá a **precipitação** de KCl, isto é, a formação de KCl sólido. Isso ocorre porque, a 20 °C, 100 g de água podem dissolver estavelmente apenas 34 g de KCl.

No entanto, se esse procedimento for repetido várias vezes, com resfriamento bem lento, pode-se, eventualmente, presenciar um fenômeno interessante: chegar a 20 °C sem que haja precipitação (Fig. 2). Nesse caso, obteve-se uma **solução supersaturada**, aquela cuja concentração é superior ao limite estável. Essa solução não é estável, e isso pode ser evidenciado ao se introduzir nela um pequeno cristal de KCl sólido, o que imediatamente acarreta precipitação do KCl em excesso.

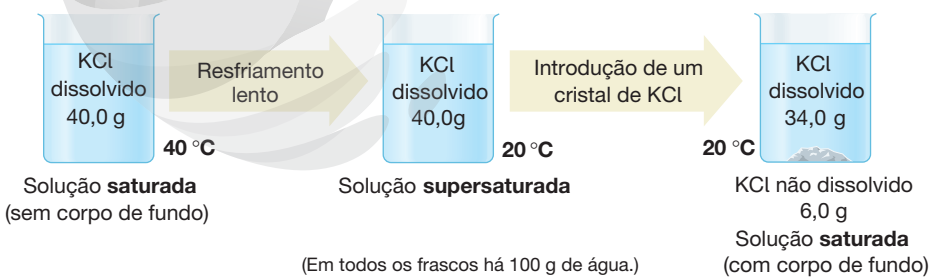


Figura 2 Esquema de experimento em que se obtém uma solução supersaturada de KCl em água (por resfriamento de uma solução saturada) e, a seguir, provoca-se precipitação do excesso de soluto pela introdução de um cristal de KCl. Considere que em todos os frascos há 100 g de água. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

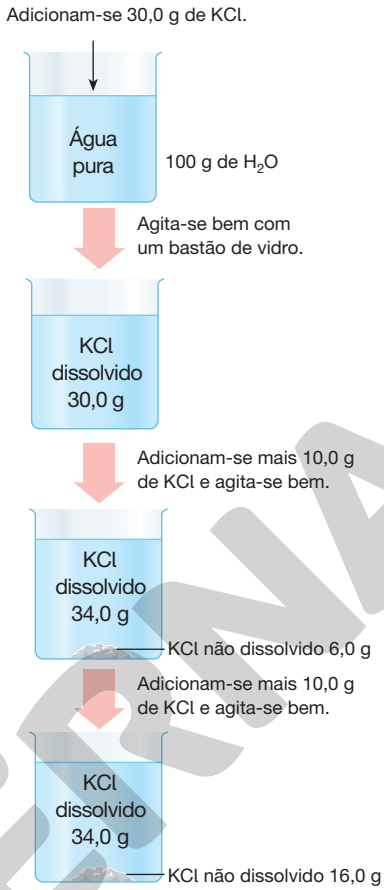


Figura 1 Esquema de experimento, a 20 °C e 1 atm, em que se adicionam amostras de KCl a 100 g de água pura, mexendo bem com um bastão de vidro após cada adição. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Tabela 1 Solubilidade do KCl em água, em diversas temperaturas, a 1 atm.

Temperatura (°C)	Solubilidade (g/100 g H_2O)
0	27,8
10	31,9
20	34,0
30	37,0
40	40,0
50	42,9
60	45,8
70	48,5
80	51,2
90	53,8
100	56,4

Fonte consultada: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Tabela 2 Comparação das solubilidades de KCl e Li_2CO_3 a várias temperaturas.

Temperatura (°C)	Solubilidade (g/100 g H_2O)	
	KCl	Li_2CO_3
0	27,8	1,56
10	31,9	1,45
20	34,0	1,35
30	37,0	1,26
40	40,0	1,16
50	42,9	1,08

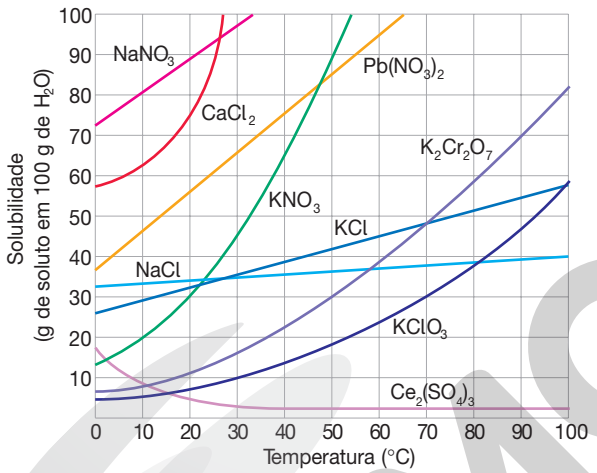
Solubilidade aumenta

Solubilidade diminui

Fonte consultada: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Nem todos os solutos apresentam solubilidade em água crescente com o aumento da temperatura. Os dados da Tabela 2 evidenciam duas características bem distintas: a solubilidade do KCl aumenta com o aquecimento e a do Li_2CO_3 (carbonato de lítio) decresce. O fato de a solubilidade do KCl aumentar com o aquecimento significa que, se aquecermos uma solução saturada com corpo de chão, este vai se dissolver progressivamente com a elevação da temperatura (Fig. 3). Já no caso do Li_2CO_3, o aquecimento provocaria aumento da massa do corpo de chão.

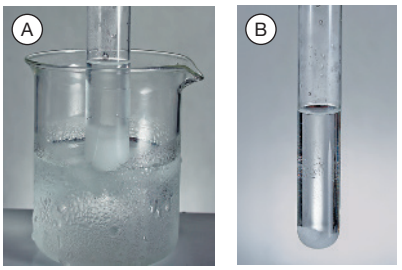
O gráfico da solubilidade de um soluto em um solvente em função da temperatura é denominado **curva de solubilidade**. Esses gráficos (Fig. 4) são úteis para analisar como a solubilidade varia com a temperatura e para comparar a solubilidade de diferentes solutos em uma mesma temperatura.



ADILSON SECCO

Figura 4 Curva de solubilidade em água de alguns sais, a 1 atm.

Fonte: BROWN, T. L. *et al. Chemistry: the Central Science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018.



DOTTA2 DOTTA2

Figura 3 Uma solução aquosa de KCl que está dentro do tubo de ensaio com corpo de fundo (A) é resfriada usando um banho de água gelada (que está no béquer). Após aquecer o mesmo tubo de ensaio por alguns minutos em um banho de água morna, ocorre a diminuição da massa do corpo de fundo (B) em razão do aumento da solubilidade do sal em água.

Dialogando com o texto

O conceito de solubilidade é bastante relevante na produção de certas substâncias de interesse.

A obtenção de sacarose (açúcar de cana) a partir da garapa (caldo de cana) pode ser feita por evaporação da água. Para fins de raciocínio, considere que a concentração de sacarose em uma amostra de garapa seja de 165 g/L e que a solubilidade desse composto em água seja 660 g/L na temperatura em que o processo é realizado. A quanto deve ser reduzido o volume dessa solução, por evaporação da água, para que surjam os primeiros cristais de sacarose sólidos?

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. O mel é uma mistura de água com diversos açúcares, entre eles glicose, cuja solubilidade em água cresce com o aumento de temperatura.

> "Muitos tipos de mel são supersaturados com relação à glicose, com a potencialidade de que ela cristalize espontaneamente a temperatura ambiente."
>
> ASSIL, H. A. *et al. Journal of Food Science*. v. 56, n. 4, 1991. p. 1034. (Tradução dos autores)

Popularmente, diz-se que o mel "açucarou" quando se formam cristais sólidos a partir dele.

a) Explique, em termos científicos, o que ocorre quando o mel "açucara".

b) Guardar mel na geladeira pode evitar o "açucaramento"? Apresente argumentos que embasem sua resposta.

2. Qual é a menor massa de água necessária para dissolver completamente 9,0 g de nitrato de potássio, KNO_3, a 10 °C? (Consulte no capítulo as informações eventualmente necessárias.)

3. Admitindo que não haverá formação de solução supersaturada, determine a massa de clorato de potássio ($KClO_3$) que precipitará se 260 g de uma solução saturada desse sal a 70 °C forem resfriados a 30 °C. Apresente o raciocínio utilizado. (E perceba que a *massa* fornecida é *de solução*!)

4. Na temperatura *T*, uma amostra de 150 g de dicromato de potássio, $K_2Cr_2O_7$, foi totalmente dissolvida em 500 g de água, por adição e agitação. O que se pode afirmar sobre o valor de *T*? Explique.

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

MODERNA

Os experimentos das fotos envolvem íons extremamente tóxicos (Ag^+ e Pb^{2+}). Não se recomenda sua execução devido a essa periculosidade e à dificuldade de descarte apropriado dos resíduos. Aproveite para retomar com os estudantes a atividade do Capítulo 7 sobre toxicidade de metais pesados.

2. Precipitação de compostos iônicos inorgânicos

Ao misturar uma solução aquosa de nitrato de prata ($AgNO_3$) com uma de cloreto de sódio (NaCl), ocorre precipitação de cloreto de prata (AgCl), isto é, formação de cristais de AgCl sólidos (Fig. 5). Esse fenômeno pode ser relacionado a valores de solubilidade, como os listados na Tabela 3. Conforme se pode observar na Tabela 3, $AgNO_3$ e NaCl são compostos iônicos bastante solúveis em água, enquanto AgCl é pouquíssimo solúvel nesse solvente.

Na solução aquosa de nitrato de prata, há íons $Ag^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$, e, na solução aquosa de cloreto de sódio, há íons $Na^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$. Imediatamente após misturar as soluções, as concentrações de íons $Ag^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$ podem ultrapassar a solubilidade do AgCl, que, segundo a Tabela 3, é reduzidíssima: 0,00019 g/100 g de H_2O, a 25 °C e 1 atm. Em decorrência disso, ocorre a precipitação desse sal, como mostra a equação abaixo:

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$$

Essa equação química representa a reação química entre íons prata aquosos e íons cloreto aquosos, formando cloreto de prata sólido.

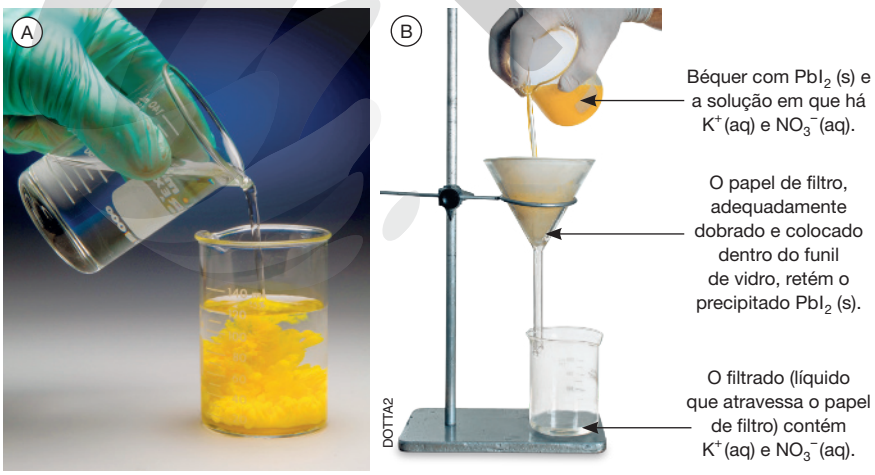
Nas soluções misturadas, também existem íons $Na^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$, mas eles **não** reagem para formar $NaNO_3$. Isso tem relação com o fato de a solubilidade desse sal ser elevada, conforme se constata na Tabela 3. Então, $Na^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$, apesar de presentes, não participam da reação que ocorre, que envolve a formação de AgCl.

Considere, agora, que misturássemos soluções aquosas de KNO_3 e NaCl. Note que, em relação ao procedimento da Figura 5, apenas substituiu-se $AgNO_3$ por KNO_3. Nesse caso, não se observaria precipitação, pois os íons $Na^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$ não formariam $NaNO_3$, tampouco os íons $K^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$ reagiriam para formar KCl (s), o que pode ser verificado com base no valor de solubilidade desses sais em água (Tabela 3).

Outro exemplo de precipitação (Fig. 6.A) ocorre quando soluções aquosas de nitrato de chumbo(II) ($Pb(NO_3)_2$) e iodeto de potássio (KI) são misturadas. Imediatamente, há formação de iodeto de chumbo(II) (PbI_2), precipitado amarelo. Consultando a Tabela 3, você pode verificar que $Pb(NO_3)_2$ e KI são muito solúveis em água e PbI_2 é pouquíssimo solúvel. Também é possível constatar, com base nessa tabela, que KNO_3 é muito solúvel e, portanto, $K^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$ não precipitam como $KNO_3(s)$, nas condições do experimento. A equação química da precipitação é:

$$Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow PbI_2(s)$$

Em laboratório, quando há necessidade de separar precipitado e solução, pode ser realizada uma filtração (Fig. 6.B).



CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

DOTTA2

Figura 6 Precipitação de PbI_2 fotografada quando se adicionou solução aquosa de $Pb(NO_3)_2$ à solução aquosa de KI (A). O precipitado pode ser separado da solução por filtração (B).

DOTTA2

Figura 5 Precipitação de AgCl observada ao adicionar uma solução aquosa de $AgNO_3$ a uma solução aquosa de NaCl. Se, após a reação, o sistema for deixado em repouso, os cristais tendem a se depositar no fundo do recipiente.

Tabela 3 Solubilidade em água de alguns compostos iônicos, a 25 °C e 1 atm (exceto nos casos indicados).

Composto	Solubilidade (g/100 g de H_2O)
Muito solúveis em água	
$AgNO_3$	234
$FeSO_4$	29,5
$Fe_2(SO_4)_3$	440*
KCl	35,5
KI	148
KNO_3	38,3
NaCl	36,0
$NaNO_3$	91,2
$Pb(NO_3)_2$	59,7
Pouquíssimo solúveis em água	
AgCl	0,00019
AgBr	0,000014
AgI	0,000003
$BaCO_3$	0,0014*
$BaSO_4$	0,00031*
$CaCO_3$	0,00066*
$CaSO_4$	0,205
$Fe(OH)_2$	0,000052*
$Mg(OH)_2$	0,00069*
$PbCl_2$	1,08
$PbBr_2$	0,975
PbI_2	0,076

* Nesses casos, valores medidos a 20 °C e 1 atm.

Fonte consultada: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

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

MODERNA

Valem aqui, para os experimentos das fotos B e C, os mesmos comentários da página anterior referentes a íons de metais pesados, no caso Ba^{2+} e Ag^{+}.

Muitas fontes de informação, incluindo as de literatura técnica universitária, costumam se referir a compostos muito solúveis em água (por exemplo, $AgNO_3$, NaCl, $Pb(NO_3)_2$ e KI) como "solúveis" em água. Também costumam se referir a compostos pouquíssimo solúveis em água (por exemplo, AgCl e PbI_2) como "insolúveis" em água*. Tenha sempre em mente que o uso desses termos é uma **simplificação**: a expressão "solúvel" significa *que tem elevada solubilidade* e a terminologia "insolúvel" indica que *a solubilidade do composto é baixíssima*. Para um tratamento quantitativo rigoroso, devem-se consultar e utilizar valores numéricos de solubilidade.

São diversos os fatores que determinam a solubilidade de um composto iônico em água. Entre eles estão o tamanho dos íons, sua carga e as interações estabelecidas entre eles e as moléculas do solvente. A influência desse conjunto de fatores é difícil prever e, em função disso, informações obtidas a partir de experimentos, como as apresentadas na Tabela 4, são úteis para fazer **previsões qualitativas**. Em trabalhos de alta precisão e, principalmente, se as soluções misturadas tiverem baixas concentrações de solutos, as previsões feitas com base nessas informações podem não ser adequadas. Nesses casos, são necessários cálculos utilizando constantes de equilíbrio (grandezas relacionadas à teoria dos equilíbrios químicos), que possibilitam previsões satisfatórias sobre precipitação e quantidade de precipitado formado em determinadas circunstâncias.

Utilizando a Tabela 4, pode-se prever, por exemplo, que ao misturar:

- $CaCl_2(aq)$ e $Na_2CO_3(aq)$ pode ocorrer precipitação de $CaCO_3$ (Fig. 7.A):

$$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$$

- $BaCl_2(aq)$ e $K_2SO_4(aq)$ pode ocorrer precipitação de $BaSO_4$ (Fig. 7.B):

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$$

- $AgNO_3(aq)$ e KI(aq) pode ocorrer precipitação de AgI (Fig. 7.C):

$$Ag^{+}(aq) + I^{-}(aq) \rightarrow AgI(s)$$

- $FeCl_3(aq)$ e NaOH(aq) pode ocorrer precipitação de $Fe(OH)_3$ (Fig. 7.D):

$$Fe^{3+}(aq) + 3\,OH^{-}(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s)$$

Analise esses exemplos e as respectivas fotos. Além disso, procure determinar, em cada caso, quais são os íons presentes no meio aquoso, mas que não participam da reação química de precipitação.

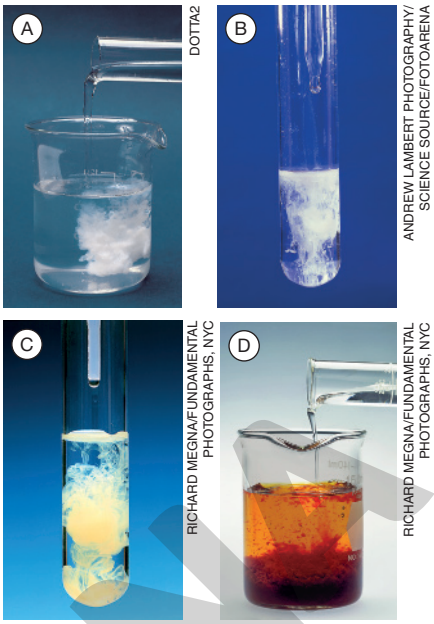


Figura 7 Precipitações (comentadas no texto desta página) de: (A) $CaCO_3$, (B) $BaSO_4$, (C) AgI e (D) $Fe(OH)_3$.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Tabela 4 Informações gerais simplificadas de solubilidade de alguns compostos iônicos em água

São geralmente muito solúveis os compostos contendo o ânion	Exceções importantes (pouquíssimo solúveis)
NO_3^- (nitrato) ou CH_3COO^- (acetato)	—
Cl^- (cloreto), Br^- (brometo) ou I^- (iodeto)	se o cátion for Ag^+, Hg_2^{2+} ou Pb^{2+}
SO_4^{2-} (sulfato)	se o cátion for Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Hg_2^{2+} ou Pb^{2+}
São geralmente pouquíssimo solúveis os compostos contendo o ânion	**Exceções importantes (muito solúveis)**
OH^- (hidróxido)	se o cátion for NH_4^+, alcalino, Ca^{2+}, Sr^{2+} ou Ba^{2+}
S^{2-} (sulfeto)	se o cátion for NH_4^+, alcalino, Ca^{2+}, Sr^{2+} ou Ba^{2+}
CO_3^{2-} (carbonato)	se o cátion for NH_4^+ ou alcalino
PO_4^{3-} (fosfato)	se o cátion for NH_4^+ ou alcalino

Fonte: GILBERT, T. R. *et al. Chemistry: the Science in Context*. 5. ed. Nova York: Norton, 2018.

