

ENSINO MÉDIO

Área de Ciências da Natureza
e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

MATÉRIA, ENERGIA E VIDA UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR

MATERIAIS E ENERGIA: TRANSFORMAÇÕES E CONSERVAÇÃO

*Eduardo Mortimer
Andréa Horta
Alfredo Mateus
Arjuna Panzera
Esdras Garcia
Marcos Pimenta
Danusa Munford
Luiz Franco
Santer Matos*

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO -
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO

CÓDIGO DA COLEÇÃO:
0181P21203

CÓDIGO DA OBRA:
0181P21203136

MATÉRIA, ENERGIA E VIDA UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR

ENSINO MÉDIO

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

MATERIAIS E ENERGIA: TRANSFORMAÇÕES E CONSERVAÇÃO

Eduardo Mortimer

Licenciado e bacharel em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Mestre em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP)
Professor titular aposentado da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Pesquisador convidado na École Normale Supérieure Lettres et Sciences Humaines de Lyon, França
Pesquisador convidado do Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) e do Institut National de Recherche Pedagogique (INRP), França
Pesquisador do CNPq na área de Educação em Ciências

Andréa Horta

Licenciada e bacharela em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Mestra e doutora em Educação - Metodologia de Ensino de Química - pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp-SP)
Professora titular da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em exercício no Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Alfredo Mateus

Bacharel em Química pela Universidade de São Paulo (USP)
Mestre em Química pela Universidade de São Paulo (USP)
Doutor em Química pela University of Florida (UF), Estados Unidos
Professor de Química do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Arjuna Panzera

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Mestre em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Ex-professor de Física na rede particular de ensino e do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Esdras Garcia

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Mestre e doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Ex-professor de Física na rede particular de ensino
Professor de Física do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG)

Marcos Pimenta

Bacharel em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Mestre em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Professor titular do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Pesquisador do CNPq na área de Física

Danusa Munford

Bacharela e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (USP)
Mestra em Biologia pela Universidade de São Paulo (USP)
Doutora em Educação pela Pennsylvania State University, Estados Unidos
Professora titular do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do ABC (UFABC)

Luiz Franco

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Mestre e doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Professor da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Santer Matos

Licenciado em Ciências pelas Faculdades Metodistas Integradas Izabela Hendrix
Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG)
Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Professor de Ciências do Centro Pedagógico da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)



editora scipione



editora scipione

Presidência: Paulo Serino

Direção editorial: Lauri Cericato

Gestão de projeto editorial: Heloísa Pimentel

Gestão de área: Isabel Rebello Roque

Coordenação de área: Fabíola Bovo Mendonça

Edição: Lucas Augusto Jardim, Carolina Santos Taqueda e Denise Minematsu

Assessoria pedagógica: Andreea Lima Alves Ruislan e Glenda Rodrigues da Silva

Planejamento e controle de produção: Vilma Rossi e Camila Cunha

Revisão: Rosângela Muricy (coord.), Alexandra Costa da Fonseca, Ana Paula C. Malfa, Ana Maria Herrera, Carlos Eduardo Sigrist, Flávia S. Vêncio, Heloísa Schiavo, Hires Heglan, Kátia S. Lopes Godoi, Luciana B. Azevedo, Luís M. Boa Nova, Luiz Gustavo Bazana, Patrícia Cordeiro, Patrícia Travanca, Paula T. de Jesus, Sandra Fernandez e Sueli Bossi

Arte: Claudio Faustino (ger.), Erika Tieme Yamauchi (coord.), Alexandre Miasato Uehara e Renato Akira dos Santos (edição de arte), Setup (diagramação)

Iconografia e tratamento de imagens: Roberto Silva (coord.), Douglas Cometti (pesquisa iconográfica), César Wolf (tratamento de imagens)

Licenciamento de conteúdos de terceiros: Fernanda Carvalho (coord.), Erika Ramires e Márcio Henrique (analistas adm.)

Ilustrações: Avits, CJT/Zapt, Luís Moura, Luis Fernando R. Tucillo, Paulo César Pereira e R2 Editorial

Cartografia: Mouses Sagiorato

Design: Tatiane Porusselli (proj. gráfico e capa), Luis Vassallo (proj. gráfico Manual do Professor)

Foto de capa: Budkov Denis/Shutterstock

Todos os direitos reservados por Editora Scipione S.A.

Avenida Paulista, 901, 4º andar
Jardins – São Paulo – SP – CEP 01310-200
Tel.: 4003-3061
www.edocente.com.br
atendimento@aticascipione.com.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Matéria, energia e vida : uma abordagem interdisciplinar : Materiais e energias: transformações e conservação / Eduardo Mortimer...[et al.]. -- 1. ed. -- São Paulo : Scipione, 2020.
Outros autores: Andréa Horta, Alfredo Mateus, Arjuna Panzera, Esdras Garcia, Marcos Pimenta, Danusa Munford, Luiz Franco, Santei Matos.
Suplementado pelo manual do professor
Bibliografia
ISBN 978-65-5763-006-8 (aluno)
ISBN 978-65-5763-007-5 (professor)
1. Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Ensino Médio) 2. Biologia (Ensino Médio) 3. Física (Ensino Médio) 4. Química (Ensino Médio) I. Mortimer, Eduardo
20-2842
CDD 373.02

Angélica Ilacqua - CRB-8/7057

2020

Código da obra CL 719983
CAE 729624 (AL) / 729625 (PR)

1ª edição

1ª impressão

De acordo com a BNCC.

Envidamos nossos melhores esforços para localizar e indicar adequadamente os créditos dos textos e imagens presentes nesta obra didática. Colocamo-nos à disposição para avaliação de eventuais irregularidades ou omissões de créditos e consequente correção nas próximas edições. As imagens e os textos constantes nesta obra que, eventualmente, reproduzem algum tipo de material de publicidade ou propaganda, ou a ele façam alusão, são aplicados para fins didáticos e não representam recomendação ou incentivo ao consumo.

Impressão e acabamento



APRESENTAÇÃO

Prezado estudante,

Este livro oferece a você atividades e textos destinados ao estudo introdutório das Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, bem como à compreensão de fenômenos, dispositivos e práticas que envolvem articulações interdisciplinares dessas ciências entre si e com as demais áreas do conhecimento. As atividades aqui propostas estão estruturadas de modo a possibilitar que você, estudante, debata com os colegas e apresente interpretações para fenômenos simples, importantes para o entendimento do universo científico.

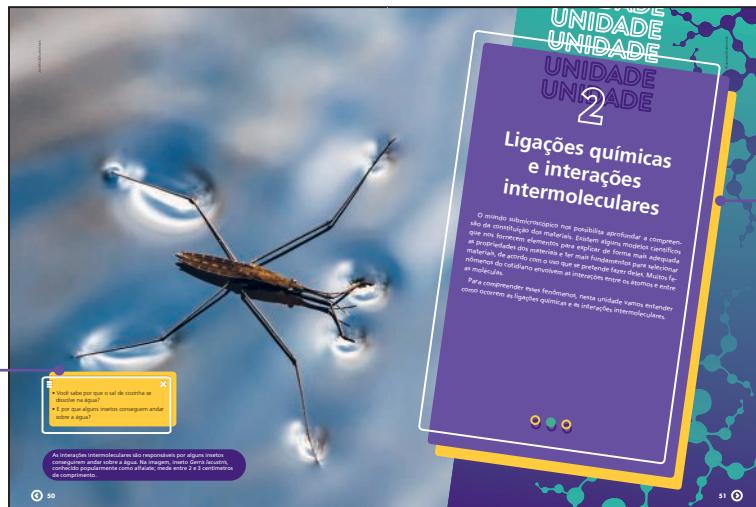
A realização dos experimentos e das atividades práticas que compõem a obra em geral não requer equipamentos sofisticados e pode ser desenvolvida em sala de aula. O objetivo é promover uma integração entre teoria e prática, por meio de experimentos, observações e coleta e análise de dados, como forma de interrogar a natureza e gerar discussões sobre os fenômenos que nos cercam. Para que a interdisciplinaridade aconteça, é fundamental que você consiga entender esses fenômenos, as teorias e leis que buscam explicá-los e as várias formas de representá-los, do ponto de vista físico, químico e biológico. Essa compreensão se dá inicialmente dentro de cada um dos componentes curriculares, mas depois você poderá relacioná-los. Assim, a interdisciplinaridade quase sempre pressupõe que você tenha um conhecimento disciplinar para então perceber as relações entre os diversos conhecimentos.

A sua participação nas discussões é fundamental, pois aprender Ciências da Natureza é, de certa forma, aprender a dialogar com e sobre os campos de conhecimento que as compõem. Então, **não tenha medo de errar!** Ao expressar suas ideias e submeter suas opiniões à crítica construtiva dos colegas e do professor, você terá a oportunidade de aprimorar suas concepções sobre as Ciências e aproximar-se cada vez mais do universo científico. Afinal, a ciência evoluiu e continuará evoluindo a partir da discussão aberta de suas ideias. Conhecer os limites do conhecimento é fundamental para que a ciência siga em frente. Por isso, não há que temer os erros; é necessário aprender com eles e prosseguir em busca dos acertos, percebendo-os como uma etapa que faz parte do processo de aprendizagem.

Os autores.

CONHEÇA SEU LIVRO

Questões com
objetivo de
mobilização.



Competências e habilidades da BNCC trabalhadas no capítulo

Capítulo

Na abertura de capítulo são apresentados uma imagem e um texto relacionados ao tema do capítulo. O texto apresenta uma exposição geral dos assuntos a serem tratados ao longo do capítulo e a imagem proporciona uma contextualização que transcende uma associação imediata, servindo de fonte para você ampliar o estabelecimento de relações entre conteúdos.

Atividade

A atividade apresenta propostas de investigações ou projetos.

Projeto

A seção **Projeto** tem o objetivo de contextualizar os temas abordados no livro e ampliar os conhecimentos relacionados a determinados conceitos e/ou questões sociocientíficas. Propõe atividades integradoras que podem envolver trabalhos em grupo, pesquisas, debates e atividades de divulgação científica.



Abertura de unidade

A abertura de unidade é caracterizada por uma imagem e um pequeno texto que promovem uma primeira aproximação entre você e o tema central da unidade.

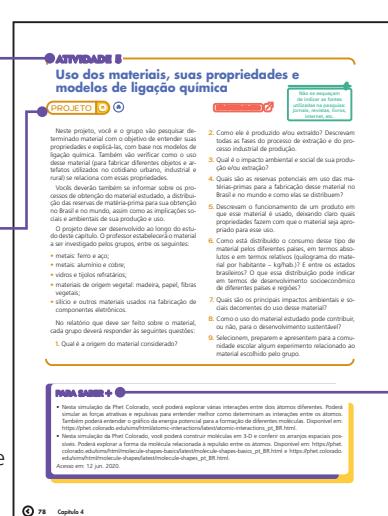
Investigacão

A seção **Investigação** tem o objetivo de promover, por meio de metodologias ativas, a compreensão dos fenômenos naturais que estão em foco na discussão. Propõe atividades que possibilitam a você engajar-se em práticas investigativas, como elaboração de perguntas científicas, proposição de hipóteses, análise de dados (primários ou secundários), uso de evidências e construção de conclusões.

Reflexão

A reflexão aborda questões relacionadas ao que foi visto ao longo das seções

Investigação e Projeto. Elas apresentam questionamentos que levam você a utilizar os conceitos contemplados, com o objetivo de expandir o conteúdo exposto.



Para saber +

Tutor suscrição
Este boxe apresenta sugestões de páginas da internet, filmes, livros e aplicativos que se referem ao conteúdo estudado no capítulo.

Texto

O volume inclui textos que abordam aspectos teóricos e conceituais de acordo com os temas trabalhados em cada capítulo.

Este boxe apresenta textos das Ciências da Natureza e suas Tecnologias que complementam a temática abordada.

6.1 Temperatura, equilíbrio térmico e calor

O que nos permite afirmar que um termômetro mede a temperatura de um objeto? Com base nas observações que fizemos, podemos dizer que o termômetro é capaz de detectar a variação de temperatura de um ambiente para que o termômetro tenha a mesma temperatura que o do corpo que desejamos medir. Por que dois corpos, objetos ou sistemas em contato tendem a igualar suas temperaturas e atingir um estado de equilíbrio?

Esse é o princípio da transferência de energia térmica, que ocorre quando um corpo emissor cede energia térmica para o maior temperatura para o de menor temperatura. Quando a transferência de energia térmica cessa, dizemos que os corpos atingiram o equilíbrio térmico.

Dois símbolos A e S indicam que uma reação ocorre quando ambos atingem a mesma temperatura:

O conceito de equilíbrio térmico nos ajuda a compreender por que uma tigela de sopa, como a da Figura 6.4, ao ser colocada sobre a mesa, não consegue manter sua temperatura por muito tempo. Ela cede energia térmica para o ambiente, trazendo energia térmica para ele. Ao atingir o equilíbrio térmico, a sopa fica com a mesma temperatura que o ambiente.