Atividade em grupo

Estudantes criaram um jogo com dois dados, um com os cátions Na^+, K^+, NH_4^+, Pb^{2+}, Ca^{2+} e Fe^{2+} nas faces e outro com os ânions NO_3^-, CH_3COO^-, Cl^-, SO_4^{2-}, S^{2-} e PO_4^{3-} nas faces.

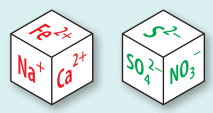


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Dois jogadores participam decidindo previamente que um pontuará com "solúvel" e o outro com "insolúvel". Eles lançam os dados, alternadamente, 10 vezes. Em cada lançamento, verificam se o sal constituído do cátion e do ânion sorteados é solúvel ou insolúvel. O resultado dá 1 ponto ao jogador correspondente. Ganha quem obtiver mais pontos.

Contudo, existe um problema: um dos jogadores terá probabilidade muito maior de vencer!

O trabalho do grupo é demonstrar por que as chances não são iguais e apresentar com clareza uma argumentação.

* Não há concordância na literatura acerca de uma definição rigorosa do que seja um composto iônico "solúvel" ou "insolúvel". Diversos autores de livros universitários consideram que um sal solúvel é aquele cuja solubilidade é da ordem de 0,1 mol/L ou maior. Ao expressar isso em g/L, o valor dependerá da massa molar do soluto em questão. Por exemplo, a 25 °C, para NaCl (aq), 0,1 mol/L equivale a 5,85 g/L; para $AgNO_3$ (aq), equivale a 16,9 g/L, e, para AgCl (aq), equivale a 14,3 g/L. Com efeito, as solubilidades experimentalmente determinadas de NaCl e $AgNO_3$ (Tabela 3), a 25 °C, são muito maiores que 0,1 mol/L, enquanto a do AgCl é muito menor que isso. Raciocínios similares possibilitam realizar as divisões entre substâncias muito solúveis e substâncias pouquíssimo solúveis apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

Por exemplo, McMurry, J. E. *et al*. *Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016; BROWN, T. L. *et al*. *Chemistry*: *the Central Science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018; GILBERT, T. R. *et al*. *Chemistry: the Science in Context*. 5. ed. Nova York: Norton, 2018.

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

MODELO

3. Solubilidade de compostos orgânicos

Grupos hidrófobos, grupos hidrófilos e solubilidade

Os compostos orgânicos englobam a maioria das substâncias compostas do elemento químico carbono. Os álcoois são compostos orgânicos em que há grupo hidroxila (—OH) ligado covalentemente a um átomo de carbono saturado (aquele que estabelece somente ligações simples). Os dados da Tabela 5 indicam que a solubilidade de álcoois em água diminui com o aumento da cadeia carbônica. O grupo —OH possibilita o estabelecimento de ligações de hidrogênio com moléculas de água (Fig. 8) e isso faz com que o metanol (CH_3OH), o etanol (CH_3CH_2OH) e o propan-1-ol ($CH_3CH_2CH_2OH$) sejam totalmente miscíveis nesse solvente, em quaisquer proporções, sendo esse o significado do termo "ilimitada" que consta da Tabela 5 para se referir à solubilidade desses compostos.

Para os álcoois em questão, com exceção do grupo hidroxila, o restante da molécula é constituído de carbono e hidrogênio, da mesma forma que um hidrocarboneto apolar. O aumento do número de átomos de carbono faz com que o caráter apolar passe a predominar cada vez mais na molécula e a solubilidade do composto em água diminua, como se verifica para os demais álcoois da Tabela 5.

De modo geral, podemos dizer que, em moléculas orgânicas, quanto maior o número de átomos de carbono na parte apolar, menor a solubilidade da substância em água. Por outro lado, grupos que estabelecem ligações de hidrogênio com a água, como —OH, $—NH_2$ (amino), $—OCH_3$ (metóxi), $>C=O$ (carbonila) e —COOH (carboxila), contribuem para que o composto seja solúvel em água.

As partes **apolares** de uma molécula são chamadas **grupos hidrófobos**, ou **hidrofóbicos** (do grego *hudor*, "água", e *phóbos*, "aversão"). Sua presença contribui para que o composto **não** se dissolva bem em água (seja hidrófobo), mas se dissolva bem em óleos e gorduras, ou seja, apresente **lipofilia** (do grego *lípos*, "gordura", e *phílos*, "afinidade"), tendência à dissolução em lipídios.

Os grupos **polares** de uma molécula, sobretudo os que possibilitam estabelecer ligações de hidrogênio com a água, são chamados de **grupos hidrófilos**, ou **hidrofílicos**. Quanto maior o número deles, maior será a tendência de a substância se solubilizar em água.

A tendência de compostos moleculares se dissolverem em solventes polares ou apolares deve-se à formação de intensas interações entre soluto e solvente que liberam energia suficiente para compensar a energia absorvida no rompimento de interações que existiam entre as partículas do soluto e entre as partículas do solvente, antes da solubilização. Além disso, ela também depende de fatores associados à desorganização da matéria durante o processo de solubilização.

Vitaminas hidrossolúveis e vitaminas lipossolúveis

Vitaminas são nutrientes indispensáveis à nossa saúde, pois atuam na regulação de processos metabólicos vitais. Elas podem ser classificadas em dois grupos de acordo com sua solubilidade em água. As vitaminas **hidrossolúveis** são aquelas que se dissolvem bem em água, mas não em óleos e gorduras, característica decorrente da presença de grupos hidrófilos na molécula. As vitaminas do complexo B e a vitamina C (Fig. 9) são exemplos de vitaminas hidrossolúveis.

As vitaminas **lipossolúveis** são aquelas que se dissolvem bem em óleos e gorduras, mas não em água, o que decorre da predominância da parte hidrocarbônica nas suas moléculas. As vitaminas A (Fig. 10), D, E e K são exemplos de vitaminas lipossolúveis.

Se ingeridas além da quantidade necessária, as vitaminas hidrossolúveis tendem a ser eliminadas na urina (solução aquosa). As lipossolúveis, por sua vez, são pouco solúveis na água e não são tão facilmente excretadas. Consumidas em excesso, elas podem se acumular na parte gordurosa do organismo e causar hipervitaminose. O excesso de vitamina A, por exemplo, pode causar uma hipervitaminose caracterizada por danos ao fígado, aos rins e aos ossos.

Uma alimentação equilibrada fornece todas as vitaminas de que necessitamos. É importante salientar que suplementos vitamínicos **somente devem ser consumidos sob orientação e acompanhamento médico**.

Uma revisão abrangente para professores (que pode ser encontrada na internet, buscando pelo título) é dada em MARTINS, C. R. *et al*. Solubilidade das substâncias orgânicas. *Química Nova*, v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013.

Tabela 5 Solubilidade de alguns álcoois em água, a 25 °C e 1 atm.

Álcool	Solubilidade (g/100 g de H_2O)
CH_3OH	ilimitada
CH_3CH_2OH	ilimitada
$CH_3CH_2CH_2OH$	ilimitada
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	7,9
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	2,2
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	0,6

Fonte consultada: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

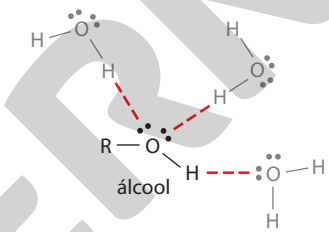


Figura 8 Representação esquemática de ligações de hidrogênio (em tracejado vermelho) possíveis entre um álcool e a água. R indica o restante da molécula do álcool, constituído dos elementos carbono e hidrogênio.

Fonte consultada: JEFFREY, G. A. *An Introduction to Hydrogen Bonding*. Oxford: Oxford University Press, 1997.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

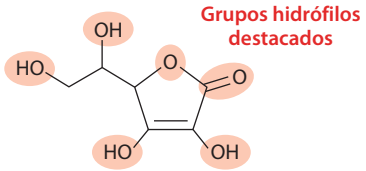


Figura 9 Fórmula estrutural da vitamina C (ou ácido ascórbico) destacando os grupos hidrófilos responsáveis pela hidrossolubilidade dessa substância.

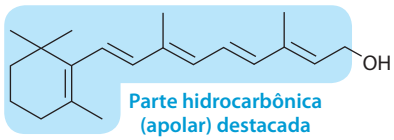


Figura 10 Fórmula estrutural da vitamina A (ou retinol) destacando a parte hidrocarbônica hidrófoba que faz com que esse composto seja lipossolúvel.

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

Substâncias anfifílicas: sabões e detergentes

A água por si só não remove certos tipos de sujeira, por exemplo, restos de óleo ou gordura. Isso acontece porque as moléculas de água são polares e moléculas presentes em óleos e gorduras costumam ter caráter predominantemente apolar. Nesses casos, o sabão atua na limpeza porque interage tanto com substâncias polares quanto com substâncias apolares.

Ácidos carboxílicos são compostos orgânicos que apresentam o grupo carboxila (—COOH), cujo hidrogênio é ionizável. Ácidos graxos são ácidos carboxílicos de cadeia longa, geralmente com 12 ou mais átomos de carbono. Os **sabões são sais orgânicos formados a partir de ácidos graxos** e geralmente apresentam cátion sódio (Fig. 11) ou potássio.

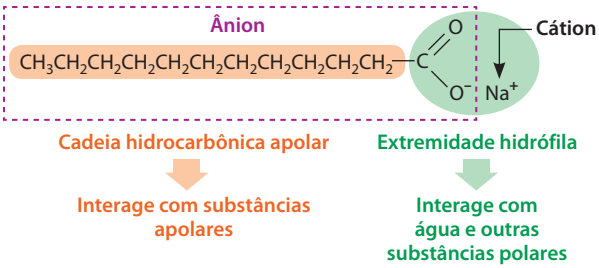


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Figura 11 Fórmula estrutural de um exemplo de sabão mostrando a cadeia apolar, que é hidrófoba, e a extremidade polar, que é hidrófila.

O sabão é um exemplo de substância **anfifílica**, ou **anfipática**, pois seu ânion apresenta uma parte hidrófoba (lipofílica) e uma parte hidrófila (lipofóbica), podendo interagir simultaneamente com substâncias apolares e polares.

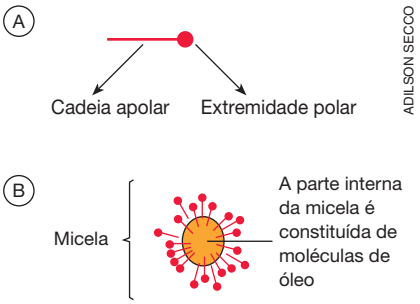
Ao lavarmos um prato sujo de óleo utilizando água e sabão, por exemplo, formam-se **micelas**, estruturas constituídas de ânions de sabão envolvendo pequenina porção de moléculas de óleo. Na micela, os ânions do sabão estão orientados com a cadeia apolar direcionada para dentro (interagindo atrativamente com o óleo) e a extremidade aniônica (—COO^-) para fora (interagindo atrativamente com a água). Ao enxaguar o prato, as micelas são dispersas na água e levadas por ela.

A formação de micelas é chamada **emulsificação**. Nesse processo, o ânion do sabão atua como **emulsificante**, ou **emulsionante** (Fig. 12). As emulsões são formadas pela dispersão de um líquido em outro (no qual não é miscível) sob ação de um emulsificante. Diversas emulsões são feitas com água e materiais oleosos, como é o caso da maionese e de alguns cremes cosméticos.

Os detergentes sintéticos atuam da mesma maneira que os sabões, porém diferem deles na composição química. Atualmente, existem muitos tipos de detergente com estruturas diferentes, mas que possuem em comum uma longa cadeia apolar e uma extremidade polar. Os detergentes sintéticos podem ser **aniônicos** (Fig. 13.A) ou **catiônicos** (Fig. 13.B), conforme a carga do íon orgânico responsável pela limpeza seja, respectivamente, negativa ou positiva. Existem, também, detergentes **não iônicos** (Fig. 13.C).

As ligações de hidrogênio entre as moléculas de água são responsáveis pela sua alta tensão superficial (Capítulo 3). Os sabões ou detergentes interferem nas interações entre as moléculas de água localizadas na superfície do líquido, reduzindo sua tensão superficial. Por isso, eles são denominados **agentes tensoativos**, ou **surfactantes** (ou, ainda, **surfatantes**).

Esse efeito ocorre porque, quando adicionados à água, esses agentes formam uma monocamada (fina camada com a espessura de uma molécula) na superfície, diminuindo a atração entre as moléculas de H_2O. Quando isso acontece, as partes hidrocarbônicas ficam voltadas para o ar, enquanto as partes polares se comportam como se estivessem dissolvidas na água. A ação do tensoativo pode ser evidenciada por meio de um experimento como o descrito na Figura 14.



ADILSON SECCO

Figura 12 (A) Representação simplificada para o ânion do sabão, que atua como emulsificante.
(B) Representação esquemática de uma micela. A cadeia apolar do ânion do sabão interage com o óleo (que está na parte interna da micela) e a extremidade hidrófila interage com a água. Cada micela tem, em geral, diâmetro de algumas dezenas de nanômetros ($1\ nm = 1 \cdot 10^{-9}\ m$). (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

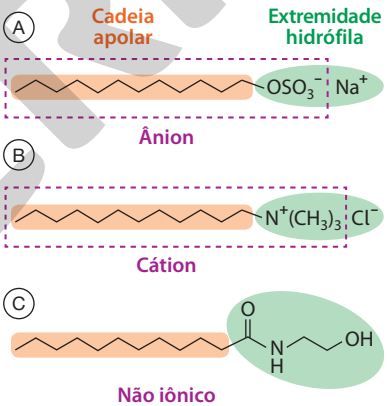
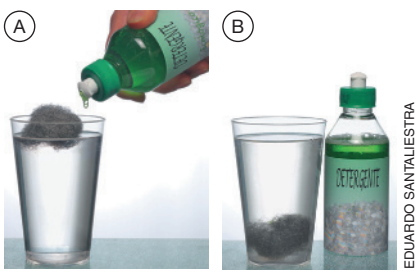


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Figura 13 Exemplos de detergentes sintéticos: aniônico (A), catiônico (B) e não iônico (C).



EDUARDO SANTALIESTRA EDUARDO SANTALIESTRA

Figura 14 Um pedaço de palha de aço, novo e limpo, apesar de ser mais denso que a água, não afunda por causa da elevada tensão superficial desse líquido (A). Duas gotas de detergente são suficientes para reduzir a tensão superficial e causar o afundamento da palha de aço (B).

Duas interessantes sugestões de leitura para estudantes e professores (que podem ser encontradas na internet mediante busca pelo título): FELIPE, L. O.; DIAS, S. C. Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 3, p. 228-236, 2017; NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. *Química Nova*, v. 25, n. 5, p. 772-776, 2002.

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

MODERNA

Uma sugestão de leitura para professores (que pode ser encontrada na internet mediante busca pelo título) sobre poluentes orgânicos persistentes no Brasil é: JARDIM, W. F. Substâncias tóxicas persistentes (STP) no Brasil. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 1976-1985, 2007.

PCBs e DDT: poluentes lipossolúveis persistentes no ambiente

Entre os poluentes, há diversos compostos produzidos artificialmente pelo ser humano. Quando dispersos no ambiente, alguns **não** são decompostos por processos naturais, por exemplo, sob a ação de microrganismos. Nesse caso, o poluente é considerado **não biodegradável**.

Um exemplo são os bifenilas policlorados (Fig. 15), ou PCBs (sigla proveniente do nome em inglês, *polychlorinated biphenyl*), usados no século passado na fabricação de transformadores elétricos, capacitores, plásticos e tintas. Quando liberados no ambiente, são espalhados pelo vento e pela água e absorvidos por organismos vivos, nos quais se acumulam porque são altamente solúveis nos lipídios corporais. Esse acúmulo nos tecidos de um organismo vivo de substâncias estranhas a ele, provenientes do meio externo, é chamado **bioacumulação**.

Em locais contaminados por PCBs, cientistas verificaram aumento de sua concentração nos organismos que constituem uma cadeia alimentar, fenômeno conhecido como **bioamplificação**, ou **biomagnificação**. Um estudo realizado nos Grandes Lagos (situados entre Canadá e Estados Unidos), em meados dos anos 1990, quando havia 0,000002 ppm desses compostos na água, evidenciou a bioamplificação deles na seguinte cadeia alimentar:

fitoplâncton	→	zooplâncton	→	peixes pequenos	→	truta	→	gaivota
0,0025 ppm		0,123 ppm		1,04 ppm		4,83 ppm		124 ppm

Outro exemplo de poluente não biodegradável é o DDT (Fig. 16), inseticida que foi usado, em diversas partes do planeta, no combate a mosquitos transmissores da malária e a insetos que atacam plantações. Apesar de sua eficiência como inseticida, foi constatado que o DDT persistia no ambiente por muitos anos e era bioacumulado em razão de sua alta solubilidade em lipídios. Além de tóxico, o DDT interfere na reprodução e no desenvolvimento de diversas espécies animais. Em aves contaminadas, por exemplo, a casca dos ovos torna-se mais fina e pode quebrar durante a chocagem.

Assim como os PCBs, o DDT é bioamplificado nas cadeias alimentares. Um estudo feito em local onde havia 10 ppm de DDT no solo revelou que a concentração subia para 141 ppm em minhocas e para 444 ppm no cérebro de pássaros que delas se alimentavam. Hoje, o DDT é proibido em muitos países ou tem uso restrito ao combate de insetos vetores durante epidemias de algumas doenças, como a malária.

Além de PCBs e DDT, diversos outros **compostos organoclorados** (compostos do elemento químico carbono contendo o elemento químico cloro) foram banidos ou têm o uso restringido por causa de sua persistência no ambiente e dos impactos que podem acarretar. Para conhecer outros casos, você pode pesquisar, por exemplo, pela expressão **poluentes orgânicos persistentes**.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Rachel Carson (Fig. 17) desempenhou relevante papel na conscientização sobre determinados problemas ambientais criados ou agravados pelo ser humano. Em seu livro mais conhecido, *Silent spring*, traduzido para o português com o título de *Primavera silenciosa*, expôs de modo contundente o uso indiscriminado de pesticidas e os problemas que esse uso acarretava. Após sua publicação, a pressão da opinião pública estadunidense desencadeou uma série de desdobramentos que culminou com o fim da fabricação e do uso do DDT em seu país. Posteriormente, os governos de outros países fizeram o mesmo.

Em 2012, a American Chemical Society, associação que congrega a comunidade química estadunidense, reconheceu o livro como um marco histórico para o desenvolvimento do movimento ambiental moderno.

Investiguem, em fontes confiáveis, mais informações sobre Rachel Carson, seu livro *Primavera silenciosa* e a importância de ambos. Produzam um vídeo que divulgue o tema (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro). Não deixem de falar também sobre o DDT e os problemas ambientais que ele pode provocar.

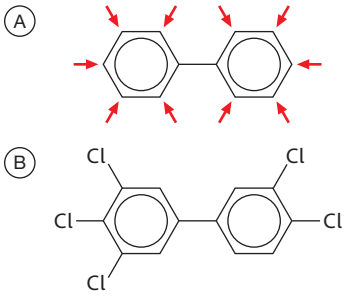


Figura 15 Se um ou mais átomos de hidrogênio do hidrocarboneto bifenila (A), que existem nas posições indicadas pelas setas, forem substituídos por átomos de cloro, a partir de reações químicas, podem ser obtidos 209 diferentes compostos, coletivamente denominados bifenilas policlorados (PCBs). Um exemplo com altíssimo grau de toxicidade é mostrado em (B).

Estudo publicado em *The Great Lakes, an Environmental Atlas and Resource Book*. 3. ed. Ontario/Chicago: Environment Canada and U. S. Environmental Protection Agency, 1995. Décadas após o encerramento da produção, PCBs ainda existem no ambiente (cf. MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. *Living in the environment*. 19. ed. Boston: Cengage, 2018.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

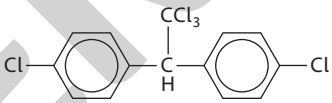


Figura 16 Fórmula estrutural do 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano, composto também denominado **d**icloro-**d**ifenil-**t**ricloroetano, de onde deriva a sigla pela qual é mais conhecido: DDT.

Comente com os estudantes que o verbo **dedetizar** (aplicar inseticida, desinsetizar), que está dicionarizado, originou-se da expressão "aplicar DDT".

ALFRED EISENSTAEDT/THE LIFE PICTURE COLLECTION/GETTY IMAGES

ALFRED EISENSTAEDT/THE LIFE PICTURE COLLECTION/GETTY IMAGES

Figura 17 A bióloga e escritora estadunidense Rachel Louise Carson (1907-1964), em fotos de 1962, a quem se refere a atividade ao lado.

Estudo realizado em 1965, auge da utilização agrícola de DDT nos Estados Unidos, citado em DAVIS, M. L.; MASTEN, S. J. *Principles of Environmental Engineering and Science*. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2014. Uma revisão sobre o tema está em D'AMATO, C. *et al*. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental – uma revisão. *Química Nova*, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002. (Disponível na internet, busque pelo título.)

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

EM MODERNA

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

O uso de pesticidas (ou praguicidas) para matar insetos que atacam plantações e acarretam diminuição da produção agrícola é um tema controverso. Mesmo considerando que hoje existem pesticidas que se degradam em poucos dias após a aplicação no ambiente, transformando-se em compostos não tóxicos, existe muita polêmica a respeito.

1. Investigue opiniões divergentes sobre esse tema e elabore duas listas: uma de aspectos favoráveis e outra de fatores desfavoráveis à sua utilização.

2. Ao ler opiniões sobre o tema, você percebeu tendenciosidades no uso das expressões "defensivos agrícolas" e "agrotóxicos" para se referir a pesticidas? Comente.

3. Expresse, em um texto, sua opinião acerca da utilização de pesticidas nas lavouras.

Aplicando conhecimentos

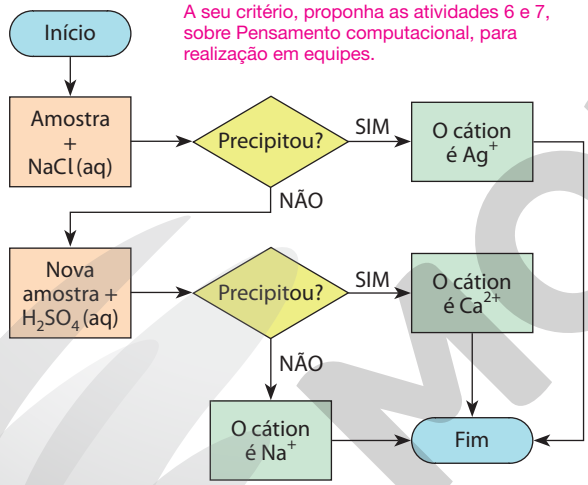
Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

5. Cálculos renais são misturas formadas por sais que precipitam dentro dos rins. Existem diferentes tipos, sendo um deles constituído de fosfato de cálcio, que se forma na reação entre íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} aquosos. Represente essa reação por meio de uma equação química. Com base nessas informações, você diria que o fosfato de cálcio é solúvel em água? Justifique sua resposta.

6. Um grupo de estudantes elaborou o seguinte fluxograma como ponto de partida para criar um programa de computador que, fundamentado em resultados de experimentos, conclui se uma solução aquosa é de $NaNO_3$, $Ca(NO_3)_2$ ou $AgNO_3$, ou seja, determina qual é o cátion presente.

A seu critério, proponha as atividades 6 e 7, sobre Pensamento computacional, para realização em equipes.



a) Consultando a Tabela 4 deste capítulo, verifique se o raciocínio está correto ou se necessita correção.

b) Equacione as reações de precipitação envolvidas.

7. Você foi incumbido de elaborar um fluxograma que indique se uma solução aquosa é de NaCl, Na_2CO_3 ou $NaCH_3COO$, ou seja, qual é o ânion presente (cloreto, carbonato ou acetato), utilizando resultados de testes com $Pb(NO_3)_2$ (aq) e/ou $Ca(NO_3)_2$ (aq). Elabore-o e argumente em favor de sua resposta, incluindo as equações químicas pertinentes.

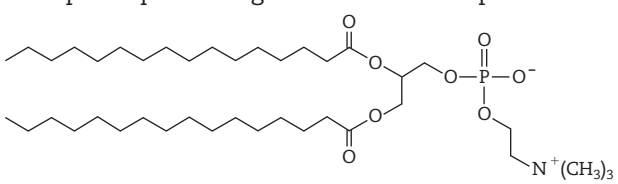
8. A sacarose (principal açúcar da cana) é um composto orgânico bastante solúvel em água. Pesquise a fórmula estrutural desse composto e, fundamentado nela, explique a razão dessa alta solubilidade.

9. Um grupo de estudantes universitários verificou que as solubilidades do NaCl (a 25 °C e 1 atm) em água, metanol (CH_3OH) e etanol (CH_3CH_2OH) são, nessa ordem, **36,0**, **1,4**, e **0,07** g/100 g de solvente. Que argumentos eles podem usar para explicar, qualitativamente, essa sequência dos valores?

10. Após se formar em Química, uma jovem estava em processo seletivo para trabalhar em uma indústria que produz suplementos vitamínicos. Na prova escrita, foram fornecidas as fórmulas estruturais da piridoxina (vitamina B_6) e do alfa-tocoferol (vitamina E) e perguntou-se qual delas seria mais indicada como componente de um produto comercializado em cápsulas preenchidas com azeite, no qual algumas vitaminas estão dissolvidas.

Pesquise as fórmulas estruturais, transcreva-as no caderno e proponha uma resposta apropriada à pergunta, com argumentos pertinentes.

11. O funcionamento saudável dos nossos pulmões requer a presença de surfactantes nos alvéolos pulmonares. Esses surfactantes são sintetizados pelo próprio corpo humano e o mais conhecido deles tem a fórmula estrutural mostrada abaixo. Reproduza-a no caderno e indique a parte que interage com água e a parte que interage com estruturas apolares.



surfactante pulmonar

12. A presença de sabões e detergentes como poluentes do meio aquático acarreta diversos problemas, alguns decorrentes da camada de espuma que se forma em lagos e rios. Considerando as formas de vida que existem nesses ambientes, aponte duas consequências da espuma para a vida aquática.

13. Diversos trabalhos científicos publicados nas duas primeiras décadas deste século identificaram a presença de DDT no leite materno humano em diversos países, mesmo após o fim de seu uso nesses locais. Comente os aspectos que devem ser considerados para explicar a ocorrência desse composto tóxico no leite materno.

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

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

MODELINA

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) Devido ao seu alto teor de sais, a água do mar é imprópria para o consumo humano e para a maioria dos usos da água doce. No entanto, para a indústria, a água do mar é de grande interesse, uma vez que os sais presentes podem servir de matérias-primas importantes para diversos processos. Nesse contexto, devido à sua simplicidade e ao seu baixo potencial de impacto ambiental, o método da precipitação fracionada tem sido utilizado para a obtenção dos sais presentes na água do mar.

1. a

Tabela 1: Solubilidade em água de alguns compostos presentes na água do mar a 25 °C

Soluto	Fórmula	Solubilidade g/kg de H_2O
Brometo de sódio	NaBr	$1{,}20 \times 10^{3}$
Carbonato de cálcio	$CaCO_3$	$1{,}30 \times 10^{-2}$
Cloreto de sódio	NaCl	$3{,}60 \times 10^{2}$
Cloreto de magnésio	$MagCl_2$	$5{,}41 \times 10^{2}$
Sulfato de magnésio	$MgSO_4$	$3{,}60 \times 10^{2}$
Sulfato de cálcio	$CaSO_4$	$6{,}80 \times 10^{-1}$

PITOMBO, L. R. M.; MARCONDES, M. E. R.; GEPEC. Grupo de pesquisa em Educação em Química. *Química e Sobrevivência*: Hidrosfera e Fonte de Materiais. São Paulo: Edusp, 2005 (adaptado).

Suponha que uma indústria objetiva separar determinados sais de uma amostra de água do mar a 25 °C, por meio da precipitação fracionada. Se essa amostra contiver somente os sais destacados na tabela, a seguinte ordem de precipitação será verificada:

a) Carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio, cloreto de magnésio e, por último, brometo de sódio.

b) Brometo de sódio, cloreto de magnésio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio, sulfato de cálcio e, por último, carbonato de cálcio.

c) Cloreto de magnésio, sulfato de magnésio e cloreto de sódio, sulfato de cálcio, carbonato de cálcio e, por último, brometo de sódio.

d) Brometo de sódio, carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio e, por último, cloreto de magnésio.

e) Cloreto de sódio, sulfato de magnésio, carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de magnésio e, por último, brometo de sódio.

2. (Unifor-CE) A 30 °C, a solubilidade do nitrato de prata em água é de 3.000 g por quilograma da água. Adiciona-se, a 30 °C, 2.000 g desse sal a 500 g de água, agita-se vigorosamente e depois filtra-se. Qual a massa da solução saturada obtida?

2. c

a) 1.000 g **c)** 2.000 g **e)** 3.000 g
b) 1.500 g **d)** 2.500 g

3. (Unicamp-SP) Uma prática de limpeza comum na cozinha consiste na remoção da gordura de panelas e utensílios como garfos, facas etc. Na ação desengordurante, geralmente se usa um detergente ou um sabão. Esse tipo de limpeza resulta da ação química desses produtos, dado que suas moléculas possuem

3. b

a) uma parte com carga, que se liga à gordura, cujas moléculas são polares; e uma parte apolar, que se liga à água, cuja molécula é apolar.

b) uma parte apolar, que se liga à gordura, cujas moléculas são apolares; e uma parte com carga, que se liga à água, cuja molécula é polar.

c) uma parte apolar, que se liga à gordura, cujas moléculas são polares; e uma parte com carga, que se liga à água, cuja molécula é apolar.

d) uma parte com carga, que se liga à gordura, cujas moléculas são apolares; e uma parte apolar, que se liga à água, cuja molécula é polar.

4. (Enem) Para lavar e refrescar o ambiente, que estava a 40 °C, uma pessoa resolveu jogar água sobre um piso de granito. Ela observou que o líquido se concentrou em algumas regiões, molhando parcialmente a superfície. Ao adicionar detergente sobre essa água, a pessoa verificou que o líquido se espalhou e deixou o piso totalmente molhado. A molhabilidade da superfície foi melhorada em função da

4. b

a) solubilidade do detergente em água ser alta.
b) tensão superficial da água ter sido reduzida.
c) pressão de vapor da água ter sido diminuída.
d) densidade da solução ser maior que a da água.
e) viscosidade da solução ser menor que a da água.

5. (Enem) Em uma planície, ocorreu um acidente ambiental em decorrência do derramamento de grande quantidade de um hidrocarboneto que se apresenta na forma pastosa à temperatura ambiente. Um químico ambiental utilizou uma quantidade apropriada de uma solução de *para*-dodecil-benzenossulfonato de sódio, um agente tensoativo sintético, para diminuir os impactos desse acidente. Essa intervenção produz resultados positivos para o ambiente porque

5. d

a) promove uma reação de substituição no hidrocarboneto, tornando-o menos letal ao ambiente.

b) a hidrólise do *para*-dodecil-benzenossulfonato de sódio produz energia térmica suficiente para vaporizar o hidrocarboneto.

c) a mistura desses reagentes provoca a combustão do hidrocarboneto, o que diminui a quantidade dessa substância na natureza.

d) a solução de *para*-dodecil-benzenossulfonato possibilita a solubilização do hidrocarboneto.

e) o reagente adicionado provoca uma solidificação do hidrocarboneto, o que facilita sua retirada do ambiente.

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

MODERNA

CAPÍTULO

11

QUANTIDADE DE MOVIMENTO E IMPULSO DE UMA FORÇA

ZACHARY FRANK/ALAMY/FOTOARENA

Cratera de Barringer, formada pelo impacto de um meteorito, localizada no Arizona, Estados Unidos. Ela tem cerca de um quilômetro de diâmetro.

Ainda há muito o que descobrir sobre a formação da Terra, estimada em cerca de 4,5 bilhões de anos, bem como sobre o início da vida no planeta. Sabemos que as características físicas e químicas da Terra mudaram consideravelmente ao longo de todo esse tempo e que alguns eventos levaram à extinção de boa parte da vida existente no planeta. Os oceanos foram fundamentais para o surgimento da vida e sua diversidade dentro e fora da água, enquanto a formação de diferentes ecossistemas favoreceu a proliferação dos seres vivos pelo planeta.

Mas todas as condições necessárias à vida sempre estiveram por aqui? De que forma os demais componentes do Sistema Solar podem ter contribuído para o surgimento da vida na Terra?

Além das fontes terrestres (endógenas) de biomoléculas, acredita-se que meteoros, cometas, asteroides e poeira interestelar sejam fontes extraterrestres (exógenas) de substâncias essenciais aos processos biológicos. Algumas moléculas formadas fora da Terra podem ter sido trazidas para o planeta por algum desses astros, e o impacto deles na superfície da Terra pode ter liberado quantidades enormes de energia.

As velocidades com que os astros colidem com a Terra são extremamente altas. Embora a atmosfera terrestre amenize o impacto causado por essas colisões, elas podem causar grandes estragos e mortes, caso ocorram em regiões povoadas. Quando alcançam a superfície terrestre, esses astros passam a ser denominados meteoritos, porém muitos deles se desintegram antes mesmo de tocar a superfície do planeta. Entretanto, quando o impacto acontece, há transferência de calor, que pode desencadear reações químicas, produzir som e gerar ondas de pressão.

Formados por rochas e/ou metais, esses astros podem transportar substâncias essenciais para a vida terrestre. Alguns astros chamados de meteoroides, que, por definição, são corpos sólidos com tamanho menor que os asteroides e maior que uma molécula, são comuns no Sistema Solar, e, em amostras desses corpos celestes, já foram detectadas quantidades consideráveis de água. Da mesma forma, prevê-se que aminoácidos e outros compostos orgânicos podem se formar no espaço, pois foram encontradas dezenas de aminoácidos, lipídios, açúcares e a base nitrogenada uracila em fragmentos do meteorito Murchison, que caiu na Austrália em 1969. Também já foram medidos os elementos hidrogênio, carbono e flúor em meteoritos encontrados na Argentina e no deserto do Saara.

Na maioria dos casos conhecidos, quando um corpo celeste entra na atmosfera terrestre, ocorre atrito entre eles, minimizando o impacto na superfície ou fragmentando esse astro, o que reduz os danos físicos e materiais gerados pela energia liberada nesse processo. A fragmentação do astro aumenta o intervalo de tempo de interação da colisão e reduz a intensidade da força média exercida pelos fragmentos na atmosfera. Entretanto, essa redução do impacto depende de outras variáveis, como a massa e a velocidade atingida na atmosfera. Na Física, as grandezas **força** e **intervalo de tempo** estão relacionadas à grandeza **impulso**, e as grandezas **massa** e **velocidade** estão relacionadas à grandeza **quantidade de movimento**. O estudo das grandezas impulso e quantidade de movimento é o assunto deste capítulo.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT306**
- **EM13CHS103**
- **EM13MAT308**
- **EM13MAT313**

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

MODERNA

1. Um pouco de história

A ideia da existência de uma grandeza que mede a quantidade de movimento do Universo e permanece invariável com o tempo, apesar da interação entre os corpos, nasceu de estudos filosóficos.

Muitos filósofos e cientistas se debruçaram sobre o problema, sem conseguir resolvê-lo. Foi o cientista e filósofo francês René Descartes (1596-1650) quem começou a desvendar a questão.

Descartes, também conhecido por seu nome latino Renatus Cartesius, nasceu na cidade de La Haye e licenciou-se em Direito em 1616. Em 1628, publicou a obra *Regras para a direção do espírito*.

Em uma de suas obras mais conhecidas, *Discurso do método*, publicada em 1637, Descartes estabeleceu os princípios do método para o "verdadeiro conhecimento", sendo o primeiro princípio de sua filosofia o "*cogito ergo sum*": "penso, logo existo".

Em 1643, Descartes publicou o *Principia philosophiae*, ou *Os princípios da Filosofia*, que tinha por objetivo substituir a filosofia aristotélica, ainda ensinada nas universidades. Nessa obra, ele estabeleceu a conservação da quantidade de movimento.

Descartes deu início a uma nova filosofia da natureza, o **mecanicismo**. De acordo com essa filosofia, na qual aparece claramente o conceito de inércia, todos os fenômenos devem ser explicados pelas leis da matéria em movimento.

Para ele, a grandeza **quantidade de movimento**, que representamos por Q, corresponderia ao produto da massa m do corpo pelo valor de sua velocidade v. Assim, segundo o filósofo, nas interações, a **grandeza escalar** $Q = m \cdot v$ se manteria invariável.

Por exemplo, num jogo de bilhar, o taco põe em movimento uma bola branca e esta atinge frontalmente uma bola vermelha (colisão direta), que está inicialmente em repouso. As bolas possuem mesma massa m. Observa-se que a branca para e a vermelha entra em movimento com a mesma velocidade v que a branca apresentava no instante do choque. Assim, a quantidade de movimento da bola branca foi totalmente transferida para a bola vermelha (Fig. 1).

A quantidade de movimento do sistema de bolas imediatamente antes da colisão é igual à quantidade de movimento do sistema imediatamente após a colisão. O exemplo mostra que houve **conservação da quantidade de movimento** ou, como se vem usando atualmente, **conservação de momento linear**.

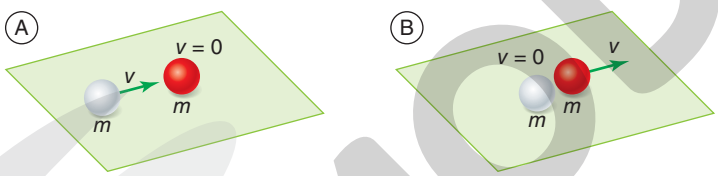


Figura 1 Representação esquemática da colisão frontal entre duas bolas de bilhar. (A) Antes do choque; (B) depois do choque.

Outro exemplo de conservação da quantidade de movimento é o do pêndulo múltiplo. Ele é constituído por esferas de aço iguais, suspensas por fios de náilon (Fig. 2).

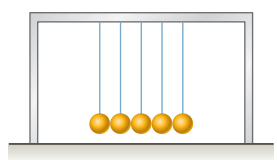


Figura 2 Pêndulo múltiplo.

Deslocando-se a esfera de uma das extremidades até certa altura e, em seguida, abandonando-a dessa posição, ela atinge a vizinha com certa velocidade v. Observa-se que a esfera da outra extremidade parte com a mesma velocidade v e que a primeira para. Isso significa que a quantidade de movimento foi conservada, transferindo-se da primeira para a última esfera, através das esferas intermediárias (Fig. 3).