Nesse caso, dizemos que a sopa transfere calor ao ambiente. Podemos dizer que a sopa é um corpo mais quente que o ambiente.

Calor é a quantidade de energia transferida de um corpo mais quente para um corpo mais frio.

O calor é o esportamento de um corpo mais quente (a uma temperatura mais elevada) para um corpo mais frio (a uma temperatura mais elevada).

Figura 6.4 - A sopa transfere calor ao ambiente. Observe que a sopa está mais quente que o ambiente.

Regulação térmica nos seres humanos

Vimos que dois objetos com temperaturas diferentes, colocados em contato, tenderão para o equilíbrio térmico. Entre tempos, esse é o que acontece com o organismo humano, mesmo contra os efeitos de roupas e coberturas. No entanto, se o organismo não estiver funcionando adequadamente, essa transferência de energia térmica interno estiverá em um nível inadequado.

O hipotermia é a perda de calor que provoca as informações relativas a variação de temperatura. Se o ambiente estiver muito frio, o organismo responde com a liberação de energia térmica para o ambiente.

O aumento da temperatura corporal é causado por aumento da ação metabólica para liberar mais energia, redução da circulação sanguínea e o termor, involuntário, que é uma resposta ao estresse. O aumento da temperatura corporal leva a uma redução no produto de energia nas células, um aumento da circulação sanguínea e o aumento da sudorese.

Sudorese é a liberação de calor pelo organismo para a redução da temperatura corporal.

Figura 6.5 - A menina está suando durante uma corrida intensa e seu aumento de temperatura corporal.

© Capítulo 6

Esse tipo de máquina é denominado máquina térmica e pode ser caracterizado da seguinte maneira:

Máquinas térmicas transformam energia térmica, oriunda da queima de um combustível, em trabalho, utilizado para auxiliar na realização de uma tarefa humana.

ATIVIDADE 5

O poder da condensação

INVESTIGAÇÃO

Uma lata de refrigerante de alumínio, água, uma lâmpada, uma bacia com água. Observe o esquema a seguir:

MATERIAL

1. Explique a razão de a lata ser enregelada. Perca na diferença de pressão dentro e fora da lata.

2. Num recipiente a vapor existem um recipiente de vidro com água fervendo e um vaso com água fria. Coloque a turbinha de vapor entre eles sob a turbinha. Qual é o papel desempenhado pelo condensador nessa turbinha?

REFLEXO

1. Explique a razão de a lata ser enregelada. Perca na diferença de pressão dentro e fora da lata.

2. Num recipiente a vapor existem um recipiente de vidro com água fervendo e um vaso com água fria. Coloque a turbinha de vapor entre eles sob a turbinha. Qual é o papel desempenhado pelo condensador nessa turbinha?

LIMBOUS DE MISTURAS

O desenvolvimento da máquina a vapor

A primeira máquina a vapor foi usada para mover a "máquina humana" que inventada por Thomas Savery (1650-1711), em 1698, e utilizada para realizar uma tarefa complicada: retirar água das minas de carvão. A máquina mostrada na figura 7.11, era um reservatório fechado, cheio de água.

Figura 7.11 - Quando os válvulas A e B estão abertas e C e D estão fechadas, o vapor entra no reservatório e sobrepõe a pressão da água sobre a válvula A, que permanece fechada. A pressão da água permanece constante, mas a pressão do vapor aumenta, porque a água sobe a altura h, e a pressão do vapor permanece constante quando as válvulas A e B são fechadas e C e D são abertas. Quando a pressão do vapor é maior que a pressão da água, a válvula A se abre e a água é expelida para fora. O vapor resultante no reservatório permanece sob a pressão da água sob a válvula A, que permanece aberta. Quando a pressão do vapor é menor que a pressão da água, a válvula A se fecha e a água permanece no reservatório.

Muitos engenheiros investiram no aperfeiçoamento das máquinas a vapor, entre eles o escocês James Watt (1736-1819), que inventou a máquina a vapor condensada. Ele adicionou um condensador ao sistema, que permitiu que a máquina a vapor funcionasse com mais eficiência. Com isso, a máquina a vapor se tornou mais eficiente, podendo produzir mais energia com menos combustível.

Esse projeto aplica-se ao problema a seguir: Avale a história da máquina a vapor.

Leia o Termodinâmica e máquinas térmicas 123

Um pouco de história

Neste boxe são discutidos episódios da história relacionados com o tema do capítulo.

Articulação de ideias

Este boxe apresenta questões que visam articular o conteúdo abordado no capítulo para que você possa aplicar conhecimentos, relacionar ideias e interpretar textos.

ARTICAÇÃO DE IDEIAS

1. Em qual finalizou um papel molhado com água? a) para limpar a cozinha; b) para limpar o banheiro; c) para limpar o quarto; d) para limpar a sala de estar.
2. Utilizando o modo de interações intermediárias, explique por que isso ocorreu.
3. Que este óxido comuns das dissoluções?

B.3 As propriedades dos sólidos covalentes

As ligações covalentes são formadas exclusivamente por átomos de carbono. As ligações entre átomos são chamadas de covalentes. São compostos que têm uma ligação covalente.

No grafite e no diamante, não existem moléculas individuais, como existe no hidrogênio (H₂). Naquele sólido, todos os átomos de carbono estão ligados entre si, formando uma estrutura contínua.

Na figura 8.10, diamante e grafite, a estrutura é formada por átomos de carbono que se ligam entre si, formando uma estrutura contínua.

Uma grande parte das rochas e dos minerais, a exemplo do quartzo, é formada por átomos de silício e de oxigênio que se ligam entre si, formando uma estrutura contínua.

No diamante, todas as ligações entre os átomos são iguais. No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No grafite, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

No diamante, existem ligações muito mais fortes entre os átomos de carbono que entre os átomos de hidrogênio.

COMO A BNCC COMO A BNCC COMO A BNCC

COMO A BNCC É TRABALHADA NESTE VOLUME

Neste volume, estudaremos como a matéria e a energia se comportam em diferentes situações do dia a dia e como esse conhecimento é explorado em diversas atividades humanas. Além dos aspectos teóricos, propomos várias atividades que, em conjunto, buscam desenvolver as competências gerais e as competências e habilidades específicas da área de Ciências da Natureza previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), articulando os componentes curriculares Biologia, Física e Química.

Por meio de uma proposta investigativa e integradora, procuramos trabalhar, de forma contextualizada, uma postura ativa e reflexiva para que você possa ser protagonista de sua aprendizagem e consiga consolidar e ampliar as competências e habilidades desenvolvidas no Ensino Fundamental.

OBJETIVOS

Ao longo deste volume, esperamos que você possa:

- analisar, investigar e representar alguns sistemas específicos envolvendo fenômenos de transformação e conservação da matéria e de energia a fim de reconhecer padrões de mudança ou estabilidade que permitam prever seus resultados em situações cotidianas;
- construir questões, elaborar hipóteses e formular conclusões com base em evidências e na interpretação de dados e/ou resultados de atividades experimentais diversas, envolvendo o estudo de diferentes fenômenos, como as transformações químicas, os fluxos de energia e as propriedades dos materiais;
- interpretar textos relacionados a diferentes temas abordados nos capítulos, a fim de analisar seus argumentos e conclusões e avaliar criticamente a credibilidade das fontes consultadas;
- reconhecer, por meio da comparação de diferentes explicações científicas, que a construção de modelos

e de teorias científicas é fruto de seu contexto histórico, cultural, social e político e que, por isso, tem limitações explicativas decorrentes de sua época;

- avaliar e explicar determinados fenômenos com base em modelos explicativos propostos para átomos, ligações químicas e interações intermoleculares, a fim de analisar as propriedades dos materiais em função do uso que eles possam ter em diferentes aplicações;
- identificar e analisar fenômenos térmicos, como a transmissão de energia e a troca de calor, de modo a reconhecer, avaliar e debater sobre seus efeitos, principalmente do ponto de vista socioambiental;
- analisar, avaliar e discutir os impactos sociais, culturais e ambientais provocados pelo uso de determinadas tecnologias na sociedade moderna para propor soluções e intervir com medidas que visem ao desenvolvimento sustentável.

JUSTIFICATIVAS

A todo momento, presenciamos situações em que ocorrem transformações envolvendo algum tipo de energia. Desde preparar uma refeição até a digestão completa do alimento pelo nosso organismo, há diversas atividades em seu dia a dia que só acontecem graças às interações entre átomos e entre moléculas. Entender como a matéria e a energia se comportam na natureza em diferentes sistemas com base em suas propriedades ajudou a sociedade a explorar os materiais e os diferentes tipos de energia de forma otimizada, permitindo que se desenvolvesse em múltiplos aspectos.

O uso de fontes de energia, seja ela elétrica, seja de combustíveis fósseis, é muito importante para a sociedade moderna. No entanto, se por um lado o uso desses recursos viabilizou o estilo de vida que temos hoje, por outro ele pode trazer graves impactos ambientais, como o aquecimento global. Nesse contexto, é importante fazer escolhas que priorizem o desenvolvimento sustentável e o uso consciente desses recursos. Assim, para ajudá-lo em suas escolhas, abordamos essa temática neste volume. Com esse conhecimento, você pode não só embasar essas escolhas e tomar decisões de forma autônoma, mas também contribuir com ideias e, portanto, fazer parte da solução dessas questões.

Competências gerais

Estão listadas a seguir as competências gerais que foram trabalhadas neste volume:

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
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.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

Competências específicas

Estão listadas a seguir as competências específicas trabalhadas neste volume:

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.
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).

Habilidades

As habilidades trabalhadas neste volume são:

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(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.

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(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.



SUMÁRIO

UNIDADE
UNIDADE
UNIDADE
1

Transformações dos materiais

Capítulo 1 – Introdução às transformações químicas	12	Atividade 1 – Ciclo de vida das embalagens	30
Atividade 1 – Como reconhecer uma transformação química	12	3.1 Os princípios da Química Verde	31
Atividade 2 – As evidências garantem que ocorreu uma transformação química?	17	Atividade 2 – Qual é a relação entre as quantidades de reagentes que formam os produtos de uma reação química?	32
1.1 As evidências e o reconhecimento de reações químicas.....	19	3.2 A lei das proporções definidas	35
Capítulo 2 – A massa muda?		3.3 Contando átomos, moléculas e íons	36
Conservação da matéria	21	3.4 A quantidade de matéria – mol	37
Atividade 1 – Conservação da massa nas reações químicas	21	Atividade 3 – Contando moléculas.....	39
2.1 A massa é conservada nas reações químicas?....	24	Atividade 4 – Relacionando quantidade de matéria e massa dos materiais	40
2.2 A linguagem química	25	3.5 Volume molar dos gases.....	42
Capítulo 3 – Evitando desperdício nas reações: Química Verde	29	Atividade 5 – Relacionando quantidades em uma reação química	44
		3.6 Ecodesign.....	45
		Atividade 6 – Economizando materiais e energia....	47
		Questões de exames.....	48

UNIDADE
UNIDADE
UNIDADE
2

Ligações químicas e interações intermoleculares

Capítulo 4 – Ligações químicas e interações entre átomos	52	4.6 Fórmula molecular e estrutural.....	72
4.1 A molécula da água (H_2O).....	53	4.7 Modelo de ligação iônica.....	73
Atividade 1 – Modelos de ligação química e propriedades dos materiais.....	55	4.8 Modelo de ligação metálica	75
4.2 Propriedades dos materiais e tipos de ligações químicas	59	Atividade 5 – O uso dos materiais, suas propriedades e modelos de ligação química.....	78
4.3 Modelo de ligação covalente	63	Capítulo 5 – Interações intermoleculares	79
Atividade 2 – Simulação: polaridade das ligações e polaridade das moléculas	65	5.1 As interações intermoleculares e as propriedades das substâncias moleculares	80
4.4 A polaridade das ligações covalentes.....	66	Atividade 1 – Polímeros e interações intermoleculares	85
Atividade 3 – Estruturas de Lewis	67	5.2 Polímeros e interações intermoleculares	88
Atividade 4 – Arranjo espacial: geometria molecular.....	69	5.3 As propriedades dos sólidos covalentes.....	89
4.5 Geometria molecular	70	Questões de exames.....	90

Energia

Capítulo 6 – Calor, temperatura e propriedades térmicas dos materiais	94
Atividade 1 – Termômetros	95
6.1 Temperatura, equilíbrio térmico e calor	96
Atividade 2 – Temperatura e sensação de quente e frio	99
6.2 Sensação e condutividade térmica	100
Atividade 3 – Temperatura e calor	100
6.3 Calor e temperatura na linguagem cotidiana e na ciência	102
6.4 Temperatura e energia interna de um sistema	103
Atividade 4 – Propriedades térmicas dos materiais	103
6.5 Calor específico	104
6.6 Calor latente de fusão e de vaporização	105
6.7 Formas de propagação do calor	106
Atividade 5 – Condução de calor em metais	106
Atividade 6 – Propagação do calor na água	109
Atividade 7 – Radiação térmica	111
6.8 Dilatação térmica	112
Capítulo 7 – Leis da Termodinâmica e máquinas térmicas	114
Atividade 1 – Aquecimento da água sem fonte de calor	115
7.1 Trabalho, energia interna e calor	116
Atividade 2 – Relação entre pressão, volume e temperatura de um gás	118
Atividade 3 – Gás ideal	119
7.2 Gás ideal	120
Atividade 4 – Máquina térmica e sociedade	121
7.3 Máquinas térmicas	122

Atividade 5 – O poder da condensação	123
7.4 Entropia	126
Atividade 6 – Funcionamento de refrigeradores	130
7.5 Geladeira	131
7.6 Um pouco mais sobre entropia	132
Capítulo 8 – Armazenando energia elétrica	135
8.1 Introdução ao estudo das reações de oxirredução	135
Atividade 1 – Vitamina C como agente redutor: interação com iodo	136
8.2 Substâncias oxidantes e redutoras	137
Atividade 2 – Compreendendo o quadro de potenciais de eletrodos-padrão de redução	140
8.3 Potenciais-padrão de redução	142
8.4 Os constituintes da pilha comum	143
Atividade 3 – Explorando pilhas e baterias	144
8.5 Explorando pilhas e baterias	146
8.6 Células eletroquímicas, pilhas e baterias	146
8.7 Pilha de Daniell	147
Atividade 4 – Um procedimento para o cálculo da diferença de potencial	150
8.8 Balanceamento de equações que envolvem oxidação e redução	151
Atividade 5 – Um exemplo de eletrólise	152
8.9 Alguns exemplos que envolvem o uso da eletrólise para obtenção de materiais	153
8.10 Vantagens e riscos do alumínio	155
Atividade 6 – Baterias	157
Questões de exames	158

Referências bibliográficas comentadas ... 160



O processo de formação de ferrugem, que ocorre em determinados materiais, é uma transformação química que acontece ao longo do tempo.