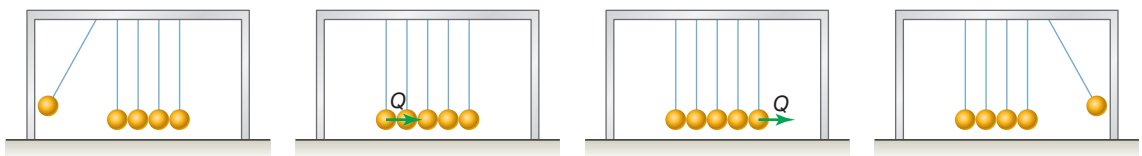


Figura 3 Sequência que ilustra a conservação da quantidade de movimento em um pêndulo múltiplo.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Entretanto, constatou-se que a grandeza definida por Descartes só se mantinha invariável em algumas situações, não se mantendo constante, por exemplo, quando as colisões entre os corpos não eram frontais.

Descartes, com base no **princípio da conservação da quantidade de movimento**, tinha estabelecido sete regras para um choque mecânico. Porém, seis dessas leis eram falsas, já que ele não considerava o caráter vetorial da quantidade de movimento de um corpo.

As primeiras ideias sobre o caráter vetorial da quantidade de movimento foram estabelecidas pelo matemático inglês John Wallis (1616-1703), em um trabalho apresentado em 1668 à Royal Society. Essas ideias fundamentavam-se em equações que analisavam o comportamento dos corpos após colisões frontais e que seguiam juntos após o choque, o chamado choque inelástico.

Com essas equações, Wallis demonstrou que, ao contrário do afirmado por Descartes, a quantidade de movimento de um corpo nem sempre era positiva. Era preciso considerar também o sentido do movimento dos corpos. O sinal negativo da quantidade de movimento resulta da natureza vetorial da velocidade e, consequentemente, da quantidade de movimento.

Voltemos ao exemplo do jogo de bilhar, considerando que agora a bola branca atinja a colorida não frontalmente, mas de raspão, numa colisão denominada oblíqua. Após o choque, as esferas deslocam-se em direções diferentes (Fig. 4).

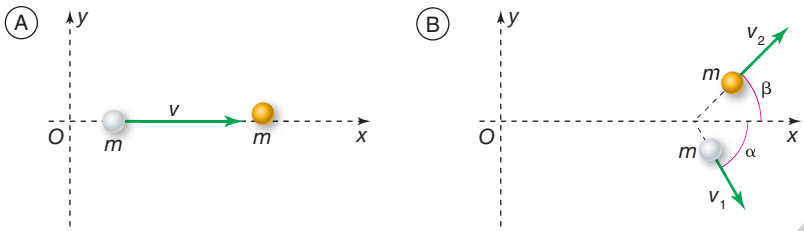


Figura 4 Representação esquemática da colisão não frontal entre duas esferas. (A) Antes do choque; (B) depois do choque.

Foi Isaac Newton (1643-1727) quem formulou de maneira correta e completa a hipótese de Descartes. Ele propôs que a quantidade de movimento de um corpo deveria ser uma grandeza vetorial ($\vec{Q}$), e não uma grandeza escalar. Desse modo, a quantidade de movimento seria dada pelo produto da massa m do corpo pela velocidade vetorial $\vec{v}$. Ou seja:

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

Assim, a quantidade de movimento de um corpo tem a direção e o sentido de sua velocidade vetorial $\vec{v}$ e módulo dado por $Q = m \cdot v$ (Fig. 5).

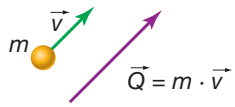


Figura 5 Os vetores $\vec{Q}$ e $\vec{v}$ apresentam mesma direção e mesmo sentido.

A unidade de medida da quantidade de movimento no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o kg · m/s.

A quantidade de movimento de um corpo é também chamada de **momento linear**, termo empregado por Wallis e que é usado até os dias atuais.

Vamos representar as quantidades de movimento antes e depois do choque (Fig. 6), sendo válida a seguinte igualdade vetorial:

$$\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois}$$

Portanto:

$$m \cdot \vec{v} = m \cdot \vec{v}_1 + m \cdot \vec{v}_2$$

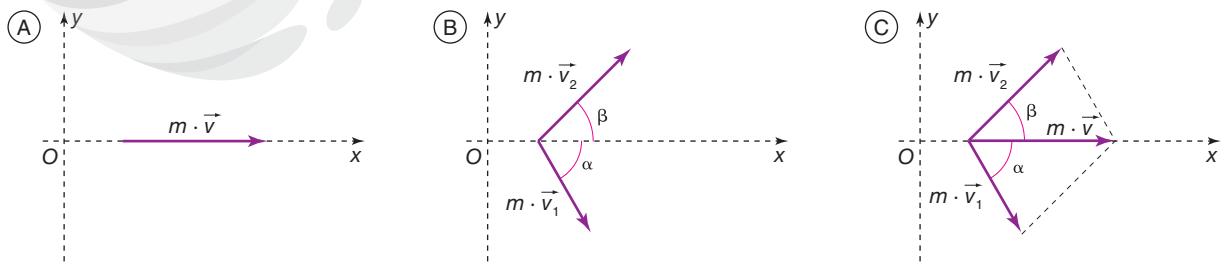


Figura 6 Representação das quantidades de movimento em uma colisão oblíqua entre duas bolas de bilhar. (A) Antes do choque; (B) depois do choque; (C) composição vetorial.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

Ao projetar essa igualdade vetorial na direção dos eixos *Ox* e *Oy*, obtemos duas igualdades escalares.

Projeção no eixo *Ox*: $m \cdot v = m \cdot v_1 \cdot \cos \alpha + m \cdot v_2 \cdot \cos \beta$

Projeção no eixo *Oy*: $O = m \cdot v_2 \cdot \text{sen } \beta - m \cdot v_1 \cdot \text{sen } \alpha$

Podemos também aplicar a conservação da quantidade de movimento no caso de um canhão, de início em repouso e capaz de se mover livremente num plano horizontal, que dispara uma bala horizontalmente. Seja *m* a massa da bala e *M* a massa do canhão, $\vec{v}$ a velocidade com que a bala é lançada e $\vec{V}$ a velocidade de recuo do canhão.

A quantidade de movimento permanece a mesma imediatamente antes e imediatamente depois do disparo. Como o sistema está inicialmente em repouso ($\vec{v}_{\text{sistema}} = \vec{0}$), a quantidade de movimento antes do disparo é nula, o mesmo acontecendo com a quantidade de movimento depois (Fig. 7).

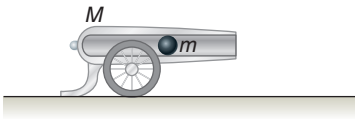


Figura 7 Representação do canhão e da bala em repouso.

Desse modo, a quantidade de movimento da bala para a direita, por exemplo, deve ser anulada pela quantidade de movimento do canhão, que recua para a esquerda (Fig. 8).

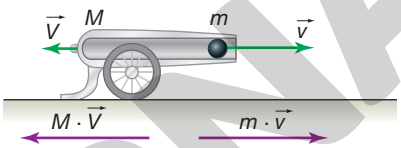


Figura 8 Representação do canhão e da bala logo após o disparo.

Assim, as quantidades de movimento da bala e do canhão têm mesma direção, sentidos opostos e módulos iguais, isto é: $M \cdot V = m \cdot v$

Veja casos semelhantes a seguir.

- Uma patinadora de massa *M* sobre patins, inicialmente em repouso, atira horizontalmente com velocidade $\vec{v}$ uma bola de massa *m*. A patinadora recua com velocidade $\vec{V}$ (Fig. 9).

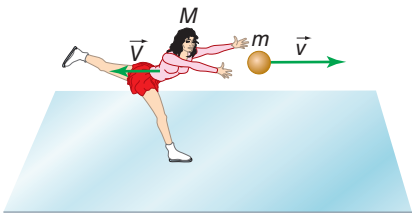


Figura 9 A patinadora e a bola deslocam-se em sentidos opostos.

- Um garoto de massa *M* caminha com velocidade $\vec{V}$ sobre um carrinho de massa *m*, que recua com velocidade $\vec{v}$ (Fig. 10).

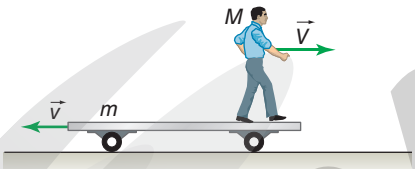


Figura 10 A quantidade de movimento do sistema conserva-se.

- Um barquinho de massa *M* adquire velocidade $\vec{V}$ quando o vapor de massa *m*, produzido pela vaporização da água, é lançado para fora, com velocidade $\vec{v}$ (Fig. 11).

Em qualquer das situações citadas, temos:

$$M \cdot V = m \cdot v$$

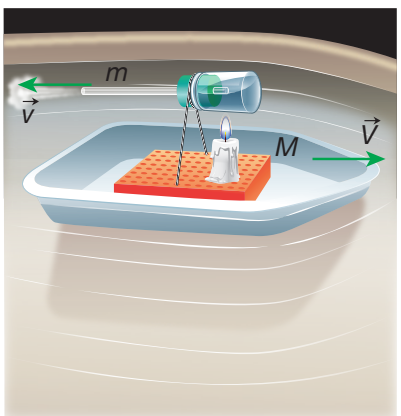


Figura 11 O corpo de maior massa desloca-se com velocidade menor. Sendo $M > m$, resulta $V < v$. (Representação sem escala, cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

NELSON MATSUDA

2. Princípio da conservação da quantidade de movimento

Podemos aplicar o princípio da conservação da quantidade de movimento a qualquer interação entre corpos? A resposta é:

Podemos aplicar o princípio da conservação da quantidade de movimento à interação entre os corpos de um sistema isolado de forças externas.

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

MODERNA

Um sistema de corpos é considerado **isolado de forças externas** quando não atuam sobre ele forças externas, isto é, forças provenientes de corpos não pertencentes a esse sistema.

Entretanto, pode haver forças internas, ou seja, forças que um corpo exerce sobre outro corpo do mesmo sistema. É o caso da força que uma bola de bilhar exerce sobre a outra durante a colisão; podem existir forças externas, mas de resultante nula, ou de intensidades desprezíveis, quando comparadas com as forças internas, como nas colisões e na explosão de uma granada.

Vamos aplicar o princípio da conservação da quantidade de movimento a uma situação na qual os corpos colidem e passam a se mover juntos.

Uma garota lança uma bolinha de argila com velocidade v, que colide frontalmente com outra, inicialmente parada. Ambas possuem a mesma massa m. Após a colisão, as duas aderem uma à outra e passam a se mover juntas. A colisão, nessa situação, é denominada perfeitamente inelástica. Qual será a velocidade das duas bolinhas após a colisão?

Resolução:

Temos a seguinte representação:

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Como todos os vetores têm a mesma direção, podemos aplicar a conservação da quantidade de movimento na forma escalar:

$$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow m \cdot v + m \cdot 0 = m \cdot v' + m \cdot v' \Rightarrow$$
$$\Rightarrow m \cdot v = 2 \cdot m \cdot v' \Rightarrow v' = \frac{v}{2}$$

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Em fevereiro de 2013, um meteorito de 11 mil toneladas atingiu uma região próxima à cidade de Chelyabinsk, na Rússia, a uma velocidade constante de 19 km/s. A quantidade de energia liberada por esse impacto resultou em danos materiais e deixou muitas pessoas feridas. Determine a quantidade de movimento do meteorito imediatamente antes da colisão com a superfície terrestre. Agora, supondo que a colisão do meteorito fosse totalmente inelástica, ou seja, que não ocorresse fragmentação, o impacto causaria uma mudança significativa na velocidade da Terra? Adote a massa da Terra como $5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Uma bola de massa $m = 400$ g possui, num certo instante, velocidade horizontal, sentido da esquerda para a direita e intensidade $v = 20$ m/s. Dê as características (direção, sentido e intensidade) da quantidade de movimento $\vec{Q}$ da bola, nesse instante.

2. Considere uma estudante, com massa de 50 kg, em repouso no solo sobre um *skate* de massa 10 kg. A estudante, que utiliza todos os equipamentos de segurança, salta para a frente com velocidade horizontal de 1 m/s em relação ao solo. Depois que ela saltar, o *skate* vai permanecer em repouso ou vai se movimentar? Caso ele se movimente, em que sentido será esse movimento e qual será o módulo de sua velocidade em relação ao solo?

3. Impulso de uma força e variação da quantidade de movimento

Quando corpos interagem, um exerce força sobre o outro, provocando variações em suas velocidades e, consequentemente, em suas quantidades de movimento.

A variação da quantidade de movimento sofrida por um corpo, indicada por $\Delta\vec{Q} = m \cdot \Delta\vec{v}$, depende da força resultante $\vec{F}$ atuante no corpo e do intervalo de tempo Δt durante o qual a força age.

A relação entre a força resultante $\vec{F}$, suposta constante, e a variação da quantidade de movimento $\Delta\vec{Q}$ pode ser obtida com base na segunda lei de Newton: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Sabemos que: $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

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

MODERNA

Então: $\vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$

Portanto:

$$\Delta \vec{Q} = m \cdot \Delta \vec{v} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Por essa relação, podemos concluir que, quanto mais intensa for a força, menor será o intervalo de tempo necessário para produzir certa variação na quantidade de movimento. Reciprocamente, quanto menos intensa for a força, maior deverá ser o intervalo de tempo necessário para que ocorra a mesma variação da quantidade de movimento.

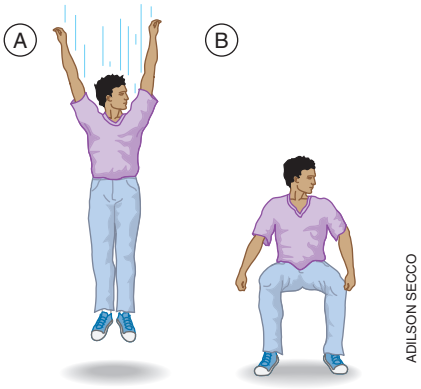
Essa conclusão é válida para uma força $\vec{F}$ constante ou para um intervalo de tempo Δt extremamente pequeno.

Se a força tiver intensidade variável, como a força de impacto dos exemplos a seguir, utilizaremos o conceito de **força média**, isto é, para uma força constante que produz, no intervalo de tempo Δt, o mesmo efeito da força variável.

Imagine um carro de corrida colidindo com um muro de concreto. A força de impacto é extremamente intensa, e o intervalo de tempo de impacto é pequeno. Se o muro estiver protegido por uma barreira de pneus, o intervalo de tempo de impacto será maior e, consequentemente, a intensidade da força de impacto diminuirá para a mesma variação da quantidade de movimento.

Verifica-se uma situação semelhante quando um carro colide frontalmente. O motorista é jogado contra o para-brisa. A existência do *air bag* aumenta o intervalo de tempo de impacto e diminui a intensidade da força de impacto.

Ao pular até certa altura, não mantemos as pernas estendidas quando atingimos o solo, mas as flexionamos durante a colisão, para aumentar o intervalo de tempo de contato com o solo e diminuir a intensidade da força de impacto (Fig. 12).



ADILSON SECCO

Figura 12 (A) Durante o pulo; (B) impacto com o solo.

Você já deve ter observado lutadores de caratê quebrando uma tábua grossa ou uma pilha de tijolos com um golpe rápido. Como o intervalo de tempo em que ocorre o golpe é extremamente pequeno, a força de impacto é muito intensa (Fig. 13).

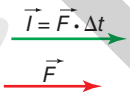
SCORE/AFLO/GETTY IMAGES

Figura 13 Lutador de caratê quebrando uma pilha de placas de concreto.

A grandeza vetorial $\vec{F} \cdot \Delta t$ é indicada por $\vec{I}$ e recebe o nome de **impulso da força $\vec{F}$**, constante, durante o intervalo de tempo Δt. Ou seja:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

A direção e o sentido do impulso $\vec{I}$ são os mesmos da força $\vec{F}$. No SI, a unidade de medida do módulo do impulso é o N · s.



Assim, podemos escrever: $\Delta \vec{Q} = \vec{I}$

Ou seja:

A variação da quantidade de movimento de um corpo em certo intervalo de tempo é igual ao impulso da força resultante nesse mesmo intervalo de tempo.

Essa conclusão constitui o **teorema do impulso**, que tem validade geral, ou seja, é válido para qualquer tipo de interação. Note que, no SI, o kg · m/s é equivalente a N · s, ou seja: 1 kg · m/s = 1 N · s

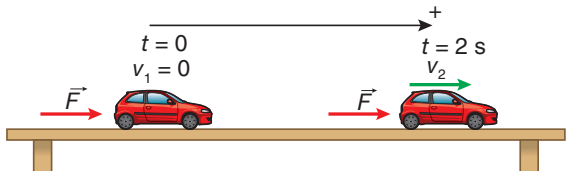
Para aplicar os conceitos estudados até aqui, considere a situação a seguir.

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

Um carrinho de massa 0,5 kg, inicialmente em repouso numa mesa, é submetido à ação de uma força horizontal constante de intensidade 2 N. Vamos calcular a velocidade que o carrinho adquire 2 s após a aplicação da força.

Resolução:

Temos a seguinte representação:



Como todos os vetores têm a mesma direção, podemos aplicar o teorema do impulso, trabalhando com uma igualdade escalar:

$$\Delta Q = I \Rightarrow m \cdot v_2 - m \cdot v_1 = F \cdot \Delta t \Rightarrow 0{,}5 \cdot v_2 - 0{,}5 \cdot 0 = 2 \cdot 2$$

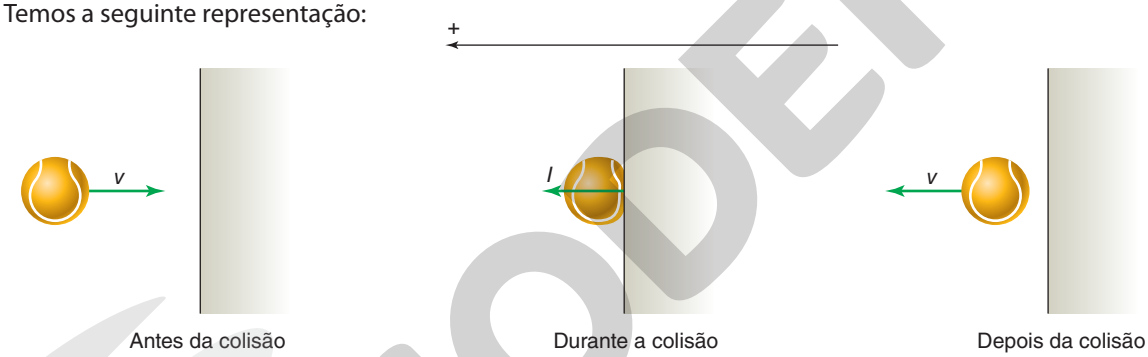
$$\therefore v_2 = 8 \text{ m/s}$$

No caso a seguir, o impulso da força provoca inversão no sentido da velocidade.

Uma bola de tênis de massa *m* colide com uma parede. Imediatamente antes e imediatamente depois da colisão, a velocidade da bola é perpendicular à parede e tem o mesmo módulo *v* (colisão perfeitamente elástica). Vamos determinar o módulo do impulso da força que a parede exerce sobre a bola.

Resolução:

Temos a seguinte representação:



Como todos os vetores têm a mesma direção, podemos aplicar o teorema do impulso na forma escalar:

$$\Delta Q = I \Rightarrow m \cdot v_2 - m \cdot v_1 = I \Rightarrow m \cdot v - m \cdot (-v) = I \Rightarrow I = 2 \cdot m \cdot v$$

Gráfico $F \times t$

Na figura ao lado, temos o gráfico da intensidade da força constante $\vec{F}$, que age num corpo, em função do tempo *t* (Fig. 14).

A área *A* do retângulo formado, entre os instantes t_1 e t_2, é dada por:

$$A = \text{altura} \times \text{base} = F \cdot (t_2 - t_1) = F \cdot \Delta t$$

Concluímos, então, que a área *A* é numericamente igual à intensidade do impulso da força $\vec{F}$, no intervalo de tempo Δt:

$$I \overset{N}{=} A$$

A propriedade apresentada será válida mesmo se a força $\vec{F}$ for variável em intensidade e tiver direção constante.

No exemplo a seguir, determinamos a intensidade da força constante que produz o mesmo impulso de uma força variável, num intervalo de tempo Δt. Como vimos, essa força constante é denominada **força média**.

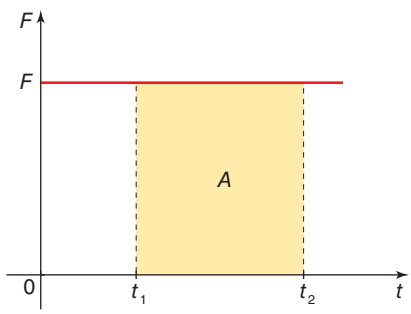


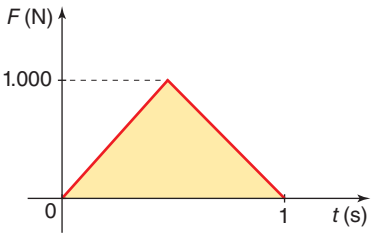
Figura 14 Gráfico $F \times t$ para $\vec{F}$ constante.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

Num teste de segurança, a intensidade da força de impacto que age no corpo de um boneco, colocado no lugar de um motorista durante uma colisão, varia com o tempo, conforme mostra o gráfico ao lado. Determine a intensidade da força média que produz o mesmo impulso no intervalo de tempo que durou a colisão.



Resolução:

A área do triângulo é numericamente igual à intensidade do impulso da força variável, no intervalo de tempo $\Delta t = 1$ s. Então:

$$I = \frac{\text{base} \times \text{altura}}{2} \Rightarrow I = \frac{1 \cdot 1.000}{2} \Rightarrow I = 500$$

Logo, a intensidade do impulso é 500 N · s.

A força média (constante) tem intensidade F dada por:

$$I = F \cdot \Delta t \quad \Rightarrow \quad 500 = F \cdot 1 \quad \therefore \; F = 500 \text{ N}$$

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

3. Os estudantes Raphael e Pedro estavam discutindo a respeito da intensidade da força necessária para que um corpo, partindo do repouso, adquirisse uma certa quantidade de movimento. Raphael afirmou que a força poderia ser muito intensa, agindo num curto intervalo de tempo. Pedro, por sua vez, disse que a força poderia ter pequena intensidade, mas deveria agir num longo intervalo de tempo. Podemos afirmar que:

a) somente Raphael argumentou corretamente.

b) somente Pedro argumentou corretamente.

c) ambos argumentaram corretamente.

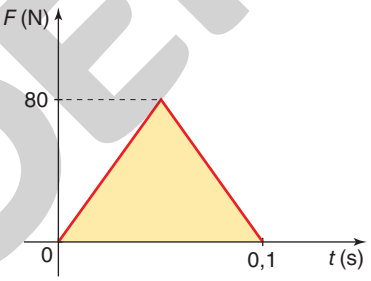
d) ambos utilizaram argumentos errados.

4. Na cobrança de uma falta, um jogador de futebol dá um chute em uma bola de massa 0,5 kg. Imediatamente após o chute, a bola adquire uma velocidade cujo módulo é 30 m/s.

a) Determine o módulo do impulso que o pé do jogador aplica sobre a bola.

b) Sendo a intensidade da força média que o pé do jogador aplica sobre a bola $1{,}5 \cdot 10^3$ N, determine o intervalo de tempo de interação do pé com a bola.

5. Uma bola é abandonada de certa altura e colide com o solo. A intensidade da força que o solo aplica na bola, em função do tempo, durante a colisão está representada no gráfico abaixo.



Determine a intensidade:

a) do impulso da força que o solo aplica na bola;

b) da força média que o solo aplica na bola.

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Air bag

Para evitar que o motorista e o passageiro do banco da frente sejam projetados contra o para-brisa numa colisão frontal, muitos carros são equipados com *air bags*: bolsas infláveis instaladas no volante e no painel de instrumentos, acima do porta-luvas. As bolsas inflam quando o carro sofre desaceleração brusca, detectada por sensores eletrônicos. Estes enviam um sinal para uma unidade de controle, que ativa um explosivo, provocando reações químicas. Nessas reações, determinado volume de gás nitrogênio (N_2) é liberado, inflando os *air bags* rápida e simultaneamente.

A mistura responsável pelas reações químicas é constituída por nitreto de sódio (NaN_3), também conhecido como azoteto de sódio ou azida sódica, por nitrato de potássio (KNO_3) e por dióxido de silício (SiO_2).

Com a detonação do explosivo, deflagra-se a seguinte reação química:

$$2\ NaN_3 \longrightarrow 2\ Na + 3\ N_2$$

Nessa reação, 130 g de NaN_3 produzem 67 L de N_2.

O sódio, produto altamente reativo da reação anterior, reage com o nitrato de potássio, gerando mais nitrogênio.

$$10\ Na + 2\ KNO_3 \longrightarrow K_2O + 5\ Na_2O + N_2$$

O óxido de potássio (K_2O) e o óxido de sódio (Na_2O) reagem com o dióxido de silício (SiO_2), formando um silicato alcalino, que é um composto estável e não inflamável.

$$K_2O + Na_2O + SiO_2 \longrightarrow \text{silicato alcalino}$$

Ao serem preenchidos pelo gás nitrogênio, os *air bags* rompem as capas protetoras existentes no volante e no painel, dando passagem às bolsas infladas.

Explique, utilizando os conceitos de força e impulso, como um *air bag* protege o ocupante de um automóvel no caso de uma colisão frontal.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

4. Coeficiente de restituição

Consideremos a colisão frontal entre dois corpos, *A* e *B*, de massas m_A e m_B, respectivamente. Vamos representar esquematicamente os corpos imediatamente antes e imediatamente depois da colisão (Fig. 15). Observe que, antes da colisão, *A* se aproxima de *B* e, depois da colisão, *B* se afasta de *A*.

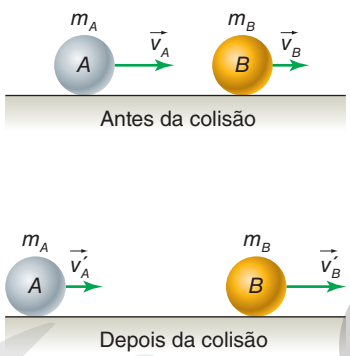
Para levar em conta as propriedades elásticas dos materiais que constituem os corpos que colidem, define-se uma grandeza adimensional, denominada **coeficiente de restituição *e***, como a relação entre a velocidade relativa de afastamento dos corpos e a velocidade relativa de aproximação dos corpos.

$$e = \frac{\text{velocidade relativa de afastamento}}{\text{velocidade relativa de aproximação}}$$

A velocidade relativa é obtida subtraindo-se os valores das velocidades, se os corpos estão se deslocando no mesmo sentido. Entretanto, se os corpos estão se deslocando em sentidos opostos, a velocidade relativa entre eles é a soma dos valores das velocidades.

Essas velocidades relativas são sempre consideradas em módulo. Para o caso indicado na figura 15, temos:

$$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B}$$



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 15 Antes da colisão, ocorre uma aproximação entre os corpos e, após a colisão, um afastamento.

Se $e = 1$, a colisão é chamada de **choque perfeitamente elástico**. Nesse caso, a velocidade relativa de afastamento é igual à velocidade relativa de aproximação. O primeiro exemplo deste capítulo (Fig. 1) é um caso de colisão elástica. Naquele exemplo, uma bola de bilhar desloca-se com velocidade *v* e colide frontalmente com outra inicialmente parada. A primeira para e a outra adquire velocidade *v*. Observe que a velocidade relativa depois do choque é *v*, o mesmo acontecendo com a velocidade relativa antes do choque.

Se $e = 0$, a colisão é chamada de **choque perfeitamente inelástico**. Nesse caso, a velocidade relativa de afastamento é nula, isto é, $v'_B = v'_A$: os corpos passam a se mover juntos.

Se $0 < e < 1$, a colisão é denominada **choque parcialmente elástico**. Nesse caso, a velocidade relativa de afastamento é menor do que a velocidade relativa de aproximação.

Conhecendo as massas, m_A e m_B, as velocidades antes da colisão, v_A e v_B, e o coeficiente de restituição *e*, podemos determinar as velocidades imediatamente depois da colisão, v'_B e v'_A. Para isso, devemos aplicar a conservação da quantidade de movimento e a definição de coeficiente de restituição, sempre observando o sentido e a direção dos vetores. No caso da figura 15, teríamos:

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B \quad (1)$$

$$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} \quad (2)$$

Vamos aplicar essas considerações no exemplo apresentado a seguir.

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

MODERNA

Considere uma colisão frontal e perfeitamente elástica entre duas esferas, *A* e *B*, de massas iguais. Despreze a resistência do ar e a rotação das esferas. Vamos provar que após o choque ocorre troca de velocidades, isto é, a esfera *A* adquire a velocidade da esfera *B* e esta, a de *A*.

Resolução:

Sendo $m_A = m_B$, de (1) resulta:

$$v_A + v_B = v'_A + v'_B \qquad (3)$$

A colisão é perfeitamente elástica, isto é, $e = 1$. De (2), podemos escrever:

$$v_A - v_B = v'_B - v'_A \qquad (4)$$

Somando, membro a membro, as equações (3) e (4), obtemos:

$$2v_A = 2v'_B \quad \Rightarrow \quad v'_B = v_A$$

De (3):

$$v_A + v_B = v'_A + v_A \quad \Rightarrow \quad v'_A = v_B$$

Se a esfera *B* estivesse, antes da colisão, parada ($v_B = 0$), teríamos:

$$v'_A = 0 \quad \text{e} \quad v'_B = v_A$$

Note que a esfera *A* pararia e a *B* prosseguiria com a velocidade de *A*.

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Neste experimento você vai medir o coeficiente de restituição usando diferentes materiais. Para isso, vai precisar de:

- uma bolinha de tênis;
- uma bolinha feita com massa de modelar ou massa de vidraceiro;
- uma trena ou uma fita métrica.

Solte cada uma das bolinhas de certa altura *H*; por exemplo, $H = 2$ m. Após o primeiro choque com o solo, determine a correspondente altura máxima *h* que cada bolinha atinge.

O coeficiente de restituição depende das propriedades elásticas dos materiais que constituem os corpos que colidem, no caso, a bolinha de tênis e o solo e a bolinha feita de massa de modelar e o solo; nesse experimento, o coeficiente de restituição pode ser determinado pela relação: $e = \sqrt{\frac{h}{H}}$

Dica: Para medir a altura *h*, você pode marcar em uma parede uma escala que considere conveniente e seu colega pode estimar o valor aproximado da altura que a bolinha atinge. Para facilitar a obtenção das medidas, filme o experimento e, em seguida, com o auxílio da função *pause*, estime essa altura.

Determine o coeficiente de restituição referente a cada um dos choques na experiência que você realizou.

Classifique cada um dos choques em: perfeitamente elástico ($h = H$), perfeitamente inelástico ($h = 0$) ou parcialmente elástico ($0 < h < H$).

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

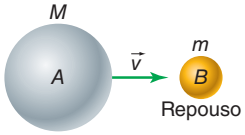
6. Duas esferas, *A* e *B*, de massas $m_A = 0{,}1$ kg e $m_B = 0{,}3$ kg, deslocam-se na mesma reta, num mesmo sentido, e em dado instante realizam um choque frontal. As esferas *A* e *B* possuem imediatamente antes da colisão as velocidades $v_A = 2$ m/s e $v_B = 1$ m/s. Determine as velocidades das esferas imediatamente depois da colisão, nos seguintes casos:

a) o choque é perfeitamente elástico ($e = 1$);

b) o choque é perfeitamente inelástico ($e = 0$);

c) o choque é parcialmente elástico ($e = 0{,}6$).

7. Uma esfera *A* de massa *M*, deslocando-se com velocidade de módulo *v*, colide frontalmente com outra esfera *B* de massa *m*, inicialmente em repouso. A colisão é perfeitamente elástica. A massa da esfera *A* é muito maior do que a massa da esfera *B*. Qual é o módulo da velocidade adquirida por *B* imediatamente depois da colisão?



ADILSON SECCO

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

MODERNA

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Um auxiliar de supermercado tem por função recolher os carrinhos de compra deixados junto aos caixas e dispô-los, encaixados um no outro, na entrada da loja. Cada carrinho vazio tem massa de 15 kg. Se o rapaz empurrar um carrinho vazio abandonando-o com velocidade de 3 m/s e este se juntar a dois outros carrinhos encaixados e em repouso, qual será a velocidade adquirida pelo conjunto dos três carrinhos?

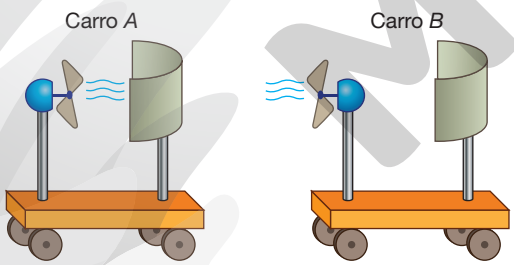
2. Uma bola de massa 200 g move-se com velocidade de 20 m/s quando se choca perpendicularmente com uma parede. Após a colisão, a bola retorna com velocidade de 20 m/s no sentido oposto ao do movimento inicial. Determine:

a) o módulo da variação da quantidade de movimento sofrida pela bola;

b) a intensidade da força média sobre a bola, sabendo que a colisão durou 0,01 s.

3. (Enem) Em desenhos animados é comum vermos a personagem tentando impulsionar um barco soprando ar contra a vela para compensar a falta de vento. Algumas vezes usam o próprio fôlego, foles ou ventiladores. Estudantes de um laboratório didático resolveram investigar essa possibilidade. Para isso, usaram dois pequenos carros de plástico, *A* e *B*, instalaram sobre estes pequenas ventoinhas e fixaram verticalmente uma cartolina de curvatura parabólica para desempenhar uma função análoga à vela de um barco. No carro *B* inverteu-se o sentido da ventoinha e manteve-se a vela, a fim de manter as características do barco, massa e formato da cartolina. As figuras representam os carros produzidos. A montagem do carro **A** busca simular a situação dos desenhos animados, pois a ventoinha está direcionada para a vela.

3. b



NELSON MATSUDA

Com os carros orientados de acordo com as figuras, os estudantes ligaram as ventoinhas, aguardaram o fluxo de ar ficar permanente e determinaram os módulos das velocidades médias dos carros *A* (V_A) e *B* (V_B) para o mesmo intervalo de tempo.

A respeito das intensidades das velocidades médias e do sentido de movimento do carro **A**, os estudantes observaram que:

a) $V_A = 0$; $V_B > 0$; o carro **A** não se move.

b) $0 < V_A < V_B$; o carro **A** se move para a direita.

c) $0 < V_A < V_B$; o carro **A** se move para a esquerda.

d) $0 < V_B < V_A$; o carro **A** se move para a direita.

e) $0 < V_B < V_A$; o carro **A** se move para a esquerda.

4. A fotografia a seguir mostra um teste de colisão entre dois carros com a finalidade de melhorar a segurança dos ocupantes do veículo.

TORU YAMANAKA/AFP/GETTY IMAGES

Suponha que, em um teste de colisão, um dos carros, de massa 900 kg e com velocidade de 72 km/h, colide com outro de massa 1 tonelada, que estava parado. Considere a colisão perfeitamente inelástica e o fato de que a força que deforma os carros atua durante o intervalo de tempo de 0,1 s. Determine:

a) a velocidade dos carros imediatamente após a colisão;

b) a intensidade do impulso que atuou em cada carro durante a colisão;

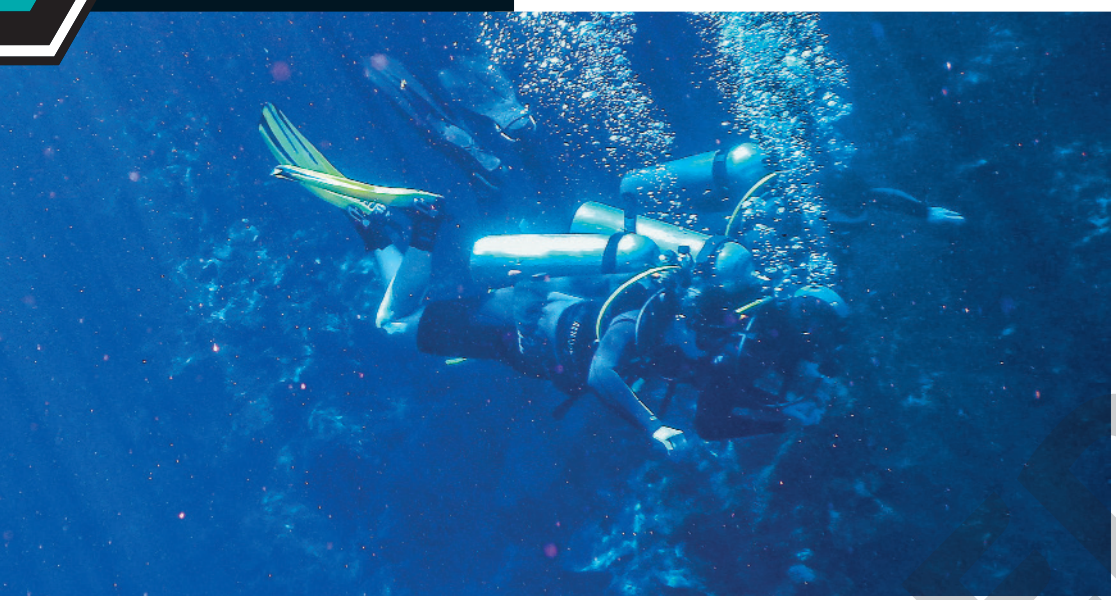
c) a intensidade da força média que deformou os carros.

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

MODELO

CAPÍTULO 12

GASES



THIAGO SANTOS/ALAMY/FOTOARENA

Mergulhar exige conhecimento tanto sobre o ambiente aquático como sobre a fisiologia do corpo humano.

A superfície do planeta Terra é coberta por 70% de água, sendo 97% desse volume composto de água salgada. Não é difícil entender, portanto, a curiosidade que os oceanos provocam, seja porque ainda há muito a estudar sobre seus ambientes, seja pela relação histórica entre o mar e a humanidade.

Navegações exploratórias, migratórias e comerciais serviram tanto para unir povos como para colocá-los em conflito. Os oceanos são cenário de famosas histórias, reais ou fictícias. O mar também é fonte de lazer, de práticas esportivas e de encantamento diante da beleza, das variações entre azul e verde de suas águas e das características desse enorme ecossistema.

O ecoturismo é uma atividade que tem como objetivo colocar as pessoas em contato com a natureza e ajudar na conservação dos ambientes naturais, por meio da conscientização e da educação ambiental. O mergulho, que pode ser feito com ou sem aparatos especiais, é uma atividade que pode ser classificada como ecoturismo desde que seja realizada de acordo com as regras e limites de cada local, já que oferece a seus praticantes a possibilidade de contemplar ambientes submersos e observar a dinâmica da vida subaquática. É importante ressaltar, porém, que a prática do mergulho requer a consciência de que o corpo humano não é adaptado ao ambiente subaquático; portanto, são necessários cuidados especiais para explorá-lo, sobretudo no que se refere à respiração.