UNIDADE UNIDADE UNIDADE UNIDADE UNIDADE UNIDADE

1

Transformações dos materiais

As ideias de estabilidade e de mudança aparecem em muitos sistemas. Mas você sabe o que são sistemas? Um sistema é uma parte do universo que escolhemos estudar. Por exemplo, uma transformação química que está sendo analisada em laboratório pode ser considerada um sistema; um prédio pode ser um sistema, bem como toda uma cidade. Podemos considerar o planeta inteiro um sistema.

Em todos os sistemas, há situações em que aparentemente nada se altera ao longo do tempo. Entretanto, com uma análise mais profunda, podem ser revelados diversos tipos de mudança escondidos de nossos sentidos, seja pela sua escala de tamanho, seja pela escala de tempo.

O conhecimento científico pode ser construído por meio da investigação de sistemas, com o objetivo de encontrar padrões em processos que envolvam mudanças ou estabilidade. Dessa forma, modelos podem ser criados para facilitar a explicação de fenômenos. Além disso, a compreensão de um sistema, quando aplicada, pode contribuir para a criação de tecnologias que permitem controlar algumas mudanças que ocorrem em um determinado sistema.

Nesta unidade, vamos compreender fenômenos em que alguns aspectos investigados se alteram, enquanto outros permanecem constantes. Mas esses conceitos não são exclusivos deste capítulo; são características que estarão presentes em todos os assuntos que você vai estudar.



CAPÍTULO 1

Competências gerais: 1, 2 e 9 Competências específicas: 1 e 3
Habilidades: (EM13CNT101) e (EM13CNT301)

Introdução às transformações químicas

Muitos dos materiais que utilizamos no dia a dia podem ser obtidos por meio de transformações, e essa é uma das principais propriedades dos materiais encontrados na natureza.

Ao longo da história, o ser humano vem utilizando essa capacidade de transformação para produzir novos materiais, conservar alimentos, obter energia, combater doenças, etc. Contudo, apenas recentemente formulou explicações gerais que permitiram sistematizar o conhecimento sobre as transformações, organizando-as em algumas classes de fenômenos.

Assim, a queima de materiais combustíveis, a obtenção de metais e a produção de bebidas, inicialmente consideradas fenômenos diversos, constituem, atualmente, uma única classe de transformações: **as reações químicas**.

É possível reconhecer uma transformação por meio de suas evidências macroscópicas, que geralmente são algum tipo de alteração que ocorre no material. Neste capítulo, compreenderemos alguns aspectos das transformações químicas, começando por como reconhecê-las por meio de evidências.



Marcelo_Krelling/Shutterstock

Figura 1.1 – Quando os ingredientes do pão de queijo são misturados e colocados na presença de calor, ocorrem reações químicas cujo resultado pode ser observado na textura e no sabor desse alimento.

ATIVIDADE 1

Como reconhecer uma transformação química

INVESTIGAÇÃO



Neste momento, vamos analisar alguns fenômenos com o objetivo de verificar as características iniciais e finais dos materiais quando estes sofrem determinada transformação, evidenciando a ocorrência ou não de reações químicas. Para isso, precisaremos analisar algumas reações químicas, caracterizando o sistema inicial (antes da transformação) e o sistema final (depois da transformação).

Esta atividade tem o objetivo de reconhecer as evidências que permitem avaliar se uma reação química ocorreu e se houve produção de novos materiais.





PARTE A – Reação entre o vinagre e o bicarbonato de sódio

MATERIAL

Pasta “L” de plástico incolor, conta-gotas, bastão de vidro ou palito de madeira, folha de papel impressa com dois círculos, bicarbonato de sódio em pó e vinagre de álcool (incolor).

O QUE FAZER

1. Insiram a folha impressa no interior da pasta “L”. Em seguida, adicionem uma pequena quantidade de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) dentro do círculo impresso.



Figura 1.2 – Bicarbonato de sódio no interior do círculo impresso.

2. Adicionem 1 ou 2 gotas da solução de vinagre (HAc) ao lado do bicarbonato de sódio. Anotem no caderno o que foi observado, considerando que este é o **sistema inicial**.



Figura 1.3 – Solução de vinagre ao lado do bicarbonato de sódio sólido.

O vinagre é uma solução diluída de ácido acético (CH_3COOH). Escolhemos representar o ácido acético por HAc .

3. Com o auxílio de um bastão de vidro ou palito de madeira, coloquem a solução de vinagre em contato com o bicarbonato de sódio sólido. Observem o que ocorre após determinado tempo e anotem no caderno. Este será o **sistema final**.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Descrevam as características macroscópicas do sistema inicial (solução de vinagre e bicarbonato de sódio separados).
2. Descrevam o que ocorreu no sistema quando houve a mistura da solução de vinagre com o bicarbonato de sódio.
3. Há alguma evidência de que ocorreu uma transformação?
4. Como vocês identificariam as novas substâncias formadas?
5. Se vocês determinassem a massa (m_i) do sistema inicial e a massa (m_f) do sistema final, após a transformação se completar, vocês acham que m_i seria maior ou menor que m_f , ou seria igual? Justifiquem.

PARTE B – Queima de um pedaço de palha de aço

MATERIAL

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

Palitos de fósforo, palha de aço e base de madeira ou metal.





O QUE FAZER

- Coloquem um pequeno pedaço de palha de aço em uma superfície para que ele possa ser queimado. Em seguida, com a supervisão do professor, queiem a palha de aço e anotem o que se observou após a queima total.



Dottaz/Arquivo da editora

Utilize equipamento de proteção individual (EPI) nesta prática.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

REFLEXÃO

- Descrevam as características do sistema inicial (palha de aço e outro reagente que vocês imaginam que participe da reação).
- Descrevam as características do sistema final, após a queima da palha de aço.
- É possível identificar alguma evidência de que ocorreu uma transformação? Justifiquem.
- Como vocês identificariam as novas substâncias formadas?
- Se vocês determinassem a massa inicial do sistema (m_i) e a massa final do sistema (m_f), após a transformação se completar, vocês acham que m_i seria maior ou menor que m_f , ou seria igual? Justifiquem.

PARTE C – Reação entre soluções de hidróxido de sódio e cloreto de cálcio

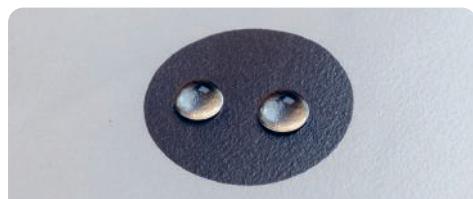
MATERIAL

Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,1 mol/L, pasta "L", palito de madeira, folha de papel impressa com dois círculos e dois conta-gotas.

Cuidado ao manipular o NaOH ! Em caso de contato com a pele, lave-a com água em abundância. Em caso de ingestão, procure um médico imediatamente.

O QUE FAZER

- Inseriam a folha de papel impressa com os dois círculos no interior da pasta "L".
- Adicionem 1 ou 2 gotas de NaOH 0,1 mol/L no círculo preto impresso.
- Em seguida, adicionem aproximadamente a mesma quantidade da solução CaCl_2 0,1 mol/L ao lado da solução de NaOH . Anotem no caderno o que se observou neste sistema inicial.



Dottaz/Arquivo da editora

Figura 1.5 – Soluções de hidróxido de sódio e cloreto de cálcio.

- Misturem as duas soluções com a ajuda de um palito de madeira. Em seguida, anotem no caderno o que se observou no sistema final.





REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. É possível identificar alguma evidência de que ocorreu uma transformação? Justifiquem.
2. Como vocês identificariam as novas substâncias formadas?
3. Se vocês determinassem a massa do sistema inicial (m_i) e a massa do sistema final (m_f), após a transformação se completar, vocês acham que m_i seria maior ou menor que m_f , ou seria igual? Justifiquem.

PARTE D – Reação entre soluções de vinagre e hidróxido de sódio

MATERIAL

**REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR**

Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, vinagre (HAc), pasta “L”, folha de papel impressa com dois círculos, palito de madeira e conta-gotas.

O QUE FAZER

1. Insiram a folha de papel impressa com os dois círculos no interior da pasta “L”.
2. Adicionem 2 gotas da solução de NaOH 0,1 mol/L no interior do círculo da folha.
3. Em seguida, adicionem a mesma quantidade de solução de vinagre, ao lado da solução de NaOH. Anotem no caderno o que foi possível observar neste sistema inicial.



Dottai2/Arquivo da editora

Cuidado ao manipular o NaOH! Em caso de contato com a pele, lave-a com água em abundância. Em caso de ingestão, procure um médico imediatamente.

Figura 1.6 – Soluções de hidróxido de sódio e vinagre.

4. Misturem as soluções com a ajuda de um palito de madeira. Em seguida, anotem no caderno o que foi possível observar neste sistema final.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Descrevam as características do sistema inicial (solução de vinagre e solução de NaOH), antes da transformação.
2. Descrevam as características do sistema após a adição da solução de vinagre à solução de NaOH.
3. É possível identificar alguma evidência de que ocorreu uma transformação? Justifiquem.
4. Como vocês identificariam as novas substâncias formadas?
5. Se vocês determinassem a massa do sistema inicial (m_i) e a massa do sistema final (m_f), após a transformação se completar, vocês acham que m_i seria maior ou menor que m_f , ou seria igual? Justifiquem.

PARTE E – Reação entre soluções de vinagre e hidróxido de sódio na presença de solução de repolho roxo

MATERIAL

**REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR**

Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, solução de repolho roxo, solução de vinagre, folha de papel impressa com dois círculos, pasta “L”, palito de madeira e três conta-gotas.

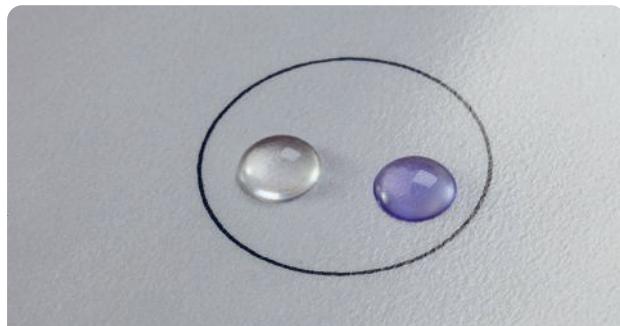




O QUE FAZER

1. Insiram a folha de papel impressa com os dois círculos no interior da pasta "L".
2. Adicionem, no interior do círculo da folha, 2 gotas da solução de vinagre.
3. Em seguida, adicionem 2 gotas da solução de repolho roxo ao lado das gotas de solução de vinagre. Anotem no caderno o que é possível observar neste sistema inicial. Misturem a solução de vinagre com a solução de repolho roxo usando o palito de madeira. Observem a coloração obtida.

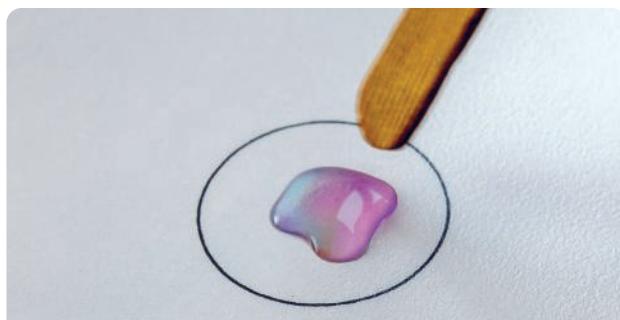
Preparo de indicador de repolho roxo: coloque algumas folhas de repolho roxo em uma panela com água e aqueça até a fervura. Depois, filtre a solução. Deixe esfriar antes de usar. Atenção, peça a ajuda de seu responsável para esse preparo!