Quando praticamos mergulho livre em apneia, nossa oxigenação está limitada à quantidade de ar que conseguimos reter em nossos pulmões e ao período de tempo que conseguimos prender a respiração. Máscaras que tenham um tubo de auxílio para a respiração (*snorkel*) aumentam o tempo de mergulho dentro da água, mas não permitem mergulhar em profundidade.

Diferentes aparatos já foram usados na história do mergulho, como câmaras submersíveis, sinos de mergulho e capacetes. Atualmente, uma das formas de mergulho que oferecem maior autonomia é a que emprega um conjunto de equipamentos conhecidos como *scuba* (do inglês *self-contained underwater breathing apparatus*, que significa equipamento autônomo para respiração subaquática). O mergulhador carrega um cilindro de ar comprimido acoplado a um regulador que controla a pressão do ar. A mistura de gases utilizada é determinada de acordo com a profundidade e o tempo de mergulho. Durante a subida, quando a pressão externa diminui,

De olho na BNCC:

- EM13CNT102
- EM13CNT205
- EM13CNT301
- EM13CNT303
- EM13CNT306
- EM13CNT307
- EM13CHS201
- EM13MAT101
- EM13MAT313
- EM13MAT510

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

SEM MODERNA

o mergulhador precisa controlar a descompressão dos gases acumulados no corpo, evitando danos aos órgãos, às articulações, à corrente sanguínea e ao sistema nervoso.

O estudo dos gases pode ajudar a compreender os efeitos da alta pressão sobre o corpo do mergulhador, a capacidade de mergulhar até grandes profundidades e as implicações físicas em ambientes de alta ou baixa pressão. Neste capítulo, vamos aprofundar os conhecimentos sobre o comportamento e as transformações dos gases, definir o que são gases ideais, suas variáveis de estado e enunciar a lei geral dos gases.

1. Comportamento térmico dos gases

Os gases não têm forma nem volume próprios, portanto, quando acondicionados em determinado recipiente, ocupam todo o volume desse recipiente e assumem sua forma interna. Os gases são extremamente **expansíveis** e **compressíveis**, isto é, o volume de um gás pode variar com as oscilações de pressão e de temperatura a que é submetido.

A fim de facilitar o estudo do comportamento dos gases, criou-se um modelo simplificado, denominado **gás perfeito** ou **gás ideal**. Praticamente todos os gases reais, como nitrogênio, oxigênio, hidrogênio, metano e até mesmo uma mistura deles, como o ar, têm comportamentos muito próximos desse modelo em baixas densidades, isto é, quando submetidos a baixas pressões e altas temperaturas. Esse modelo é fundamentado em certas hipóteses, apresentadas a seguir, que são a base da teoria cinética dos gases.

- As partículas que constituem o gás ideal são átomos ou moléculas considerados pontos materiais, isto é, sem dimensões apreciáveis, razão pela qual ocupam todo o volume do recipiente e todas com a mesma massa.
- As partículas que constituem o gás ideal têm movimentos caóticos, regidos pelas leis da mecânica newtoniana.
- As partículas que constituem o gás ideal interagem apenas durante as colisões de curtíssima duração entre as próprias partículas e entre elas e as paredes do recipiente. Essas colisões são consideradas perfeitamente elásticas, isto é, a energia cinética total é constante.

Como consequência da primeira hipótese, o volume ocupado pelo gás é o volume do recipiente e, não havendo interações moleculares além das colisões elásticas, o sistema denominado gás ideal estará sempre no estado gasoso, independentemente de sua temperatura ou pressão.

2. Mol, quantidade de matéria e massa molar

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a grandeza **quantidade de matéria** é representada por ***n***. Para a melhor compreensão do significado físico dessa grandeza, é necessário conceituar **mol** e **massa molar**.

Em 20 de maio de 2019, o **mol** foi oficialmente definido como uma constante cujo valor é $6{,}02214076 \cdot 10^{23}$. Essa constante foi chamada de **constante** ou **número de Avogadro** (N_A) em homenagem ao físico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856). Em geral, para cálculos simples, adota-se $N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}$.

Assim, **um mol** de moléculas corresponde a $6{,}022 \cdot 10^{23}$ moléculas; **um mol** de grãos de areia corresponde a $6{,}022 \cdot 10^{23}$ grãos de areia; **um mol** de milímetros corresponde a $6{,}022 \cdot 10^{23}$ milímetros etc. Portanto, **um mol** define uma quantidade de $6{,}022 \cdot 10^{23}$ elementos de dado conjunto, independentemente da natureza desses elementos. O mol, portanto, é uma grandeza **adimensional**.

A massa correspondente a um mol de determinada amostra é denominada **massa molar** ($\mathcal{M}$) dessa amostra e é medida em g/mol. Sendo ***n*** a quantidade de matéria de um gás ideal e ***m*** a sua massa, medida em g, podemos relacionar essas três grandezas da seguinte forma:

$$n = \frac{m}{\mathcal{M}}$$

A seguir, vamos analisar uma aplicação interessante do conceito de mol.

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

MODERNA

Considere verdadeiras as duas afirmações a seguir.

I) Uma colher de sopa contém 18 g de água (1 mol de H_2O), aproximadamente.

II) O volume total de água nos oceanos da Terra é cerca de $12{,}6 \cdot 10^{23}$ cm^3.

Com base nessas informações, avalie se a afirmação a seguir é verdadeira ou falsa. "Há mais moléculas de água em uma colher de sopa cheia de água do que colheres de sopa de água nos oceanos da Terra!"

Resolução:

Dezoito gramas de água são exatamente 1 mol de H_2O; portanto, temos $N = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ moléculas em 1 colher de sopa cheia de água.

Como para a água 1 cm^3 corresponde a 1 g, em $12{,}6 \cdot 10^{23}$ cm^3, temos $12{,}6 \cdot 10^{23}$ g de H_2O.

Assim:

$$18 \text{ g de } H_2O \text{ ——— } 1 \text{ colher (1 mol)}$$
$$12{,}6 \times 10^{23} \text{ g de } H_2O \text{ ——— } x$$

$$\therefore x = \frac{12{,}6 \times 10^{23} \text{ g de } H_2O}{18 \text{ g de } H_2O} \text{ colheres} \Rightarrow x = 7{,}0 \cdot 10^{22},$$

isto é, temos $7{,}0 \cdot 10^{22}$ colheres de H_2O nos oceanos

Desse resultado, vemos que $N = 8{,}6 \cdot x$. Portanto, a afirmação é verdadeira.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. 1. e Um mol é "muita coisa"! Uma distância equivalente a um mol de milímetros é uma distância cujo valor é próximo do valor:

a) da distância da Terra à Lua ($\simeq$ 400.000 km);

b) da distância da Terra ao Sol ($\simeq 150 \cdot 10^6$ km);

c) de 1 ano-luz ($\simeq$ dez trilhões de km $= 10^{13}$ km);

d) de 4.200 anos-luz (estrela mais próxima da Terra fora do Sistema Solar);

e) de 60.000 anos-luz (pouco mais de $\frac{1}{3}$ do diâmetro médio da Via Láctea).

3. Variáveis de estado de um gás

Damos o nome de **variáveis de estado** do sistema a um determinado conjunto de grandezas macroscópicas que caracterizam uma condição de equilíbrio de um sistema de átomos e moléculas. Cada conjunto de valores assumidos por essas variáveis caracteriza um estado desse sistema. Se o sistema considerado é um gás ideal, as variáveis de estado adotadas e que determinam o estado do sistema, geralmente, são a **pressão** (***p***), o **volume** (***V***), a **temperatura** (***T***) e a **quantidade de matéria** (***n***) do sistema. Há outras variáveis de estado, como a **densidade** (***d***) e a **energia interna** (***U***).

Dizemos que o gás está no **estado normal** quando sua temperatura ***T*** for 0 °C (ou 273 K) e sua pressão ***p*** for 1 atm (ou 760 mmHg). Esses valores de temperatura e pressão costumam ser chamados, respectivamente, de **temperatura normal** e **pressão normal** ou **TPN** (**T**emperatura e **P**ressão **N**ormais). Para indicar o estado normal, é comum usar a sigla **CNTP**, que significa **C**ondições **N**ormais de **T**emperatura e **P**ressão.

4. Equação de estado de um gás perfeito

A relação entre a quantidade de um gás ideal, representada pela quantidade de matéria ***n***, e as variáveis de estado pressão (***p***), volume (***V***) e temperatura absoluta (***T***) é denominada **equação de estado** do gás, também conhecida como **equação de Clapeyron**, em homenagem ao físico francês Benoît Paul-Émile Clapeyron (1799-1864). Matematicamente, a equação pode ser expressa como:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \text{ ou } p \cdot V = \frac{m}{\mathcal{M}} \cdot R \cdot T$$

MODERNA

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

sendo $R = 8{,}2057 \times 10^{-2} \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 8{,}3144 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$, que é a constante universal dos gases ideais cujo valor é usualmente aproximado para 0,082 $\frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$ ou 8,31 $\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$.

Acompanhe a seguir uma aplicação da equação de Clapeyron.

Qual é o volume ocupado por **um mol** de um gás ideal, em **CNTP**? Esse volume é denominado **volume molar** ($V_{\mathcal{M}}$) do gás em CNTP.

Resolução:

Em CNTP, temos $p = 1$ atm e $T = 0\ °C = 273{,}15$ K. Substituindo esses valores na equação de Clapeyron, temos:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow 1 \cdot V_{\mathcal{M}} = 1 \cdot 8{,}2057 \cdot 10^{-2} \cdot 273{,}15 \ \therefore \ V_{\mathcal{M}} = 22{,}414 \text{ L}.$$

Esse valor **independe** da natureza do gás ideal e, nos cálculos, costuma ser aproximado para 22,4 L.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

2. Três mols de hidrogênio, considerado um gás ideal, estão contidos em um recipiente com 4,1 litros de volume, à temperatura de 127 °C. Sendo $R = 0{,}082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ a constante universal dos gases perfeitos e $6{,}02 \cdot 10^{23}$ o número de Avogadro, determine:

a) a pressão exercida pelo hidrogênio nessas condições;

b) a massa de hidrogênio dentro do recipiente, sendo $\mathcal{M} = 2$ g/mol a massa molar do hidrogênio;

c) o número de moléculas de hidrogênio no recipiente.

3. Considere que, ao inspirar, um quarto de mol de ar entre nos pulmões de um adulto à pressão de 1 atm e a 37 °C. Considerando $R = 0{,}082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ e o ar um gás ideal, o volume pulmonar total dessa pessoa tem valor mais próximo de:

3. e

a) 2,5 L.

b) 3,5 L.

c) 4,5 L.

d) 5,5 L.

e) 6,5 L.

5. Lei geral dos gases perfeitos

Considere que n mols de um gás perfeito estejam num estado inicial caracterizado pelos valores V_1, p_1 e T_1 das variáveis de estado. Aplicando a equação de estado, temos:

$$p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1 \quad (1)$$

Alterando os valores das variáveis de estado para V_2, p_2 e T_2, o gás passa para um novo estado descrito pela equação:

$$p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \quad (2)$$

Dividindo as igualdades (1) e (2) entre si, temos: $\frac{p_1 \cdot V_1}{p_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ou $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$

Essa equação, que relaciona dois estados quaisquer de dada quantidade de gás, representa a **lei geral dos gases perfeitos**.

O exemplo a seguir ajudará a fixar alguns dos conceitos estudados até aqui.

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

MODERNA

Sabemos que, em CNTP, um mol de um gás perfeito ocupa um volume de 22,4 L (volume molar). Assim, mantida a pressão, qual será o volume ocupado por um mol de gás perfeito à temperatura de 27 °C?

Resolução:

Usando a equação geral dos gases.

Como a pressão é mantida constante, $p_1 = p_2 = p$, temos:

$$\frac{p \cdot V_1}{T_1} = \frac{p \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{22{,}4\ \text{L}}{273\ \text{K}} = \frac{V_2}{300\ \text{K}} \Rightarrow V_2 \simeq 24{,}62\ \text{L}$$

Usando a equação de Clapeyron.

Pela aplicação da equação de Clapeyron ao estado final do gás com $p_2 = 1$ atm e $T_2 = 300$ K, temos:

$$p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \Rightarrow 1\ \text{atm} \cdot V_2 = 1\ \text{mol} \cdot 0{,}082\ \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 300\ \text{K} \Rightarrow V_2 = 24{,}6\ \text{L}$$

A equação de Clapeyron, $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$, pode ser escrita na forma $\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = R$, indicando que o quociente $\frac{p \cdot V}{n \cdot T}$ é uma constante universal, independentemente da natureza do gás. Assim, quando comparamos diferentes conjuntos de variáveis de estado de uma mesma massa gasosa ou de massas gasosas distintas, a equação geral dos gases perfeitos pode ser escrita na forma:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} = \ldots = R$$

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

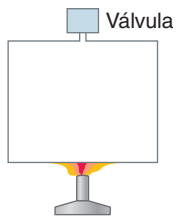
4. Um motorista calibrou os pneus de um automóvel em 30 libras-força/polegada², quando a temperatura ambiente estava em 27 °C. Medindo a pressão nos pneus após ter percorrido certa distância, o motorista encontrou o valor de 33 libras-força/polegada². Admitindo que o ar se comporte como gás perfeito e que o volume interno dos pneus tenha aumentado em 5%, a temperatura atingida por eles, após o percurso, foi de:

4. e

a) 18,7 °C. **b)** 31,2 °C. **c)** 46,3 °C. **d)** 58,2 °C. **e)** 73,5 °C.

5. O esquema ao lado representa um recipiente, com válvula, sendo aquecido. Esse recipiente, de volume 5 litros, praticamente indilatável e indeformável, contém, inicialmente, n mols de um gás perfeito a 27 °C. Aquecendo o sistema a uma temperatura θ (°C), a válvula se abre, permitindo o escape de 25% da massa do gás.

Supondo que a pressão no interior do recipiente não se altere durante o processo, determine a temperatura θ.



ADILSON SECCO

6. Transformações gasosas

Quando uma variável de estado de um gás sofre alguma alteração em seu valor, dizemos que o gás sofreu uma **transformação**. Isso pode ocorrer simultaneamente com mais de uma variável.

As principais transformações gasosas, que serão estudadas a seguir, são a transformação **isobárica**, ou **isopiézica**, quando a **pressão *p*** permanece constante; a transformação **isométrica**, ou **isocórica**, quando o **volume *V*** permanece constante; e a transformação **isotérmica**, quando a **temperatura *T*** permanece constante. A transformação **adiabática** será estudada em Termodinâmica.

Transformação isobárica ou isopiézica

Se a pressão de certa massa de um gás ideal permanece constante, o volume ocupado por ele dependerá apenas de sua temperatura absoluta. Da equação de Clapeyron, temos:

$$V = \underbrace{\left(\frac{n \cdot R}{p}\right)}_{\text{constante} = k_p} \cdot T$$

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

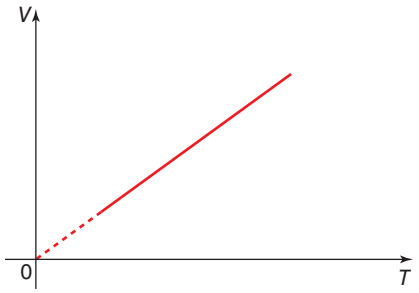
A constante de proporcionalidade k_p depende da quantidade de gás e da sua pressão. Assim, V e T estão em uma proporção direta, isto é:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = ... = \underbrace{\left(\frac{n \cdot R}{p}\right)}_{\text{constante}} = k_p$$

Essa relação de proporção é denominada lei de Charles e Gay-Lussac.

Essa transformação foi estudada e publicada por Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), que creditou os méritos da descoberta a Jacques Cesar Charles (1746-1823), que a havia estudado por volta de 1787.

Se representarmos graficamente V como função de T, teremos o gráfico representado na figura 1.

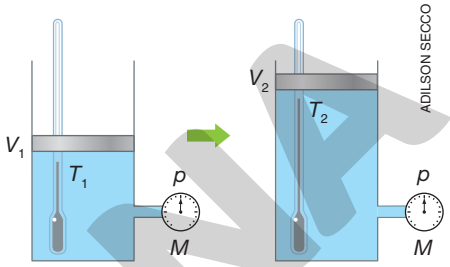


ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 1 Representação gráfica da função $V \times T$.

Matematicamente, funções desse tipo são denominadas **funções lineares**. Dizemos então que V e T variam linearmente entre si quando a pressão do gás ideal é mantida constante (Fig. 2).

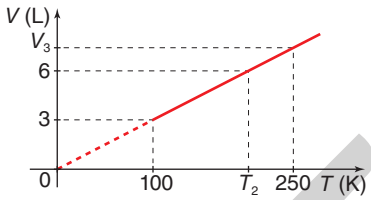
Vejamos as características de uma transformação isobárica por meio do exemplo a seguir.



ADILSON SECCO

Figura 2 Esquema da transformação isobárica, ou seja, a pressão se mantém constante. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

O volume de certa massa de gás perfeito varia com a temperatura, como indica o gráfico ao lado.



ADILSON SECCO

a) Qual transformação o gás está sofrendo? Justifique.

b) Determine os valores V_3 e T_2 de volume e temperatura indicados no gráfico.

Resolução:

a) Trata-se de uma transformação isobárica (pressão constante), uma vez que o gráfico está indicando que o volume e a temperatura absoluta são diretamente proporcionais.

b) Do gráfico, obtemos $V_1 = 3$ L, $T_1 = 100$ K e $T_3 = 250$ K.

Aplicando a lei de Gay-Lussac, temos:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{3}{100} = \frac{V_3}{250} \therefore V_3 = 7{,}5 \text{ L}$$

Ainda do gráfico, obtemos $V_2 = 6$ L. Aplicando novamente a lei:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{3}{100} = \frac{6}{T_2} \therefore T_2 = 200 \text{ K}$$

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

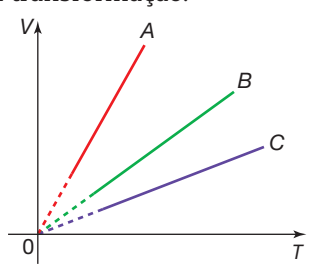
Registre as respostas em seu caderno.

6. A temperatura e o volume iniciais de certa massa de gás perfeito valem, respectivamente, 27 °C e 2 L. O gás é aquecido isobaricamente até que seu volume aumente 50%.

a) Determine, em graus Celsius, a temperatura final desse gás.

b) Trace o gráfico de volume *versus* temperatura absoluta para essa transformação.

7. 7. c Três amostras, A, B e C, de gases ideais são submetidas a transformações isobáricas representadas no gráfico ao lado. As amostras apresentam a mesma quantidade de matéria ($n_A = n_B = n_C = n$).



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Com relação às pressões p_A, p_B e p_C das amostras, é correto afirmar que

a) $p_A < p_B < p_C$.

b) $p_A = p_B = p_C$.

c) $p_A > p_B > p_C$.

d) $p_A = p_B + p_C$.

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

MODERNA

Transformação isométrica ou isocórica

O estudo das transformações gasosas a volume constante, denominadas isométricas, isovolumétricas ou isocóricas, foi desenvolvido pelo francês Jacques Charles.

Quando o volume ocupado por certa quantidade de um gás ideal se mantém constante, alterando-se a temperatura, a pressão varia na mesma proporção. Assim, se o valor da temperatura absoluta do gás passa do valor inicial T_1 para o valor final T_2, a pressão passará do valor inicial p_1 para o valor final p_2 (Fig. 3).

Esses valores estão relacionados pela equação:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

A relação de proporcionalidade direta entre as grandezas p e T nas transformações isométricas é chamada de **lei de Charles**. Assim:

> Mantendo-se constante o volume de dada massa de gás perfeito, a pressão p será diretamente proporcional à temperatura absoluta T, isto é, $p = k_V \cdot T$, em que k_V é uma constante que depende da quantidade e do volume do gás.

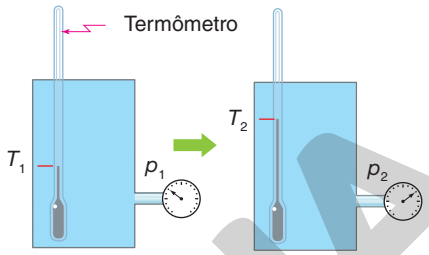
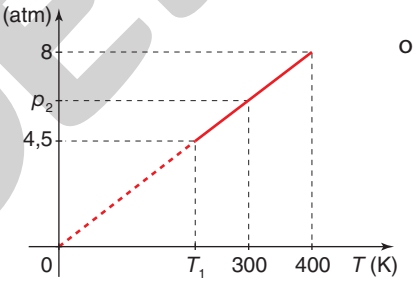


Figura 3 Esquema da transformação isocórica, ou seja, o volume se mantém constante. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Com o exemplo a seguir, vamos ver como se reconhece uma transformação isométrica a partir do gráfico e como se calculam os valores das variáveis de estado.

Para uma dada massa de gás considerado ideal, a pressão p varia com a temperatura absoluta, como indica o gráfico ao lado.



a) De que transformação se trata? Justifique.

b) Calcule os valores p_2 e T_1 indicados no gráfico.

Resolução:

a) O gráfico mostra que a pressão é diretamente proporcional à temperatura absoluta; então, podemos concluir que se trata de uma transformação isométrica, isto é, transformação realizada a volume constante.

b) Do gráfico, obtemos $p_3 = 8$ atm, $T_3 = 400$ K e $T_2 = 300$ K.

Aplicando a lei de Charles, temos: $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{8}{400} = \frac{p_2}{300} \therefore p_2 = 6$ atm

Ainda do gráfico, obtemos $p_1 = 4{,}5$ atm.

Aplicando novamente a lei de Charles, temos: $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_1}{T_1} \Rightarrow \frac{8}{400} = \frac{4{,}5}{T_1} \therefore T_1 = 225$ K

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

8. As transformações isométricas de n mols de um gás ideal são descritas pela lei de Charles, que pode ser escrita na forma $p = k_V \cdot T$, como vimos anteriormente. Assim, podemos afirmar que a constante k_V é igual a:

8. a

a) $k_V = \frac{n \cdot R}{V}$.

b) $k_V = \frac{n \cdot V}{R}$.

c) $k_V = \frac{R \cdot V}{n}$.

d) $k_V = n \cdot R \cdot V$.

e) $k_V = (R \cdot V)^n$.

9. Os pneus de um automóvel foram "calibrados" com 30 libras-força de ar, em uma manhã de inverno. Após uma longa viagem, o motorista parou em um posto de serviços automotivos e mediu novamente a pressão dos pneus, encontrando 33 libras-força. Considere que o volume interno dos pneus variou em quantidade desprezível.

a) Que tipo de transformação ocorreu com o ar interno dos pneus?

b) Como você explica o aumento da pressão interna dos pneus?

c) Qual foi a variação percentual ocorrida na temperatura absoluta do gás?

Transformação isotérmica

As transformações em que a temperatura de um gás permanece constante, denominadas **isotérmicas**, foram estudadas pelo irlandês Robert Boyle (1627-1691).

Se a pressão e o volume de determinada massa de gás ideal variarem de modo que o gás se mantenha sempre em equilíbrio térmico com o ambiente, essa massa de gás estará sofrendo uma transformação isotérmica, isto é, a pressão e o volume variam **sem alteração da temperatura**.

Vamos considerar uma dada massa de gás ideal que sofre uma transformação na qual sua pressão e seu volume variem, sem haver alteração na temperatura do gás. Da equação de Clapeyron, vem:

$$p \cdot V = \underbrace{n \cdot R \cdot T}_{k_T} \text{ ou } p = \frac{k_T}{V}$$

sendo k_T uma constante que depende da quantidade de gás e da sua temperatura absoluta.

Da última igualdade, podemos concluir que, em uma transformação isotérmica, ***p*** e ***V*** sofrem variações inversamente proporcionais entre si. Esse é o enunciado da **lei de Boyle**, também denominada **lei de Boyle-Mariotte**, já que o cientista francês Edme Mariotte (1620-1684), independentemente de Robert Boyle, teria chegado ao mesmo resultado algum tempo depois.

Se, em uma transformação isotérmica, representarmos os valores de p e V em um sistema de eixos cartesianos, obteremos a curva mostrada ao lado (Fig. 4), denominada **isoterma**. Essa curva pertence a uma "família" de curvas que, em Matemática, são chamadas de **hipérboles**.

Veja a seguir uma aplicação da lei de Boyle.

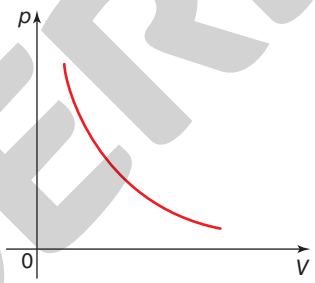
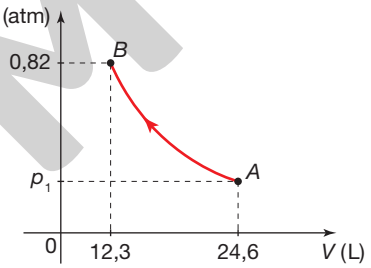


Figura 4 Uma isoterma, no diagrama $p \times V$, é representada por uma hipérbole equilátera.

O gráfico a seguir mostra uma compressão isotérmica de um mol de um gás ideal, entre os estados representados pelos pontos A e B.



Com os dados do gráfico, determine:

a) o valor de p_1 em atm.

b) a temperatura do gás em graus Celsius.

Resolução:

a) Vamos adotar $V_1 = 24{,}6$ L, $V_2 = 12{,}3$ L e $p_2 = 0{,}82$ atm. Sendo a transformação AB isotérmica, temos:

$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow p_1 \cdot 24{,}6 = 0{,}82 \cdot 12{,}3 \;\therefore\; p_1 = 0{,}41$ atm

b) Vamos aplicar a equação de Clapeyron ao estado B (poderia ser o A).

$p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T \Rightarrow 0{,}82 \cdot 12{,}3 = 1 \cdot 0{,}082 \cdot T \;\therefore\; T = 123$ K $\Rightarrow T = -150$ °C

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Em destaque

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Leia o trecho da entrevista a seguir para responder às questões em grupo.

Mergulho livre: no peito e na raça

Recordista mundial de mergulho livre, a brasileira Karol Meyer desce a 91 metros de profundidade sem usar cilindros de oxigênio

[...]

Quais são as principais dificuldades para descer no mar em apneia?

No início da descida, a atenção é para partir com batidas de pernas firmes e vencer o empuxo. Aos 10 metros, o volume de ar inspirado já se reduziu pela metade. Aos 35 metros, pode-se reduzir a força das pernadas. Em decorrência da pressão, o sangue das extremidades se direciona para a cavidade torácica, para manter melhor oxigenação dos órgãos vitais – coração, cérebro, pulmão. Aos 40 metros, busco deslizar, deixando o corpo cair, apenas fazendo o controle da pressão dos ouvidos. A velocidade aumenta pela gravidade, mesmo sem o movimento das pernadas. A escuridão, ou melhor, o azul muda de tonalidade, sei que estou chegando... Aos 55 metros, é difícil encontrar ar para compensar os ouvidos, uma pequena manobra feita de forma correta pode levar você adiante, mas qualquer surpresa, susto ou movimento errado pode levar a um gasto não planejado de oxigênio e ser fatalmente comprometedor. Na subida, o controle psicológico deve ser ainda maior, porque voltamos já com oxigênio reduzido. O cansaço muscular aparece por volta dos 30 metros e maus pensamentos devem ser banidos da mente. Mantenho o controle e a consciência e aos 20 metros sinto uma enorme alegria! Nos últimos 10 metros, paro de bater as nadadeiras e economizo energia para respirar e me apoiar ao sair da água.

[...]

BOA NOVA, Paulo. Mergulho livre: no peito e na raça. *Superinteressante*, 31 out. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/mergulho-livreno-peito-e-na-raca/>. Acesso em: 13 mar. 2020.

1) A mergulhadora diz que no início da descida precisa vencer a força de empuxo. Para que isso ocorra, a força-peso deve ser maior ou menor que o empuxo?

2) Na subida à superfície, a mergulhadora precisa controlar a descompressão do gás para não colocar em risco seus órgãos internos. Para um mergulhador que deseja fazer um mergulho (não livre), quais equipamentos e instruções de segurança você indicaria?

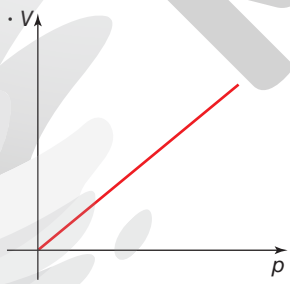
Aplicando conhecimentos

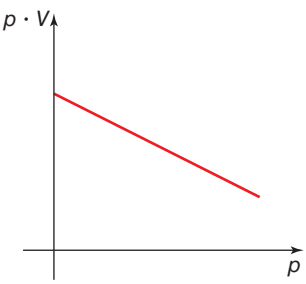
Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

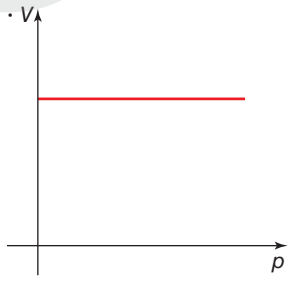
Registre as respostas em seu caderno.

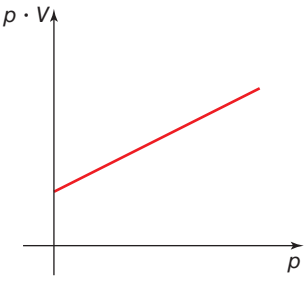
10. Qual dos gráficos a seguir melhor representa a variação do produto $p \cdot V$, como função de p, em uma transformação isotérmica de um gás ideal, sendo p a pressão e V o volume do gás?

10. b

a) 

c) 

b) 

d) 

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

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

11. Em uma expansão isotérmica de dada massa de gás perfeito, o volume sofre um aumento de 25%. Assim, a pressão desse gás, relativamente ao seu valor inicial,

11. d

a) diminui para 20%.
b) diminui em 80%.
c) aumenta em 25%.
d) diminui em 20%.
e) aumenta em 2,5%.

Atividades finais

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

1. Um botijão de gás de cozinha contém 13 kg de "gás liquefeito" (GLP), envasado sob alta pressão. Admita que a massa molar desse gás seja aproximadamente 52 g e que ele se comporte como um gás ideal. Responda às perguntas a seguir.

a) No enunciado, por que a expressão "gás liquefeito" está entre aspas?
b) Se o conteúdo desse botijão fosse utilizado para encher um balão, à pressão de 1 atm e à temperatura de 27 °C, qual seria o volume final desse balão, medido em litros (L)?

Dados:

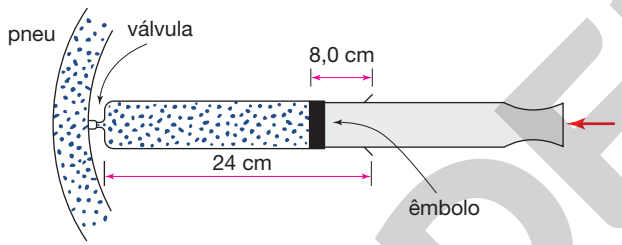
$R = 8{,}3\ J/(mol \cdot K)$, constante universal dos gases perfeitos

$1\ atm = 1 \cdot 10^5\ N/m^2$

$1\ m^3 = 1.000\ L$

2. (Uece) Uma bomba de ar tem um comprimento de 24 cm e está acoplada ao pneu de uma bicicleta.

2. a



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Inicialmente, o pistão está recuado e a pressão do ar no interior da bomba é 1,0 atm. É preciso avançar o pistão 8,0 cm para que a válvula do pneu abra. Quando isso ocorrer, supondo que a temperatura do sistema fique constante, a pressão dentro da câmara de ar será igual a

a) 1,5 atm.
b) 2,0 atm.
c) 2,5 atm.
d) 3,0 atm.

3. (UPM-SP) Um gás ideal ocupa um volume V, exercendo uma pressão *p*, a uma temperatura Celsius θ. Reduzindo-se o volume do gás à metade do valor inicial, para que a pressão triplique, a temperatura em Celsius dessa massa de gás deverá dobrar. Assim, podemos afirmar que a temperatura inicial dessa massa de gás, na escala Kelvin, era

3. d

a) −273 K.
b) zero.
c) 273 K.
d) 546 K
e) 819 K.

4. (Fuvest-SP) Um balão de vidro indilatável contém 10 g de oxigênio a 77 °C. Esse balão poderá suportar, no máximo, uma pressão interna três vezes à que está submetido. Se a temperatura do gás for reduzida a 27 °C, a máxima quantidade de oxigênio que ainda pode ser introduzida no balão, nessa temperatura, é de:

4. b

a) 60 g.
b) 25 g.
c) 40 g.
d) 30 g.
e) 90 g.

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

MODERNA

Ampliando os conhecimentos

CAPÍTULO 1

Impresso

Pasteur e os microrganismos, de Steven Parker. São Paulo: Scipione, 2005.
O livro conta um pouco da história de Louis Pasteur, químico francês que fundou a microbiologia. Seu trabalho possibilitou inúmeros avanços em medicina, saúde pública e higiene.

Aids – informação e prevenção, de Antônio A. Barone. São Paulo: Ática, 2004.
A informação e o conhecimento são armas poderosas para combater a aids, doença que ainda não tem cura.

O incrível mundo dos fungos, de Lucia Maria Paleari, Gisela Ramos Terçarioli e Eduardo Bagagli. São Paulo: Unesp, 2010.
O livro, ilustrado com imagens e esquemas, traz informações sobre a micologia, ramo da ciência dedicado a estudar os fungos.

CAPÍTULO 2

Impresso

Árvores frutíferas brasileiras, de Gil Felippe. São Paulo: Sarandi, 2010.
O livro traz o conhecimento acumulado sobre a flora brasileira por pesquisadores que, desde o século XVI, estudam os frutos, as formas, as cores e os aromas das árvores frutíferas brasileiras.

Internet

Flora desconhecida, de Henrique Kugler. *Ciência Hoje.*
Galeria de imagens com fotografias de plantas descobertas pelo projeto "Plantas raras do Brasil".
Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/acervo/flora-desconhecida/>. Acesso em: jun. 2020.

Uma flor de 125 milhões de anos, de Alexander Kellner. *Ciência Hoje.*
O artigo trata das possíveis primeiras angiospermas que surgiram na Terra, quando o planeta ainda era dominado pelos grandes répteis, e permite conhecer as espécies chinesas que podem estar na origem das plantas angiospermas atuais.
Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/uma-flor-de-125-milhoes-de-anos/>. Acesso em: jun. 2020.

Angiospermas, de Dorival Filho.
Videoaula sobre as angiospermas.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6iP-DaDV3cQ>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 3

Impresso

Cromatografia, um breve ensaio, de Ana Luiza Degani, Quezia Cass e Paulo Vieira. *Química Nova na Escola*, n. 7, 1998. p. 21-25.
Apanhado geral sobre a técnica cromatográfica e seus desdobramentos.

Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue — atividade larvicida de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenoides e fenilpropanoides, de Naomi Simas e colaboradores. *Química Nova*, v. 27, n. 1, 2004. p. 46-49.
O artigo apresenta as fórmulas estruturais de várias substâncias orgânicas e sua atividade larvicida sobre o *Aedes aegypti* (eficiência para matar larvas do mosquito transmissor da dengue). As estruturas menos polares (mais lipofílicas) apresentam maior atividade larvicida, fornecendo um exemplo prático da influência da presença ou ausência de grupos hidrófilos nas propriedades de substâncias orgânicas.

Interações intermoleculares, de William R. Rocha. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, 2001. p. 31-36.
Artigo que descreve os tipos e a origem das interações intermoleculares que atuam nos sistemas químicos. Também mostra como a compreensão dessas interações permite racionalizar algumas propriedades macroscópicas das substâncias químicas.

Os fulerenos e sua espantosa geometria molecular, de Romeu C. Rocha-Filho. *Química Nova na Escola*, n. 4, 1996. p. 7-11.
O artigo conta um pouco da história da descoberta dos fulerenos e faz algumas considerações geométricas acerca de suas estruturas.

CAPÍTULO 4

Internet

Fotossíntese artificial, de Maria Guimarães. *Revista Pesquisa Fapesp*.
Artigo que mostra o desenvolvimento de um processo de fotossíntese artificial, que pode ser usado para gerar energia utilizável por automóveis e outras possibilidades.
Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/fotossintese-artificial-2/>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 5

Impresso

Evolução dos bichos, de Luiz E. Anelli. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
O livro aborda como a vida evoluiu desde a simplicidade de uma célula até os sofisticados e complexos seres multicelulares. Enfatiza os ancestrais dos diversos ramos da árvore da vida e destaca as mutações e adaptações que conduziram às diversificações sucessivas de espécies para ocupar todos os espaços do planeta.

Internet

Um dos fundadores da Fapesp, Paulo Vanzolini morre aos 89 anos. *Revista Pesquisa Fapesp*.
Homenagem a Paulo Vanzolini, zoólogo que faleceu em 2013.
Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/um-dos-fundadores-da-fapesp-paulo-vanzolini-morre-aos-89-anos/>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 6

Impresso

Vidros, de Oswaldo Luiz Alves, Iara de Fátima Gimenez e Italo Odone Mazali. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 2, 2001. p. 13-24.
Artigo que apresenta aspectos da história da fabricação e da utilização dos vidros, bem como de suas propriedades.

Contribuições da Química Inorgânica para a Química Medicinal, de Heloisa Beraldo. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 6, 2005. p. 4-6.
O artigo aborda as contribuições da Química para a Medicina, como descoberta de princípios ativos e desenvolvimento de medicamentos.

Algumas reações do enxofre de importância ambiental, de Arnaldo Alves Cardoso e Alexandre Franco. *Química Nova na Escola*, n. 15, 2002. p. 39-41.
Descreve procedimento experimental para a simulação da chuva ácida.

Mudança nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo, de João Augusto de M. Gouveia-Matos. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. p. 6-10.
O autor fornece subsídios para a compreensão das mudanças de cor de indicadores ácido-base, que englobam aspectos de deslocamento de equilíbrio e da interação das ondas eletromagnéticas com a matéria.

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

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

MODERNA

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.

CAPÍTULO 7

Impresso

O mundo dos coloides, de Miguel Jafelicci Junior e Laudemir Carlos Varanda. *Química Nova na Escola*, n. 9, 1999. p. 9-13.
Os autores apresentam, entre outros aspectos, noções físico-químicas sobre a superfície das partículas coloidais.