Dotta2/Arquivo da editora

Figura 1.7 – Soluções de vinagre e repolho roxo.

4. Adicionem, no mesmo círculo, 2 gotas da solução de NaOH 0,1 mol/L sobre as soluções de vinagre e de repolho roxo. Com a ajuda de um palito de madeira, misturem as soluções. Anotem no caderno o que foi possível observar neste sistema final.



Dotta2/Arquivo da editora

Figura 1.8 – Mistura das soluções de vinagre, hidróxido de sódio e repolho roxo.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Descrevam as características do sistema inicial (vinagre, solução de repolho roxo e solução de NaOH), antes da transformação.
2. Descrevam as características do sistema quando vocês adicionaram gotas da solução de vinagre à solução de repolho roxo.
3. Descrevam as características do sistema quando vocês adicionaram a solução de NaOH à solução de vinagre contendo gotas da solução de repolho roxo.
4. É possível identificar alguma evidência de que ocorreu uma transformação? Justifiquem.
5. Como vocês identificariam as novas substâncias formadas?
6. Se vocês determinassem a massa do sistema inicial (m_i) e a massa do sistema final (m_f), depois que a transformação se completou, vocês acham que m_i seria maior ou menor que m_f , ou seria igual? Justifiquem.



ATIVIDADE 2

As evidências garantem que ocorreu uma transformação química?

Na atividade anterior, realizamos alguns experimentos nos quais o estado final de alguns sistemas ficou diferente do estado inicial. Nesses sistemas, foi possível observar algumas características, como a produção de gases, a formação de precipitado, a liberação de calor e a mudança de coloração (figura 1.9).



Charles D. Winters/Photo Researchers/Latinstock



DanielWanke/Fotolia



Natalielleme/Shutterstock

Figura 1.9 – Evidências de transformação: a) produção de gás; b) liberação de calor; c) formação de precipitado.

Essas alterações são indícios de que ocorreu a produção de novos materiais nos sistemas observados. Dessa forma, podemos inferir que, provavelmente, aconteceu uma transformação ou uma reação química nesses sistemas. No entanto, ao trabalhar com evidências, sempre pode haver dúvidas sobre a ocorrência ou não de uma transformação química.

Antes de iniciarmos a próxima investigação, é importante pensar em duas questões: a existência de uma evidência garante que houve produção de novos materiais em uma transformação qualquer? Poderiam ocorrer reações sem uma modificação observável no sistema? Debata com os colegas essas questões e anotem a conclusão no caderno.

INVESTIGAÇÃO



REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR!

Nesta investigação, vamos aprofundar um pouco o debate sobre as evidências de uma transformação com a finalidade de delimitar o papel delas em reações químicas.

MATERIAL

Água, uma colher (de chá), refrigerante, sal de cozinha, açúcar, 1 comprimido efervescente, três copos de vidro e uma proveta de 50 mL.



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 1.10 – Alguns materiais que serão utilizados nesta atividade.





O QUE FAZER

1. Separem os materiais, sem misturá-los, nos seguintes sistemas:
 - a) sal de cozinha e água;
 - b) refrigerante e açúcar;
 - c) água e comprimido efervescente.
2. Em seguida, elaborem um quadro no caderno para todos os sistemas com as características dos componentes no estado inicial, o registro das observações durante as transformações e as características no estado final de cada sistema.
3. Identifiquem os copos com as letras A, B e C.
4. Adicionem 20 mL de água aos copos A e C e 20 mL de refrigerante ao copo B.
5. Em seguida, adicionem uma colher (de chá) de sal ao copo A, uma colher de açúcar ao copo B e meio comprimido efervescente ao copo C.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Ao observar as transformações ocorridas, que diferenças podem ser reconhecidas entre os sistemas A, B e C?
2. O gás liberado nos sistemas B e C já existia em cada um dos sistemas iniciais?
3. Nos sistemas observados, houve produção de novo material? Em caso afirmativo, como se pode evidenciar esse fato?

Agora, vamos compreender o que ocorreu nos três sistemas.

No sistema A, ao adicionarmos sal de cozinha à água, houve formação de uma solução aquosa com algumas características diferentes das dos materiais iniciais (**figura 1.11**).

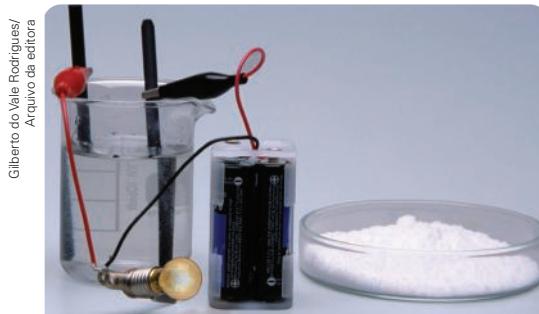


Figura 1.11 – A solução de sal e água é condutora de eletricidade, o que não ocorre com a água e o sal sólido separadamente.

No sistema B, ao adicionarmos açúcar ao refrigerante, foi possível observar um desprendimento de gás (**figura 1.12**). Esse gás, porém, já estava presente no sistema inicial, dissolvido no líquido do refrigerante. Vocês já devem ter observado bolhas de gás que se desprendem quando transferimos o refrigerante de uma garrafa para um copo, ou quando abrimos um refrigerante quente.



Figura 1.12 – A adição de açúcar acelera o desprendimento do gás já existente no refrigerante.





No sistema C, ao adicionarmos meio comprimido efervescente à água, houve liberação de gás. Neste caso, o gás não estava presente na composição do comprimido nem na composição da água, mas foi produzido pela interação do comprimido com a água.

Esse tipo de transformação, em que são produzidos materiais não existentes inicialmente no sistema, é chamado de **reação química** ou **transformação química**.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Caso a água do sistema final C evaporasse, seria possível obter novamente o comprimido efervescente?
2. Em caso afirmativo, se esse comprido obtido fosse colocado novamente em água, ele produziria efervescência? Justifiquem.

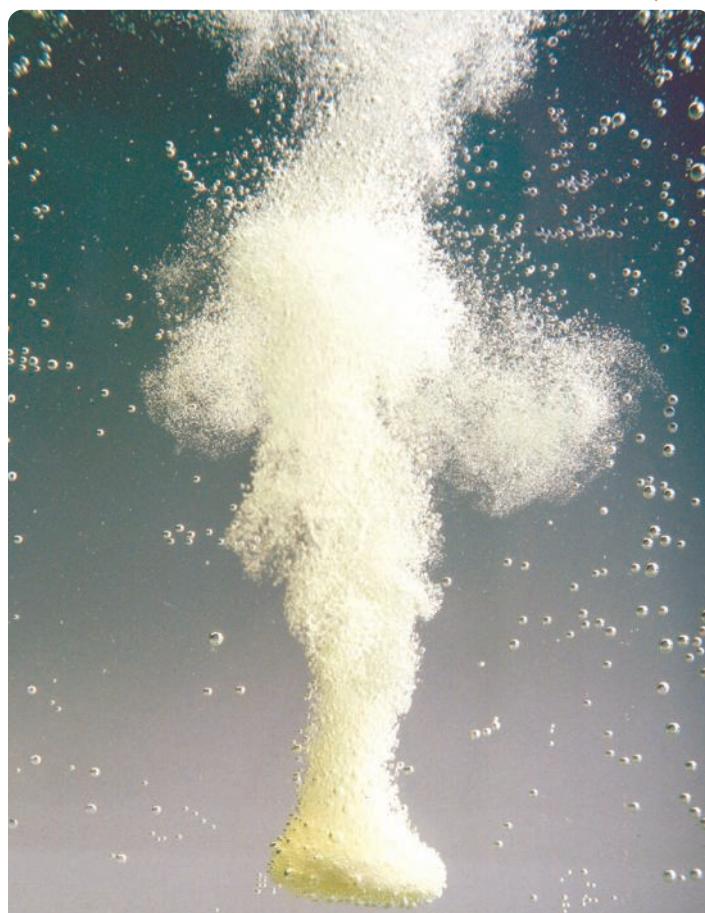


Figura 1.13 – Produção de gás na reação do comprimido efervescente com água.

1.1 As evidências e o reconhecimento de reações químicas

Para o reconhecimento de reações químicas, podemos relacionar sua ocorrência à presença de evidências que permitem diferenciar o estado final do estado inicial do sistema. Entre os exemplos estudados, uma das evidências foi a produção de gás.

Existem, porém, outras evidências para o reconhecimento de reações químicas. Por exemplo, na coagulação da caseína do leite, usando coalho, o aparecimento de coágulos no leite também é evidência de que ocorre reação (figura 1.14).

No entanto, não podemos ter certeza de que ocorreu uma reação química com base apenas em evidências simples e diretas. Para obter informações mais seguras sobre a natureza de uma transformação, é preciso isolar os materiais obtidos e, em seguida, determinar algumas de suas propriedades, como as temperaturas de fusão e de ebulação, a densidade, etc.

A constatação de que as propriedades do sistema final são diferentes daquelas dos componentes do sistema inicial é uma forma mais segura de comprovar a ocorrência de reações químicas. Na prática, esse último procedimento só é utilizado quando trabalhamos com reações desconhecidas, para as quais não se tem certeza da natureza dos produtos.

Conhecer as evidências de reações químicas ajuda os químicos a ganhar tempo na caracterização das transformações.



Figura 1.14 – Aparecimento de coágulos no leite.



Caracterização das transformações dos materiais

Para compreender a caracterização das transformações, vamos analisar os fenômenos a seguir.

A dissolução de açúcar em água e as mudanças de fase da água são exemplos de fenômenos em que ocorrem apenas transformações do estado físico do material. Uma característica comum a esses dois fenômenos é que não há produção de novos materiais (**figura 1.15**). Além disso, é possível obter novamente o material no seu estado inicial, ou seja, é possível obter a água no estado líquido pelo resfriamento do vapor e obter o açúcar no estado sólido pela evaporação do solvente.



Figura 1.15 – Em uma transformação de estado físico, não há formação de novo material. É o que acontece na dissolução de açúcar em água (a) e no derretimento do gelo (b).

A outra classe de fenômenos são as reações químicas. Nesse caso, há formação de novos materiais no sistema final. As reações podem ser **irreversíveis**, quando não é possível obter novamente os materiais iniciais, ou **reversíveis**, quando isso é possível.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Quais dos fenômenos relacionados a seguir podem ser classificados como reações químicas? Justifique a resposta descrevendo os estados inicial e final para cada caso e citando as evidências.
 - a) Dissolução de permanganato de potássio ($KMnO_4$) em água.
 - b) Mistura de tinta azul com tinta amarela para produzir tinta verde.
 - c) Fusão da naftalina.
 - d) Formação de ferrugem.
 - e) Queima de uma vela.
2. Com base nas respostas da questão anterior e nas características das transformações debatidas, retome as perguntas que foram feitas na introdução da Atividade 2 deste capítulo e complemente as respostas iniciais.

PARA SABER +

- Canal Manual do Mundo – Nesse canal você encontrará vídeos com experiências e curiosidades científicas. Disponível em: <https://www.youtube.com/user/iberethenorio/videos>. Acesso em: 19 ago. 2020.

CAPÍTULO 2

A massa muda? Conservação da matéria

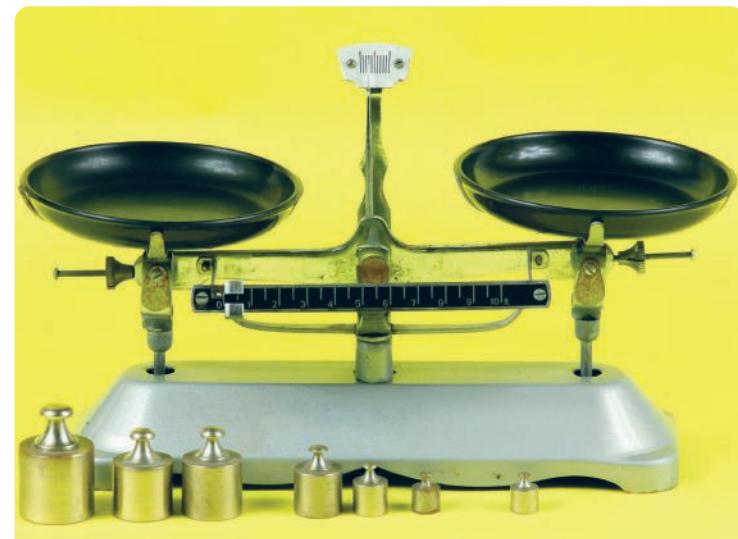
Competências gerais: 1, 2, 4 e 9 Competências específicas: 1 e 3

Habilidades: (EM13CNT101), (EM13CNT301), (EM13CNT302) e (EM13CNT307)

Para que seja possível analisar uma reação química, precisamos compreender a noção de **conservação da massa**. Essa noção é importante para que se possa entender qual tipo de transformação ocorreu em determinada reação, já que devemos analisá-la considerando o que se transforma e o que se conserva.