Explorando as bases matemáticas da volumetria: uma proposta didática, de Elcio Oliveira da Silva. *Química Nova na Escola*, n. 13, 2001. p. 13-17. (Veja também errata no n. 14, p. 46.)
Proposta de trabalho interdisciplinar com a Matemática, ressaltando aspectos de funções lineares presentes na modelagem matemática do processo de titulação ácido-base.

CAPÍTULO 8

Impresso

A aurora da Ciência. *Scientific American Brasil*. São Paulo: Duetto Editorial, 2012. (Coleção 160 séculos de Ciência.)
Composta de sete volumes, essa coleção descreve o desenvolvimento das ciências ao longo dos tempos, desde a pré-história até os dias atuais. Nesse volume, há dois capítulos dedicados a Arquimedes: um sobre máquinas simples e outro sobre a flutuação dos corpos.

Internet

Fluidos não newtonianos, de Jéssica Maes. Hypescience.
O *site* apresenta a demonstração e uma explicação do que é um fluido não newtoniano.
Disponível em: <https://hypescience.com/misterio-fluidos-nao-newtonianos/>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 9

Impresso

Arquimedes: o maior dos sábios da Antiguidade, de Adonias Aguiar Filho. Rio de Janeiro: Ediouro, 1988.
Versão romanceada da vida do sábio grego, mas razoavelmente fiel aos fatos históricos e personagens envolvidos. Com uma linguagem clara, o autor expõe os principais feitos científicos de Arquimedes e suas implicações para a sociedade da época.

Arquimedes: o pioneiro da Matemática. *Scientific American Brasil*. São Paulo: Duetto Editorial, 2005. (Coleção Gênios da Ciência.)
Número dedicado à biografia e à obra do pensador grego.

Arquimedes: uma porta para a Ciência, de Jeanne Bendick. 2. ed. São Paulo: Odysseus, 2006.
Nessa obra, a autora Jeanne Bendick examina a personalidade e a mente de Arquimedes, descrevendo seus trabalhos sobre volumes, parábolas, elipses, hipérboles, círculo e o número pi. Bendick procura descrever episódios da vida de Arquimedes com um estilo leve e fluido, mas com precisão. Suas ideias, a fama que teve entre seus contemporâneos e a herança conceitual que deixou são abordadas com simplicidade e clareza.

CAPÍTULO 10

Impresso

Primavera silenciosa, de Rachel Carson. São Paulo: Gaia, 2010.
Livro da bióloga e ambientalista Rachel Carson que trata do uso indiscriminado de pesticidas e dos problemas ambientais decorrentes. Publicado originalmente na década de 1960, o livro é considerado um marco na conscientização da sociedade sobre problemas ambientais.

Por que todos os nitratos são solúveis?, de Luciana A. Silva, Cláudia R. Martins e Jailson B. de Andrade. *Química Nova*, v. 27, n. 6, 2004. p. 1016-1020.
Discute a solubilidade de nitratos em água, com foco na termodinâmica e nas propriedades do íon nitrato.

CAPÍTULO 11

Impresso

Convite à Física, de Yoav Ben-Dov. Rio de Janeiro: Zahar, 1996. (Coleção Ciência e Cultura).
Essa obra oferece um notável panorama dos postulados teóricos da Física, desde a Grécia Clássica até a teoria da relatividade de Einstein. No capítulo 3, "Matéria e força", item "Advento das ciências exatas", o livro trata dos princípios de conservação, isto é, de certas grandezas que permanecem invariantes no curso do movimento. Entre essas grandezas, destaca-se a quantidade de movimento, sugerida por Descartes e Newton.

O teste do pulo, de Mauro Ferreira. *Ciência Hoje das Crianças*. Rio de Janeiro: SBPC, ano 12, n. 95, set. 1999.
O artigo mostra que, para saltar de modo a atingir a maior altura possível, todos nós fazemos os mesmos movimentos de braços e pernas, mesmo sem ter aprendido com outra pessoa. Por que isso acontece?

PEC: Projeto Escola e Cidadania — Física, de José Alves da Silva, Cristina Leite e Alexandre Custódio Pinto. São Paulo: Editora do Brasil, 2005. v. 1.
Em "A Física e os esportes" o leitor encontra diversos artigos, como "Impulso para esportistas", que trabalha impulso e quantidade de movimento em vários esportes.

Internet

O desafio do centro de gravidade, do canal Manual do Mundo.
É possível equilibrar dez pregos na ponta de um? E equilibrar um garfo e uma colher na ponta de um palito de fósforo? Com um pouco de arranjo (e de física), sim! Esse vídeo, com cinco minutos de duração, mostra como realizar esses "truques".
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PWO-X6CZQXA&feature=endscreen&NR=1>. Acesso em: jun. 2020.

CAPÍTULO 12

Impresso

A matéria: uma aventura do espírito, de Luis Carlos de Menezes. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
O livro aborda o início do aparecimento da Mecânica, da Termodinâmica, da Gravitação e do Eletromagnetismo, passa pela Teoria Quântica, pela Física Atômica e Nuclear e chega à moderna Cosmologia.

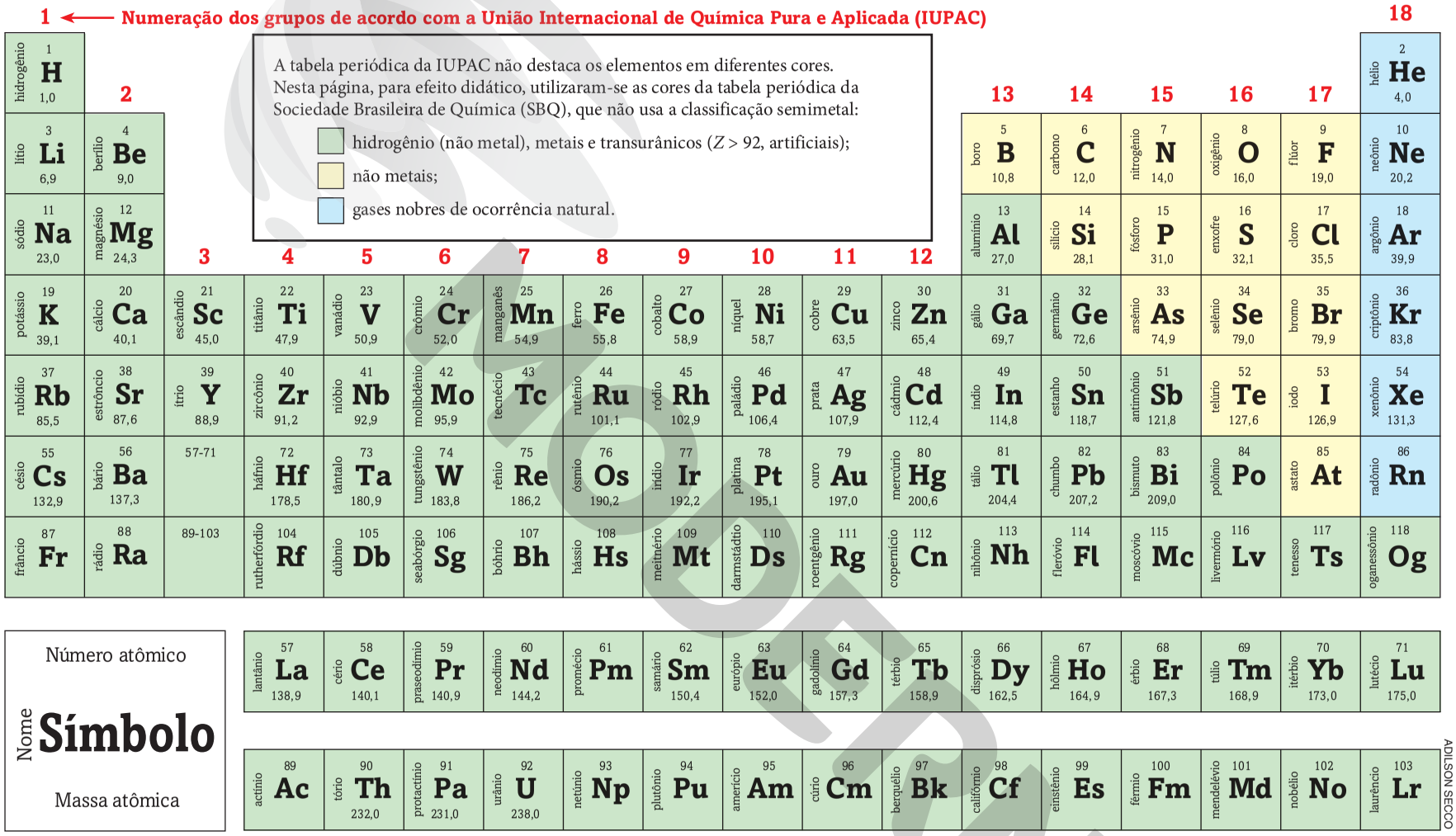
Internet

Comportamento das moléculas de um gás, The Concord Consortium.
O simulador em HTML5, em inglês, permite visualizar o movimento de moléculas e seu comportamento à medida que se varia a temperatura do gás, analisando como isso afeta a pressão.
Disponível em: <http://lab.concord.org/embeddable.html#interactives/sam/gas-laws/5-temperature-pressure-relationship.json>. Acesso em: jun. 2020.

Comportamento dos gases, The Concord Consortium.
O simulador permite visualizar o movimento das moléculas de um gás e suas colisões. Você poderá variar o volume do recipiente, verificando como essa variação afeta sua pressão interna.
Disponível em: <http://lab.concord.org/embeddable.html#interactives/sam/gas-laws/3-volume-pressure-relationship.json>. Acesso em: jun. 2020.

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

Tabela periódica dos elementos (IUPAC)



ADILSON SECCO

Tabela periódica da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), com as massas atômicas aqui apresentadas com um algarismo após a vírgula.
A massa atômica não está apresentada no caso de elementos que não têm isótopos estáveis. Os dados são provenientes de <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/> (acesso em: maio 2020), onde atualizações são periodicamente disponibilizadas.

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

MODERNA

Referências bibliográficas

BAIRD, C.; CANN, M. *Environmental Chemistry*. 5. ed. Nova York: Freeman, 2012.

Livro de química ambiental com informações sobre poluentes orgânicos persistentes.

BLACKWOOD, O. H.; HERRON, W. B.; KELLY, W. C. *Física na escola secundária*. Rio de Janeiro: Inep, 1962.

Esse livro traz uma abordagem sobre formas de organização do estudo da física.

BLOOMFIELD, L. A. *How things work*: the Physics of everyday life. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

Esse livro fornece uma introdução acessível à física, utilizando objetos do cotidiano para explicar os conceitos mais essenciais da física do dia a dia.

BROWN, T. L. *et al*. *Chemistry: the central science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018.

Livro que aborda diversas áreas da química, inclusive geometria molecular e interações intermoleculares.

BUCHEL, K. H. *et al*. *Industrial inorganic Chemistry*. 2. ed. Weinheim: WileyVCH, 2000.

Esse livro foi utilizado como fonte para o estudo de compostos inorgânicos.

CHAVES, A. *Física básica*: gravitação, fluidos, ondas, termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

O livro contém tópicos de gravitação, fluidos, ondas, termodinâmica e uma introdução à física estatística clássica.

CURI, R.; PROCÓPIO ARAÚJO FILHO, J. *Fisiologia básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

Livro que aborda variados aspectos da fisiologia.

CURTIS, H.; BARNES, N. S. *Biology*. 5. ed. Nova York: Worth Publishers, 1989.

O livro aborda aspectos gerais da Biologia, como características de microrganismos, animais e plantas.

DAVIS, M. L.; MASTEN, S. J. *Principles of environmental engineering and science*. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2014.

Livro com informações referentes ao impacto ambiental do DDT e dos PCBs.

FEYNMAN, R. P. *Física em seis lições*. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

A partir de cursos dados por Richard Feynman para alunos em Caltech, o livro traz algumas das palestras adaptadas. Apresentam assuntos como os átomos em movimento, física básica, a relação da física com outras ciências, conservação de energia, a teoria da gravitação e comportamento quântico.

GAFFNEY, J. S.; MARLEY, N. A. *Chemistry of environmental systems*. Hoboken: Wiley, 2020.

Livro de química ambiental que inclui aspectos sobre a solubilidade de compostos.

GAMLIN, L.; VINES, G. (ed.). *The evolution of life*. Nova York: Oxford University Press, 1991.

O livro aborda aspectos da Biologia em uma perspectiva evolutiva.

GILBERT, T. R. *et al*. *Chemistry*: *the science in context*. 5. ed. Nova York: Norton, 2018.

O livro traz informações contextualizadas sobre variadas áreas da química, inclusive sobre solubilidade de compostos iônicos em água.

GILLI, G.; GILLI, P. *The nature of hydrogen bond*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

Livro utilizado como fonte de informações para o estudo de interações intermoleculares.

GRABOWSKI, S. J. (ed.). *Hydrogen bonding – new insights*. Dordrecht: Springer, 2006.

O livro aborda aspectos da ligação de hidrogênio, uma interação intermolecular.

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.

HARRIS, D. C. *Quantitative chemical analysis*. 9. ed. Nova York: Freeman, 2016.

Livro sobre análises quantitativas em química, usado no capítulo referente a concentração de soluções.

HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Manual usado como fonte de diversas informações numéricas apresentadas no volume.

HERSHEY, D. R. *Plant biology science projects*. Nova York: John Wiley & Sons, 1995.

O livro traz um estudo dos grupos vegetais por meio de projetos científicos.

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.

HILL, J. W. *et al*. *Chimie des solutions*. 2. ed. Quebec: ERPI, 2008.

Livro que aborda diferentes conceitos referentes ao estudo de soluções.

ISRAELACHVILI, J. N. *Intermolecular and surface forces*. 3. ed. Waltham: Academic Press, 2011.

O livro é uma referência para o estudo de interações intermoleculares.

JARDIM, W. F. Substâncias tóxicas persistentes (STP) no Brasil. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 1976-1985, 2007.

Artigo sobre substâncias tóxicas usado para trabalhar aspectos da concentração de soluções.

JEFFREY, G. A. *An introduction to hydrogen bonding*. Oxford: Oxford University Press, 1997.

Livro que aborda aspectos de interações intermoleculares, especificamente a ligação de hidrogênio.

KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. *Berne e Levy Fisiologia*. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

O livro foi usado como fonte para informações sobre fisiologia dos seres vivos.

MADER, S. S. *Biology*. 8. ed. Boston: McGraw-Hill, 2004.

Livro que aborda aspectos de diversas áreas da Biologia.

MANAHAN, S. *Environmental Chemistry*. 10. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Livro de química ambiental utilizado como referência sobre poluentes orgânicos persistentes.

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

MODERNA

MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. V. *Five kingdoms*: an illustrated guide to the phyla of life on Earth. Nova York: W. H. Freeman and Company, 1988.

O livro detalha aspectos da classificação dos seres vivos em 5 reinos.

MARTINS, C. R. *et al*. Solubilidade das substâncias orgânicas. *Química Nova,* v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013.

Artigo que trata de aspectos da solubilidade de compostos orgânicos.

MCMURRY, J. E. *et al*. *Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016.

O livro foi usado no estudo de aspectos da concentração de soluções e de reações de precipitação.

MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. *Living in the environment*. 19. ed. Boston: Cengage, 2018.

O livro tem informações sobre bioamplificação de poluentes e sua relação com a solubilidade que foram usadas no material.

MILLER, K. R.; LEVINE, J. S. *Biology*. Nova Jersey: Prentice Hall, 2007.

Livro que aborda as diversas áreas da Biologia.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. v. 1, 2.

A coleção tem como objetivo apresentar uma discussão detalhada e cuidadosa sobre os conceitos e princípios básicos da física, com ênfase na compreensão das ideias fundamentais.

O Volume 1, Mecânica, apresenta tópicos que compreendem cinemática, dinâmica, leis de conservação, gravitação, mecânica dos corpos rígidos e forças de inércia.

O Volume 2, Fluidos, oscilações e ondas, calor, traz tópicos que compreendem estática e dinâmica dos fluidos, oscilações livres e forçadas de sistemas mecânicos, fenômenos ondulatórios, acústica, calor, princípios da termodinâmica, teoria cinética dos gases e noções de mecânica estatística.

Com grande diversidade de exemplos, os problemas visam ilustrar os principais conceitos e resultados, contribuindo para uma melhor compreensão, indicar aplicações a uma variedade de situações concretas, aprofundar e generalizar resultados.

OZEROV, R. P.; VOROBYEV, A. A. *Physics for chemists*. Oxford: Elsevier, 2007.

O livro é uma fonte para o estudo da relação entre simetria e polaridade molecular.

PFENNIG, B. W. *Principles of inorganic Chemistry*. Hoboken: Wiley, 2015.

Livro usado como referência para o capítulo de compostos inorgânicos.

POSTGATE, J. *Microbes and man*. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

O livro aborda aspectos da relação entre seres humanos e microrganismos.

RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. *Eckert – Fisiologia Animal*: Mecanismos e Adaptações. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Livro com diversas informações sobre fisiologia animal.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. E.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

O livro é uma tradicional referência para o estudo dos vegetais.

RAYNER-CANHAM, G.; OVERTON, T. *Descriptive inorganic chemistry*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2014.

O livro é referência no estudo de compostos inorgânicos.

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

Livro que aborda diversos tópicos de Biologia.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.

O livro foi utilizado como fonte para os temas que envolvem animais invertebrados.

SALISBURY, F.; ROSS, C. W. *Plant physiology*. 4. ed. Califórnia: Belmont Wedsworth, 1991.

Livro com informações sobre fisiologia vegetal.

SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F.; FURLAN, C. M. (orgs.). *A Botânica no cotidiano*. Ribeirão Preto: Holos, 2012.

O livro traz diversas contextualizações e aplicações de conhecimentos de botânica em situações cotidianas.

SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis? *Química Nova*, v. 27, n. 6, 2004. p. 1016-1020.

Artigo que mostra aspectos da solubilidade de compostos inorgânicos.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C.; MACHADO, P. F. L. *Introdução à Química experimental*. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

Referência para procedimentos laboratoriais, como o preparo de soluções e os cuidados envolvidos.

SHEPHERD, G. J. Plantas terrestres, 2003. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Aval_Conhec_Cap7.pdf>. Acesso em: jun. 2020.

Capítulo que aborda aspectos variados das plantas.

SHRIVER, D. *et al*. *Inorganic Chemistry*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2014.

O livro é uma referência para o estudo de química inorgânica.

SKOOG, D. A. *Fundamentals of analytical Chemistry*. 9. ed. Belmont: Cengage, 2014.

Livro usado para trabalhar aspectos da concentração de soluções.

SMITH, J. G. *Organic Chemistry*. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2017.

O livro traz informações sobre solubilidade de compostos orgânicos.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. Connecticut: Sinauer Associates, 2002.

O livro é fonte de informações para o estudo de fisiologia vegetal.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Livro com diversas informações sobre microrganismos e microbiologia.

VOLLHARDT, K. P. C.; SCHORE, N. E. *Organic Chemistry*: *structure and function*. 8. ed. Nova York: Freeman, 2018.

O livro é uma fonte de informações para o estudo de geometria molecular e interações intermoleculares.

WILLOCK, D. J. *Molecular symmetry*. Chichester: Wiley, 2009.

Livro usado no estudo de geometria molecular e da relação entre simetria e polaridade de moléculas.

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

MODERNA

ISBN 978-65-5779-321-3

MODERNA