Você, por exemplo, não é a mesma pessoa todos os dias, pois está se transformando constantemente, seja física, seja mentalmente. Seus familiares e amigos, no entanto, são capazes de reconhecê-lo como a mesma pessoa, ainda que fiquem algum tempo sem vê-lo. Isso é possível porque algo se conservou na sua aparência, apesar das mudanças.

A identidade é uma característica fundamental de todos os sistemas que estão em transformação. Nas reações químicas, como em qualquer outra transformação, também se observa essa característica. Algumas características permanecem constantes durante o processo, enquanto outras mudam. Até aqui enfatizamos as mudanças que ocorrem em um sistema inicial (reagente). Agora, vamos começar a nos preocupar com **o que se conserva**.



Jiang Hongyan/Shutterstock

Figura 2.1 – Balança de pratos.

ATIVIDADE 1

Conservação da massa nas reações químicas

INVESTIGAÇÃO



REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

Nesta atividade, vamos investigar algumas características de três reações químicas diferentes. Nossa objetivo é verificar se a massa do estado inicial é igual à massa do estado final ou diferente dela.

PARTE A – Reação entre o bicarbonato de sódio e o vinagre

Vamos estudar uma transformação química que envolve a interação entre o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e o vinagre – ácido acético (CH_3COOH) – para compreender o que ocorre com a massa total antes e depois de a reação ocorrer. Observemos esse fenômeno em um sistema aberto e em um sistema fechado.

Para a substância representada pela fórmula NaHCO_3 , a IUPAC (sigla em inglês para União Internacional de Química Pura e Aplicada), organização internacional que regulamenta a denominação dos compostos químicos, recomenda a nomenclatura hidrogenocarbonato de sódio. No entanto, essa substância é popularmente conhecida como bicarbonato de sódio. Em nossos textos, optamos por manter o nome popular da substância.





Reação em sistema aberto

MATERIAL

Quatro gramas de bicarbonato de sódio (NaHCO_3), água, uma garrafa PET de 600 mL, 10 mL de vinagre (ácido acético (CH_3COOH)), uma balança, um bêquer de 50 mL, uma proveta de 50 mL, um tubo de ensaio pequeno (ele deve passar pela abertura da garrafa) e uma espátula ou colher de sobremesa.

O QUE FAZER

- Transfiram aproximadamente 1,0 g (1 colher de sobremesa) de NaHCO_3 para a garrafa PET de 600 mL; em seguida, adicionem 20 mL de água.
- Transfiram 5 mL de vinagre para o bêquer de 50 mL.
- Pesem o bêquer com a garrafa PET e anotem o valor da massa ($m_{\text{PET}} + m_{\text{bêquer}}$).
- Transfiram o vinagre do bêquer para a garrafa PET, fechem a garrafa com a tampa, agitem bastante, retirem a tampa da garrafa e aguardem até a reação se completar.
- Pesem novamente todo o conjunto ($m_{\text{PET}} + m_{\text{bêquer}}$) e anotem no caderno o valor da massa encontrado. (Observação: anotem também os valores obtidos pelos outros grupos.)
- Construam no caderno um quadro com os dados obtidos por todos os grupos da classe, com a massa (em g) do sistema antes e depois da reação.



Figura 2.2 – Material necessário para o experimento.

Reação em sistema fechado

O QUE FAZER

- Repitam o mesmo procedimento indicado no item 1 do sistema aberto.
- Em seguida, transfiram, com cuidado, 5 mL de vinagre para o tubo de ensaio.
- Introduzam o tubo na garrafa PET sem deixar que o vinagre entre em contato com a água com NaHCO_3 . Em seguida, tampem a garrafa firmemente.
- Pesem o conjunto e anotem o valor da massa inicial do sistema (m_i).
- Inclinem a garrafa PET de modo que o vinagre escoe lentamente; ao final da reação, pesem novamente o conjunto e anotem no caderno o valor da massa final do sistema (m_f).
- Construam no caderno um quadro com os dados obtidos por todos os grupos da classe, com a massa (em g) do sistema antes e depois da reação.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Nos experimentos anteriores, quais evidências permitem confirmar que ocorreram reações químicas?
- Comparem os valores obtidos nos dois casos para as massas do sistema, antes e depois da reação. O que foi possível constatar? A que vocês atribuem a diferença observada?
- Com os dados do quadro, é possível afirmar que a massa se conserva em uma reação química?



Figura 2.3 – Observe como o tubo de ensaio deve ficar no interior da garrafa para evitar o contato com as outras soluções.





PARTE B – Reação entre hidróxido de sódio e cloreto de cálcio

MATERIAL

**REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR**

Solução de hidróxido de sódio (NaOH), solução de cloreto de cálcio (CaCl_2), água, uma balança, dois bêqueres de 50 mL, dois bastões de vidro e uma colher de chá.



Dotta/Arquivo da editora

Figura 2.4 – Material necessário para a realização I do experimento.

O QUE FAZER

TENHA CUIDADO! A SODA CÁUSTICA PODE CAUSAR QUEIMADURAS!

- Preparam uma solução de soda cáustica (hidróxido de sódio, NaOH) em um bêquer de 50 mL, com **extremo cuidado**, dissolvendo uma colher de chá de NaOH em 25 mL de água. Misturem o sistema utilizando um bastão de vidro.
- Preparam uma solução de CaCl_2 no outro bêquer de 50 mL, dissolvendo uma colher de chá de CaCl_2 em 25 mL de água. Misturem o sistema utilizando um bastão de vidro.

- Pesem os dois bêqueres contendo as soluções, juntos, e obtenham a massa inicial do sistema (m_i).
- Transfiram, lentamente, a solução de CaCl_2 para o recipiente contendo soda cáustica, misturando a solução resultante com um bastão de vidro.
- Voltem a pesar os dois recipientes depois que a reação se completar e anotem no caderno a massa final do sistema.
- Construam no caderno um quadro com os dados obtidos por todos os grupos da classe, com a massa (em g) do sistema antes e depois da reação.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Quais evidências permitem confirmar que ocorreu uma reação química?
- Comparando os valores obtidos para as massas do sistema antes e depois da reação, o que se pode constatar? Vocês esperavam obter esse resultado?
- Com os dados do quadro, é possível afirmar que a massa é conservada em uma reação química?
- Comparem essa reação com a da Parte A – entre o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e o vinagre (CH_3COOH). Por que não foi necessário usar um frasco fechado para constatar a conservação de massa na reação química do CaCl_2 com a soda cáustica?

PARTE C – Queima de lã de aço

MATERIAL

**REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR**

Um pedaço de lã de aço, um bêquer de 250 mL (ou vidro de relógio ou ainda um pires de xícara de chá), uma balança e uma caixa de fósforos ou um isqueiro.

TENHA CUIDADO



Dotta/Arquivo da editora

Figura 2.5 – Material necessário para a realização do experimento.





O QUE FAZER

- Coloquem um pedaço de lã de aço no bêquer de 250 mL (ou no vidro de relógio ou no pires). É importante aumentar a superfície de contato da lã de aço com o ar. Para isso, abram-na bastante antes de colocá-la no recipiente escolhido. Pesem o sistema e anotem sua massa inicial (m_i).
- Utilizando um palito de fósforo ou o isqueiro, com a ajuda do professor, queimem a lã de aço dentro do bêquer ou sobre o vidro de relógio ou o pires. Procurem queimar o material completamente. Pesem novamente o sistema e anotem a massa final dele (m_f).

- Construam no caderno um quadro com os dados obtidos por todos os grupos da classe, com a massa (em g) do sistema antes e depois da reação.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Quais evidências permitem confirmar que ocorreu uma reação química?
- Comparando os valores obtidos para as massas dos sistemas antes e depois da queima, o que se pode constatar? Vocês esperavam obter esse resultado?
- Com os dados do quadro, é possível afirmar que a massa se conserva numa reação química? Como é possível explicar os dados obtidos?

2.1 A massa é conservada nas reações químicas?

É comum a ideia de que materiais, ao serem queimados, ficam mais leves. Isso se deve ao fato de lidarmos, em nosso cotidiano, com muitas combustões que geram gases como produto. Por exemplo, o etanol (C_2H_5OH) tem como produtos de sua queima gases como dióxido de carbono (CO_2) e vapor de água, entre outros.

Se a reação ocorre em sistemas abertos, esses gases ficam dispersos na atmosfera. Isso é diferente do que ocorre com uma vela ou um pedaço de papel, cujos produtos, em sua queima, incluem outras substâncias além das gasosas. Outro exemplo é a lã de aço, que, ao ser queimada, tem sua massa aumentada, pois há geração de produtos sólidos.

A maioria das combustões envolve a participação do gás oxigênio (O_2); nessas reações, ele é chamado comburente. Os produtos formados terão, em sua composição, átomos de oxigênio; por exemplo: CO_2 , H_2O , CuO , FeO , Fe_2O_3 , etc.

Como o óxido de cobre (CuO) e os óxidos de ferro (FeO e Fe_2O_3) são sólidos que apresentam elevadas temperaturas de fusão, a temperatura que se atinge durante a queima da lã de aço ou de um fio de cobre não é suficiente para volatilizá-los. Já o dióxido de carbono (CO_2) é uma substância gasosa, e a água (H_2O) pode ser facilmente vaporizada. Assim, ambos são desprendidos para a atmosfera.

Deve-se observar que a queima do papel e da vela, assim como a queima da lã de aço, não contraria a conservação da massa nas reações químicas. A soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos; mas, nesse caso, só podemos constatar a conservação de massa em sistemas fechados, pois nessas reações estão envolvidas substâncias gasosas, tanto na forma de reagentes quanto na forma de produtos.



Thai Breeze/Shutterstock

Figura 2.6 – Como algumas combustões produzem gases, é comum termos a ideia de que, com a queima, os materiais ficam mais leves.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

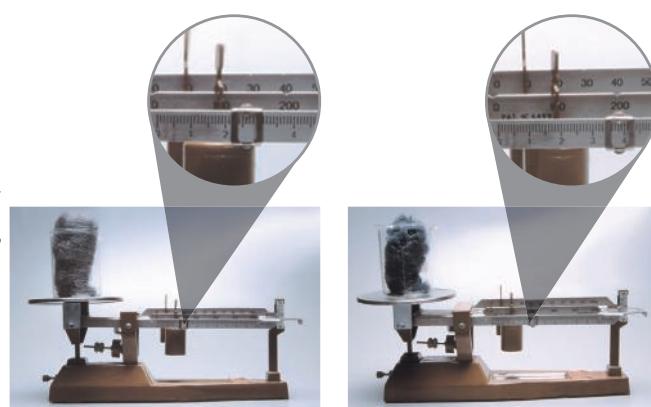


Figura 2.7 – Em alguns casos, a massa do sistema aumenta com a combustão.

A conservação da massa é uma forte evidência da ideia de que, nas reações químicas, a matéria não é criada nem destruída: apenas se transforma por meio do rearranjo dos átomos que a constituem. Lavoisier (1743-1794), ao anunciar esse princípio, teria dito que:

"na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma".

Bridgeman/Fotoarena



Figura 2.8 - Retrato de Antoine-Laurent L de Lavoisier.

É por isso que a conservação da massa talvez seja a principal via para passarmos dos fenômenos, que envolvem a observação das transformações por meio visual ou por medidas, para os modelos, que explicam o que está ocorrendo.

As ideias que utilizamos para justificar por que a massa se conserva nas transformações – "nada saiu do recipiente e nada entrou nele", "não se acrescentou nem se tirou nada" – podem ser reinterpretadas em termos atômico-moleculares. Assim, "não entrou nem saiu nada" pode ser traduzido para: "os átomos presentes no sistema inicial são os mesmos presentes no sistema final". Ao fazer essa "tradução", estamos estabelecendo relações entre as constatações sobre a conservação (ou não) da massa e o que isso significa, em nível atômico-molecular, para a conservação dos átomos.

Uma importante consequência dessa conclusão – **a massa se conserva porque os átomos dos elementos químicos envolvidos na transformação se conservam** – é que ela nos dá uma indicação do tipo de transformação que determinado material pode sofrer. Assim, esperamos que os produtos da reação de combustão da vela sejam gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), entre outros, porque a vela é produzida com uma substância constituída de átomos de carbono e hidrogênio, que reage com o oxigênio do ar na combustão. Dessa forma, os elementos que constituem os reagentes e os produtos são os mesmos (carbono, hidrogênio e oxigênio).

Essa conclusão é importante porque limita os produtos que podem ser esperados de uma reação. O ideal dos alquimistas – obter ouro submetendo enxofre e mercúrio a várias transformações – é impossível, pois as substâncias simples enxofre e mercúrio são formadas por átomos de elementos diferentes daqueles que formam a substância simples ouro. Elas não são constituídas de átomos do mesmo tipo.

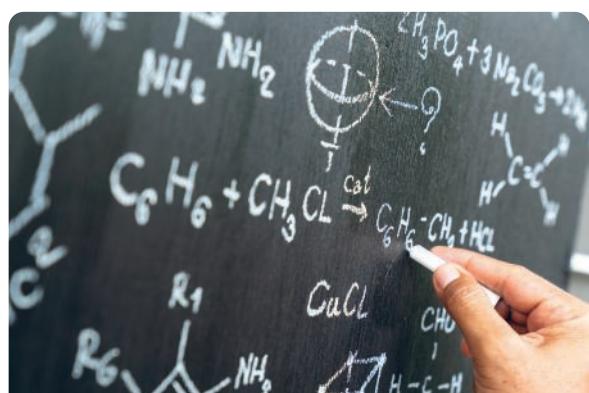
Por outro lado, essa interpretação de que os átomos são conservados numa reação química não proíbe que se possa tentar obter, com açúcar comum (sacarose), diamante e água. Afinal, o açúcar é constituído de átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio; o diamante, de átomos de carbono; e a água, de átomos de oxigênio e hidrogênio.

Se essa reação não acontece, é porque há outras limitações impostas às reações químicas, relacionadas com as mudanças na energia do sistema, quando ele é transformado, e com a velocidade com que a reação se processa.

2.2 A linguagem química

Investigamos vários fenômenos que envolvem a formação de novas substâncias com o objetivo de debatermos aspectos que são mantidos estáveis e aspectos que apresentam modificação. O registro dessas informações na Ciência é extremamente importante. No caso dos fenômenos que estudamos, esse registro é feito por meio de equações químicas.

Para representarmos as reações químicas por meio de equações, temos de usar fórmulas químicas e símbolos que indicam os reagentes e os produtos de uma reação. A seguir, vamos compreender como representar e realizar a montagem dessas equações.



Moment RF/Getty Images

Figura 2.9 – A linguagem química é universal.

A representação das reações químicas

Os símbolos dos elementos químicos nos permitem representar as substâncias por meio de fórmulas moleculares, que indicam, geralmente, os elementos participantes na composição de uma substância e a quantidade de cada participante nela. Por exemplo, quando representamos a água por H_2O , essa fórmula indica que a molécula de água tem dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio em sua composição.

Estamos usando o termo molécula pela primeira vez neste volume para indicar a composição mínima de uma substância. A palavra molécula tem um significado muito específico. Só é possível se referir a um conjunto de átomos como molécula se esse conjunto constituir uma substância molecular – algo relacionado aos modelos de ligação química.

Além disso, podemos representar o modo como os átomos estão estruturados e organizados no espaço. Nesse caso, temos uma fórmula estrutural. Por exemplo, os átomos de hidrogênio, no caso da molécula de água, formam um ângulo de aproximadamente 105° entre si. A fórmula estrutural indica, também, que o átomo de oxigênio está ligado a dois átomos de hidrogênio (figura 2.10).

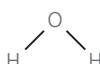


Figura 2.10 – Fórmula estrutural da molécula de água.

No caso da molécula do gás carbônico (CO_2), o átomo de carbono está ligado a dois átomos de oxigênio, e o ângulo entre essas ligações é de 180° , de forma que a molécula é linear (figura 2.11). Toda molécula tem uma forma geométrica específica, a que chamamos de **geometria molecular**.



Figura 2.11 – Fórmula estrutural do gás carbônico.

Nas fórmulas estruturais, representamos cada ligação química por um traço. A existência de dois traços entre os átomos de carbono e de oxigênio, no caso da molécula de gás carbônico (CO_2), indica que existem duas ligações entre esses átomos.

Mais uma vez, é importante ressaltar que esse tipo de representação não significa que a ligação química seja algo de natureza material. Ela é devida à interação eletrostática entre núcleos atômicos e eletrosferas de átomos vizinhos. Em muitas situações, cada ligação química, representada por um traço, indica que dois elétrons estão sendo compartilhados pelos átomos vizinhos.

Existem substâncias para as quais o significado da fórmula molecular é diferente, pois a substância não é constituída de moléculas, mas de íons ou de cadeias tridimensionais de átomos. Por exemplo, no caso do sal de cozinha, uma substância iônica, a fórmula $NaCl$ indica apenas a proporção na qual os elementos se combinam. Assim, não é correto representar a fórmula estrutural do $NaCl$ colocando um traço entre o cloro e o sódio, uma vez que cada íon sódio, no cristal de $NaCl$, está ligado a seis íons cloreto, e cada íon cloreto está ligado a seis íons sódio.

Observe que, na figura 2.12, o traço não indica um par de elétrons sendo compartilhado pelos íons cloreto e sódio, mas uma atração de natureza elétrica entre os dois participantes.

Outro exemplo é a substância diamante, na qual cada cristal perfeito é considerado uma enorme molécula de átomos de carbono ligados uns aos outros (figura 2.13). Nesse caso, a fórmula é simplesmente C, mas os traços na figura indicam que cada átomo de carbono está ligado a quatro outros átomos (por meio de pares de elétrons compartilhados).

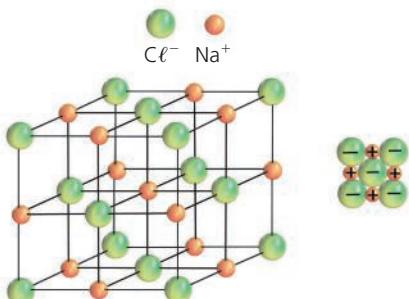


Figura 2.12 – Representação esquemática da estrutura do cristal de cloreto de sódio ($NaCl$). Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

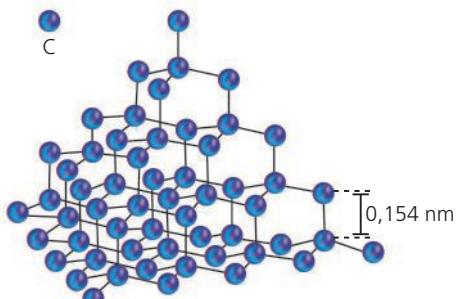


Figura 2.13 – Representação esquemática da estrutura do diamante. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Ilustrações: Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

Escrevendo equações químicas

Para representar os fenômenos por meio de equações químicas, temos de levar em consideração, de maneira articulada, alguns pressupostos e estar atentos ao fato de que a representação é uma simplificação do fenômeno.

O primeiro pressuposto para escrevermos equações químicas é que os materiais são constituídos por átomos, que se conservam durante as transformações. A identidade das reações químicas vem dessa tensão entre a transformação dos materiais em novos materiais e a conservação dos seus átomos. Desse modo, o mesmo número de átomos de determinado elemento químico existente nos reagentes deve constar também dos produtos. Isso explica o fato de a massa ser conservada numa reação química.

A massa é conservada porque os átomos não são criados nem destruídos. Por isso, ao representarmos uma reação por uma equação, o número de átomos que constituem os reagentes deve ser igual ao número de átomos que constituem os produtos. A operação associada a esse princípio é chamada balanceamento da equação química. O balanceamento é importante para a realização de cálculos para determinar as quantidades de reagentes ou de produtos.

O segundo pressuposto, que nos permite escrever equações químicas, é o de que, nas reações, os átomos se combinam para formar substâncias diferentes das iniciais. Observe o exemplo da formação da molécula de água (**figura 2.14**). As formas com que os átomos se combinam são determinadas pela valência dos elementos e pelo arranjo espacial dos elétrons de valência.

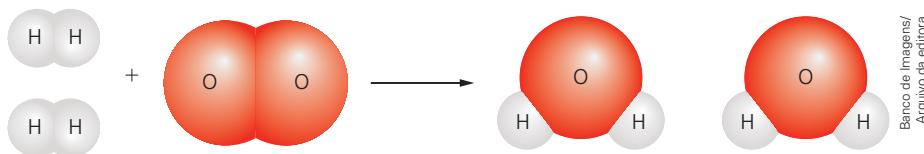


Figura 2.14 – Representação esquemática da formação da molécula de água.

| Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Na equação química, escrevemos as fórmulas dos reagentes no lado esquerdo para representar os materiais antes de a reação ocorrer. Os produtos, por sua vez, são representados no lado direito da equação, indicando que foram formados no processo. Esse processo é indicado por uma seta, que separa reagentes de produtos e que pode conter informações adicionais sobre as condições em que a transformação ocorre.

reagentes → produtos

Na Atividade 1, trabalhamos com a reação química entre o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e o vinagre (CH_3COOH). Poderíamos representar esse fenômeno escrevendo simplesmente: “o bicarbonato de sódio misturado com vinagre produz um gás e um líquido”.

A representação desse fenômeno por uma equação química envolve, inicialmente, uma simplificação, focalizando apenas um dos componentes do sistema, aquele que supomos ser o único participante da reação.

Dessa forma, podemos representar, por exemplo, o bicarbonato de sódio por sua fórmula NaHCO_3 , apesar de o bicarbonato de sódio comercial apresentar várias impurezas. Também podemos indicar, na equação, o estado físico dos participantes. No caso do bicarbonato de sódio, incluímos a informação sobre seu estado, ou seja, $\text{NaHCO}_3(\text{s})$, que significa que a substância está no estado sólido (s).



Reprodução/Arquivo da editora

Figura 2.15 – O bicarbonato de sódio comercial apresenta várias impurezas em sua composição.

O vinagre é uma solução de ácido acético, representado pela fórmula CH_3COOH . O ácido acético puro existe, mas no vinagre está em solução aquosa, o que indicamos pelo símbolo (aq). Para indicar essa situação, usamos $\text{CH}_3\text{COOH(aq)}$.

A reação entre essas duas substâncias produz gás carbônico e outras substâncias que ficam em solução. O gás carbônico no estado gasoso (g) é representado por $\text{CO}_2(\text{g})$. O acetato de sódio, que se encontra em solução aquosa, é representado pela fórmula $\text{CH}_3\text{COONa(aq)}$. Finalmente a água, que se encontra no estado líquido (ℓ), é representada por $\text{H}_2\text{O}(\ell)$.

O fenômeno observado na reação entre o $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ e o $\text{CH}_3\text{COOH(aq)}$ pode ser representado pela seguinte equação química:



Essa equação deve ser lida da seguinte forma:

"Bicarbonato de sódio sólido reage com ácido acético em solução aquosa formando gás carbônico, acetato de sódio, em solução aquosa, e água líquida".

É importante observar que o sinal de mais (+) nos reagentes significa "reage", ao passo que nos produtos significa "e". A seta (\rightarrow), separando reagentes de produtos, significa "formando".

(EXERCÍCIOS)

1. O que é uma transformação química?

NÃO ESCREVA NO LIVRO

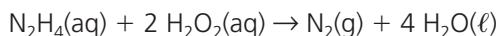
2. Qual é a diferença entre uma reação química e uma equação química?

3. As partes metálicas dos objetos (como automóveis) ficam enferrujadas bem mais rapidamente quando estão nas cidades do litoral do que nas do interior. A formação da ferrugem ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$) resulta da interação do ferro (Fe) com o gás oxigênio (O_2) e com a água (H_2O).

a) Por que se pode afirmar que o enferrujamento é uma reação química? Justifique.

b) Por que a reação de enferrujamento ocorre mais rapidamente no litoral do que no interior?

4. Considere a seguinte equação química:



As seguintes afirmativas foram feitas por estudantes em relação a essa equação. Justifique cada uma delas.

a) O número de átomos dos reagentes é igual ao número de átomos do produto.

b) A massa dos reagentes é igual à massa dos produtos.

c) A reação produz uma substância simples e uma substância composta.

d) Reagentes e produtos encontram-se em estados físicos diferentes.

PARA SABER +

- Acesse o canal Ponto Ciência para aprofundar seus conhecimentos em reações químicas.
- Massa na reação química – parte 1. Neste primeiro vídeo de uma série de quatro, é abordada a conservação de massa nas reações químicas em sala de aula. Nele é possível fazer uma previsão sobre o que ocorre com a massa da queima de um papel. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6u5B9PTSsjk>.
- Massa na reação química – parte 2. O segundo vídeo apresenta o que ocorre com a massa de um papel durante a queima e levanta o questionamento sobre o que aconteceria se uma palha de aço fosse queimada. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YmUU44-cp9Y>.
- Massa na reação química – parte 3. O terceiro vídeo apresenta a reação da queima da palha de aço e solicita uma previsão do que ocorre na reação de um comprimido efervescente em água, em um sistema fechado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Vd28rx90zlQ>.
- Massa na reação química – parte 4. O último vídeo da série apresenta o que ocorre na reação de um comprimido efervescente em um sistema aberto e em um sistema fechado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=MXtwtecdQus>.

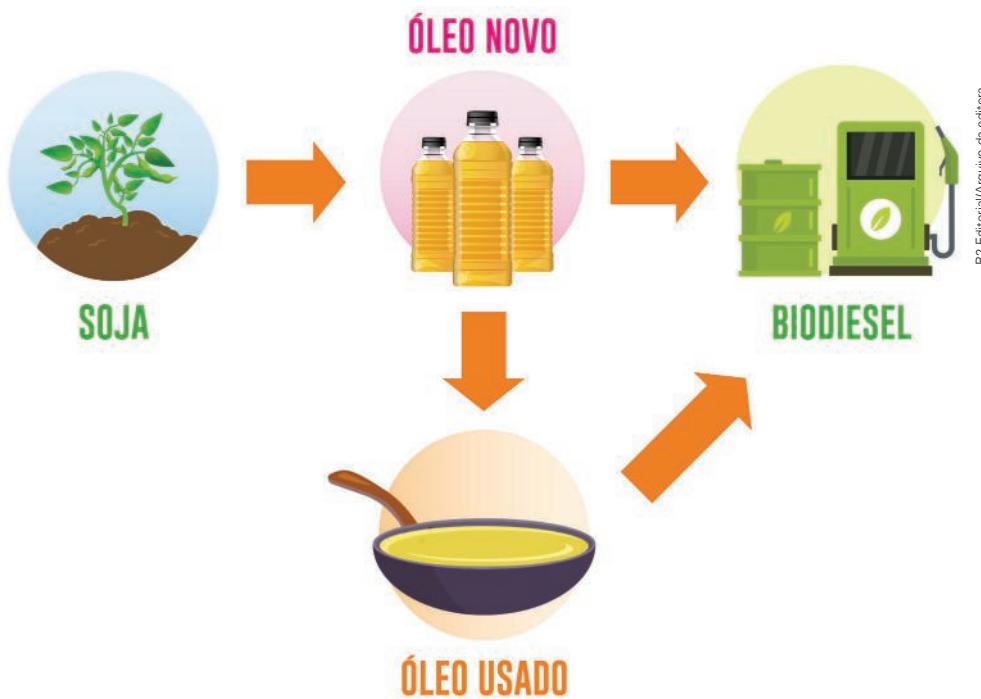
Acesso em: 19 ago. 2020.



CAPÍTULO 3

Competências gerais: 1, 2, 4, 7 e 9 Competências específicas: 1 e 3
Habilidades: (EM13CNT101), (EM13CNT104), (EM13CNT106) e (EM13CNT307)

Evitando desperdício nas reações: Química Verde



F2 Editorial/Arquivo da editora

Figura 3.1 – Aproveitar resíduos e transformá-los em algo útil vai ao encontro dos princípios da Química Verde.
| Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Debatemos a origem dos materiais com os quais obtemos produtos e objetos utilizados todos os dias. Os processos de obtenção das matérias-primas e de sua transformação até chegar aos materiais que utilizamos geram impactos no ambiente. Se reduzimos o consumo de determinado material, estamos colaborando com a diminuição do impacto que esse consumo pode causar ao meio ambiente. Há algumas formas possíveis de diminuir esse impacto: reduzir o consumo de algum produto ou consumir produtos ambientalmente mais corretos, ou seja, que causam menos impacto no ambiente.

Por exemplo, há modelos de garrafas de plástico descartáveis para bebidas que usam menos plástico que outros, embora apresentem o mesmo volume interno. Mesmo que seja pequena, quando somadas muitas garrafas, essa diferença pode representar uma grande economia de materiais e, assim, um menor impacto ambiental.

Da mesma forma que podemos pensar em produtos ambientalmente mais amigáveis, seria positivo se pensássemos também em melhoramentos de processos químicos de transformação das matérias-primas nos materiais que usamos considerando a preocupação com o ambiente.

Nos anos de 1990, uma nova área de pesquisa na Química foi introduzida exatamente com esse objetivo – a chamada **Química Verde**. O termo Química Verde foi criado pelo químico americano Paul Anastas (1962-) em 1991, que depois escreveu, em parceria com John Warner (1962-), o livro *Química Verde: teoria e prática*, considerado um clássico na área.

A Química Verde é uma metodologia que propõe princípios e procedimentos para minimizar ou erradicar o uso ou a geração de substâncias nocivas nos processos criação, fabricação e aplicação de produtos químicos. O objetivo é contribuir para o desenvolvimento de tecnologias e ações para a sociedade, a economia e o ambiente.

Neste capítulo, vamos compreender a formação de produtos nas reações químicas e aprofundar nosso conhecimento sobre a Química Verde.

ATIVIDADE 1

Ciclo de vida das embalagens

Em muitos processos, as reações químicas dão origem a substâncias indesejáveis, além dos produtos que queremos. É fácil pensar por que evitar a geração de resíduos é preferível à alternativa que ainda é muito usada: tratar os resíduos após sua produção.

A ideia de ciclo de vida de produtos tem inspiração em uma concepção ecológica dos produtos, desenvolvida principalmente por uma área de conhecimento denominada **ecodesign**.

O **ecodesign** busca assegurar que a fabricação de um produto envolva o uso racional de energia, de água e de matérias-primas. Nesse âmbito, tem se tornado comum a realização de análises do ciclo de vida dos produtos – do “berço” ao “túmulo” – por parte das indústrias. Essas análises têm por objetivo avaliar os impactos ambientais relacionados a um produto ou serviço desde sua concepção mercadológica – passando por planejamento, extração e uso de matérias-primas, gasto de energia, transformação industrial, transporte e consumo – até seu destino final.

Nesta atividade, cada grupo vai pesquisar informações relacionadas ao ciclo de vida de embalagens para entender como são produzidas – ou seja, de onde vêm – e para onde vão quando descartadas.

INVESTIGAÇÃO



O QUE FAZER

1. Procurem em suas residências embalagens que despertem curiosidade com relação à constituição para ser o tema de seu trabalho nas próximas etapas.



2. Selecione uma das embalagens e respondam às seguintes questões:

- a) Qual é o material (ou materiais) de que a embalagem é constituída?
- b) Qual é a origem de cada material que constitui a embalagem?

- c) Quais são os processos de transformação envolvidos desde a matéria-prima (ou matérias-primas) até a obtenção da embalagem em sua forma final?



- d) Quais são as propriedades dos materiais que constituem a embalagem e que relações essas propriedades têm com seu uso?

- e) A maioria dos processos que vocês listaram envolve a utilização de calor e/ou eletricidade. Procurem obter informações a respeito de que tipo de energia é usado na fabricação da embalagem, como ele é obtido e que tipo de impacto provoca no ambiente.



- f) Para a realização dos processos descritos até aqui, pode haver necessidade de transporte. Procurem obter informações sobre que tipo de transporte é utilizado e os impactos que esse transporte causa no ambiente.

3. Construam um esquema para o ciclo de vida da embalagem escolhida que represente as trocas ocorridas na sua produção.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO



1. Comentem aspectos sociais, econômicos e ambientais relacionados ao ciclo de vida da embalagem que vocês escolheram. Procurem obter dados sobre os tipos de trabalho envolvidos e os impactos ambientais para a comunidade que vive no entorno da fábrica que a produziu.



2. Elaborem reflexões sobre o consumo consciente da embalagem que escolheram. O que vocês poderiam fazer para diminuir o consumo desse tipo de embalagem?

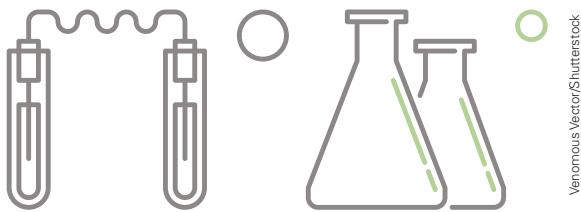


Ilustrações: iStockphoto / Shutterstock.

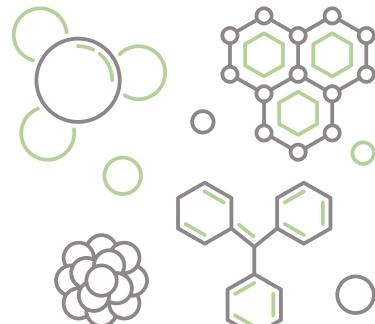
3. O que seu grupo aprendeu com este trabalho? A que conclusões vocês chegaram?

3.1 Os princípios da Química Verde

1. Prevenção: evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou “limpá-lo” após sua geração.
2. Economia de Átomos: deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.
3. Síntese de Produtos Menos Perigosos: sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
4. Desenho de Produtos Seguros: os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.
5. Solventes e Auxiliares mais Seguros: o uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.
6. Busca pela Eficiência de Energia: a utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.
7. Uso de Fontes Renováveis de Matéria-Prima: sempre que técnica e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não renováveis.
8. Evitar a Formação de Derivados: a derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.
9. Catálise: reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.
10. Desenho para a Degradação: os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.
11. Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição: será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.
12. Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes: as substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.



Venomous Vector/Shutterstock



LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DADDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA, C. C. “Green chemistry”: os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 124, jan. 2003.



Venomous Vector/Shutterstock



ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Debata com os colegas e anote no caderno qual seria a ordem de prioridade (da melhor para a pior) dos possíveis destinos dos resíduos de um processo:

- Tratamento para descarte
- Reúso
- Reciclagem
- Prevenção da geração de resíduos
- Minimização da produção de resíduos
- Queima do resíduo (caso seja combustível) para geração de energia

Para compreendermos melhor o que fundamenta o princípio da economia de átomos, vamos aprofundar nosso debate sobre um aspecto das reações químicas: como estão relacionadas as quantidades de substâncias que utilizamos como insumo e as quantidades de produtos que são obtidos. Seria possível “economizarmos átomos”?

ATIVIDADE 2

Qual é a relação entre as quantidades de reagentes que formam os produtos de uma reação química?

Nesta atividade, examinaremos dados obtidos por meio de um experimento realizado em laboratório. Foram utilizados os reagentes nitrato de chumbo (II) $[Pb(NO_3)_2]$ e iodeto de potássio (KI).

INVESTIGAÇÃO



PARTE A – Estabelecendo a relação ideal entre as quantidades de nitrato de chumbo (II) e de iodeto de potássio para a formação de iodeto de chumbo (II)

MATERIAL

Cinco tubos de ensaio, nitrato de chumbo (II) 0,5 mol/L, iodeto de potássio 0,5 mol/L, régua, suporte para tubos de ensaio.

O QUE FOI FEITO

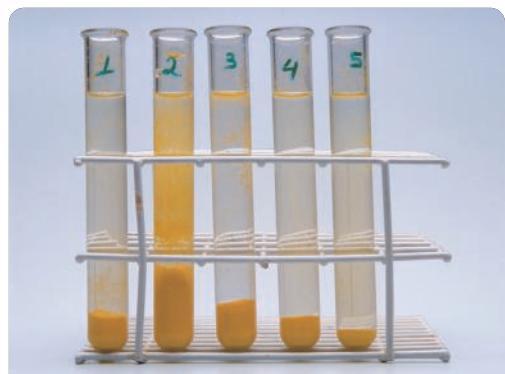
1. Em cinco tubos de ensaio numerados, foram colocados diferentes volumes de KI 0,5 mol/L (figura 3.2).



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.2 – Tubos de ensaio com quantidades diferentes de iodeto de potássio (KI).

2. Adicionou-se aos cinco tubos o volume de solução 0,5 mol/L de $Pb(NO_3)_2$ indicado para cada tubo no quadro 3.1. Os tubos de ensaio foram deixados em repouso, por, no mínimo, 5 minutos, até que o precipitado (é comum utilizarmos a abreviatura ppt para nos referirmos a um precipitado) estivesse depositado no fundo (figura 3.3).



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.3 – Os cinco tubos apresentam precipitados após determinado tempo.





3. Em seguida, mediu-se a altura do precipitado nos cinco tubos, usando uma régua (figura 3.4). Os resultados foram anotados no quadro 3.1.

Tubo	Volume da solução de KI (em mL)	Volume da solução de Pb(NO ₃) ₂ (em mL)	Altura do precipitado (em cm)
1	10	2	1,0
2	8	4	2,5
3	6	6	1,0
4	4	8	0,8
5	2	10	0,5

Quadro 3.1 – Altura do precipitado de iodeto de chumbo (II), PbI₂, em função dos volumes de iodeto de potássio, KI, e de nitrato de chumbo (II), Pb(NO₃)₂.



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.4 – Com a ajuda de uma régua, foram medidas as alturas dos precipitados.

O QUE FAZER

1. Reproduzam o quadro 3.1 no caderno e acrescentem mais uma coluna a ele, com o título: Relação iodeto/nitrato.
2. Utilizando os resultados obtidos do quadro 3.1, preencham a coluna Relação iodeto/nitrato dividindo os volumes de cada tubo pelo menor valor. Por exemplo, no tubo 1, dividindo-se 10 mL e 2 mL por 2 mL, descobre-se que a relação iodeto/nitrato é 5/1 ou 5 : 1 (lê-se 5 por 1).
3. Elaborem um gráfico, em papel milimetrado ou quadriculado, da altura do precipitado obtido em centímetros (eixo das ordenadas), em função da relação iodeto/nitrato (eixo das abscissas).

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Baseando-se nos dados do quadro no caderno e do gráfico construído, que relação iodeto/nitrato possibilitou a formação da maior quantidade de precipitado amarelo?
2. Considerando a relação que vocês encontraram na relação ideal entre os volumes de KI e Pb(NO₃)₂, em que tubos avaliam que exista:
 - a) KI sem reagir (em excesso)? Expliquem a resposta.
 - b) Pb(NO₃)₂ sem reagir (em excesso)? Expliquem a resposta.





PARTE B – Verificando a existência de excesso de reagentes

MATERIAL

Tubos de ensaio com as soluções obtidas na Parte A do experimento, cinco tubos de ensaio, conta-gotas, solução de nitrato de chumbo (II) e solução de iodeto de potássio.

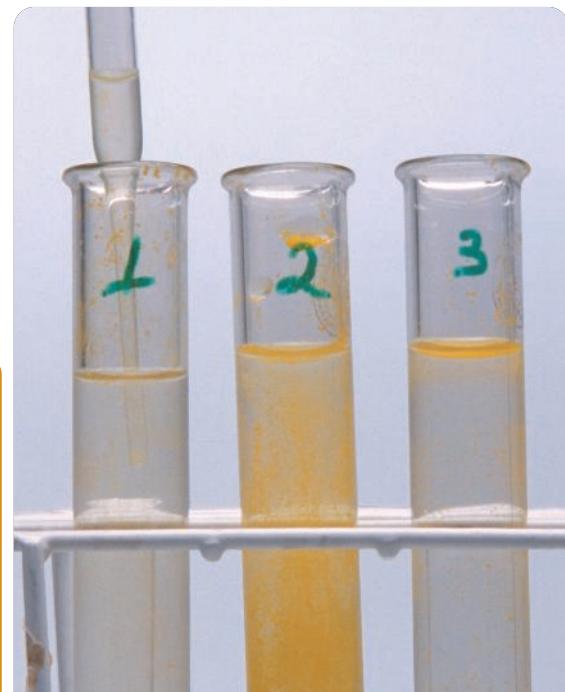
O QUE FOI FEITO

- Para verificar a existência de excesso de reagentes, retiraram-se, com o auxílio de um conta-gotas, algumas gotas da solução sobrenadante (material que fica acima do precipitado) de cada tubo para verificar se ela reagia com KI e com $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (figura 3.5).

QUESTÕES PRELIMINARES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Caso o sobrenadante reaja com o KI, que reagente está em excesso?
- Caso o sobrenadante reaja com o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, que reagente está em excesso?
- Se nenhuma reação ocorrer, há algum reagente em excesso?
- Neste último caso, o que vocês podem concluir sobre a proporção entre KI e $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$?



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.5 – Retirou-se, com a ajuda de um conta-gotas, o sobrenadante das soluções.

- Retiraram-se três gotas da solução sobrenadante de cada um dos cinco tubos do experimento anterior, que foram colocadas, respectivamente, em cinco tubos de ensaio etiquetados de 1 a 5, de acordo com a numeração dos tubos da Parte A.
- Adicionaram-se duas gotas de solução de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ em cada um dos cinco tubos. Registrou-se o que foi observado na coluna **Teste com $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$** do quadro 3.2.
- Repetiu-se o procedimento descrito anteriormente usando o outro conjunto de tubos numerados. Em seguida, foram adicionadas duas gotas de solução de KI em cada tubo de ensaio. O que foi observado está registrado na coluna **Teste com KI** do quadro 3.2.

Tubo	Teste com KI	Teste com $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
1	negativo	positivo
2	negativo	negativo
3	positivo	negativo
4	positivo	negativo
5	positivo	negativo

Quadro 3.2 – Resultados dos testes com KI e $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ realizados na solução sobrenadante.

(EXERCÍCIOS)

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Qual foi a evidência de que ocorreu uma reação química quando se misturou KI e Pb(NO₃)₂?
2. Comparem suas respostas à questão 2 da Reflexão da Parte A com os resultados obtidos na Parte B. Suas expectativas foram confirmadas pela experiência? Expliquem.
3. Tentem escrever a equação para essa reação química levando em consideração a relação ideal que vocês obtiveram entre os reagentes. Considerem que o precipitado amarelo é iodeto de chumbo (II) (PbI₂) e que o outro produto formado, nitrato de potássio (KNO₃), encontra-se na solução sobrenadante por ser solúvel em água.
4. Na equação que vocês escreveram na questão 3, o número de átomos de cada elemento químico é o mesmo nos reagentes e produtos? Deveria ser? Por quê?
5. Reescrevam no caderno (ser for o caso) a equação química para a reação entre KI e Pb(NO₃)₂.
6. É usual, ao escrever uma equação química, indicar o estado físico dos reagentes e produtos: (s) quando no estado sólido, (l) quando no estado líquido, (g) quando no estado gasoso e (aq) quando em solução aquosa. Considerando essa informação, reescrevam a equação química para a reação entre KI e Pb(NO₃)₂.
7. Na equação obtida na questão 5, o que indica que a relação ótima entre KI e Pb(NO₃)₂ é a que vocês encontraram na Parte A?
8. Nesta atividade, vocês descobriram que existe uma relação ideal entre as quantidades de KI e de Pb(NO₃)₂ que reagem para formar iodeto de chumbo (II) (PbI₂) e nitrato de potássio (KNO₃). Nos tubos em que essa relação ideal não foi observada, sempre existiu excesso de um ou de outro reagente.
 - a) Qual foi a relação ideal encontrada nesse experimento?
 - b) Se vocês usassem outros reagentes, encontrariam alguma relação ideal? Ela seria a mesma? Expliquem.

3.2 A lei das proporções definidas

Debatemos, na Atividade 2 deste capítulo, a existência de uma relação entre as quantidades de reagentes na formação dos produtos de uma reação química. Foi possível observar que as substâncias sempre mantêm a proporção ao se combinarem.

Essa ideia foi sugerida no final do século XVIII pelo cientista francês Joseph Louis Proust (1754-1826) e é conhecida como **lei das proporções definidas** ou **lei de Proust**.

Proust demonstrou que as substâncias não se combinavam numa variedade infinita de proporções, como pensava, por exemplo, Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), mas apenas em proporções definidas por números inteiros (**Figura 3.7**).

Usando essa ideia, Proust propôs uma definição para compostos químicos “verdadeiros”, que visava diferenciá-los de soluções e ligas metálicas. Segundo Proust, esses compostos verdadeiros teriam composições definidas, independentemente da forma como teriam sido preparados.

Nas palavras de Proust:

[...] um composto é um produto privilegiado ao qual a natureza confere proporções fixas [...].

Devemos reconhecer, portanto, [...] que as características de um composto verdadeiro são invariáveis como a proporção entre seus elementos [...].

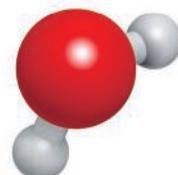
PROUST, Joseph Louis. J. de Phys., LXIII, 1806, 364 f. apud PARTINGTON, James Riddick. *A History of Chemistry*. London: MacMillan, 1964. v. 3, p. 650.

Atualmente, sabe-se que nem todas as substâncias compostas seguem a lei de Proust, pois existem algumas que apresentam variação na proporção entre os átomos que as compõem. Isso se aplica à maioria das substâncias com as quais temos contato no cotidiano e a todas aquelas com as quais trabalharemos ao longo do nosso estudo. No entanto, a lei de Proust continua essencialmente válida e aplicável.



HappyApple/Wikipedia/Wikimedia Commons

Figura 3.6 – Joseph Proust sugeriu, no final do século XVIII, a lei das proporções definidas.



Molekul/iStock/Getty Images

Figura 3.7 – A molécula da água é um exemplo da aplicação da lei de Proust: qualquer amostra de água apresenta sempre 88,9% em massa de oxigênio e 11,1% em massa de hidrogênio combinados na mesma proporção. Cores fantasia.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

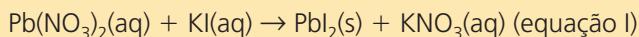
NÃO ESCREVA NO LIVRO 

- Utilizando o texto anterior e o que já estudamos sobre Lavoisier, escreva enunciados para as leis de Proust e de Lavoisier.
- Em sistemas fechados, o dióxido de carbono, CO_2 , produzido pela respiração e por processos de combustão pode ser removido pela reação com óxido de cálcio, CaO , produzindo carbonato de cálcio, CaCO_3 .
 - Escreva a equação balanceada que representa a reação descrita acima.
 - Considerando que foram produzidos 100 g de carbonato de cálcio e utilizados 56 g de óxido de cálcio, calcule a massa de dióxido de carbono produzida pela respiração e por processos de combustão no sistema em questão.
- Um comprimido efervescente é dissolvido em dada massa de água. Ao término do processo, observa-se uma diminuição na massa do conjunto. A referida observação contraria a lei de Lavoisier? Justifique sua resposta.

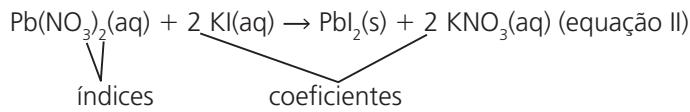
3.3 Contando átomos, moléculas e íons

Na Atividade 2, trabalhamos com dados de um experimento com o objetivo de verificar a relação ideal entre os volumes das soluções de nitrato de chumbo (II) [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] e iodeto de potássio (KI) que reagem para formar um sólido amarelo, o iodeto de chumbo (II) (PbI_2), e outro sal solúvel, o nitrato de potássio (KNO_3).

Podemos representar essa reação por meio de uma equação química:



Como foi possível identificar na Atividade 2, a proporção ótima na reação entre KI e $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ foi de 2 : 1. Como as soluções apresentavam a mesma concentração, isso nos obriga a reescrever a equação I colocando um coeficiente 2 na frente do KI para indicar essa relação. A equação ficaria da seguinte forma:



Se contarmos quantos átomos de cada tipo existem nos reagentes e nos produtos da equação II, encontraremos o mesmo número, o que não ocorre na equação I. Para realizar essa contagem, você deve multiplicar cada átomo por seu índice, pelos índices que vêm depois do parêntese (quando for o caso) e pelo coeficiente, que é o número que vem antes da fórmula. Observe que o coeficiente ou índice é omitido quando seu valor é igual a 1.

Analise o exemplo dessa contagem no [quadro 3.3](#).

Tipo de átomo	Pb	N	O	K	I
reagentes	1	$1 \times 2 = 2$	$3 \times 2 = 6$	$2 \times 1 = 2$	$2 \times 1 = 2$
produtos	1	$2 \times 1 = 2$	$2 \times 3 = 6$	$2 \times 1 = 2$	$1 \times 2 = 2$

[Quadro 3.3](#) – Conte os átomos nos reagentes e nos produtos nas duas equações e
| verifique você mesmo essa igualdade.

A partir dessa observação, podemos concluir que haveria outro método, bem mais rápido, para determinar a relação ideal para a reação entre soluções de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e KI de mesma concentração. Bastaria escrever a equação química e adicionar os coeficientes necessários para que o número de átomos nos reagentes ficasse igual ao número de átomos nos produtos.

Os químicos chamam esse processo de **balanceamento de equações químicas**, o que significa dizer que, após igualar o número de átomos nos reagentes e produtos, a equação está de acordo com a lei da conservação da massa, ou seja, encontramos a mesma massa tanto nos reagentes quanto nos produtos.

massa inicial = massa final

Observe que, para podermos comparar os volumes de cada solução apresentados na Atividade 2 e concluir que o dobro do volume de solução de KI, em relação à de Pb(NO₃)₂, significava o dobro da quantidade de KI em relação ao Pb(NO₃)₂, tivemos de usar soluções de mesma concentração em mol/L.

Se usássemos soluções com a mesma concentração em g/L, poderíamos concluir a mesma coisa? A resposta é **não**. Como os átomos que formam moléculas e íons têm massas diferentes, a mesma massa de duas substâncias diferentes quase nunca corresponde ao mesmo número de átomos, moléculas ou íons. Com isso, surgem alguns problemas: Como trabalhar com equações que representam átomos, moléculas e íons se parece ser muito difícil e pouco prático “contar” essas partículas? Sabendo que é mais simples pesar as substâncias, que relação poderia ser estabelecida entre massa e número de átomos e moléculas?

3.4 A quantidade de matéria – mol

As respostas às questões da seção anterior estão relacionadas ao estabelecimento de uma unidade que expressa a grandeza **quantidade de matéria**, conhecida como **mol**.

Ao longo da história, o homem percebeu a conveniência de estabelecer unidades que facilitassem a medida das coisas. Essas unidades foram estabelecidas de forma mais ou menos arbitrária. Por exemplo, o sistema inglês de medida, ainda em uso na Inglaterra e nos Estados Unidos, baseou-se em partes do corpo para estabelecer medidas de comprimento: fala-se em polegadas, pés, jardas, braças, etc.

Para medir a quantidade de coisas, também foram inventadas medidas como a dúzia, o cento, etc. Essas medidas são usadas em feiras, mercados e supermercados para vender ovos, laranjas, telhas, entre outros produtos.

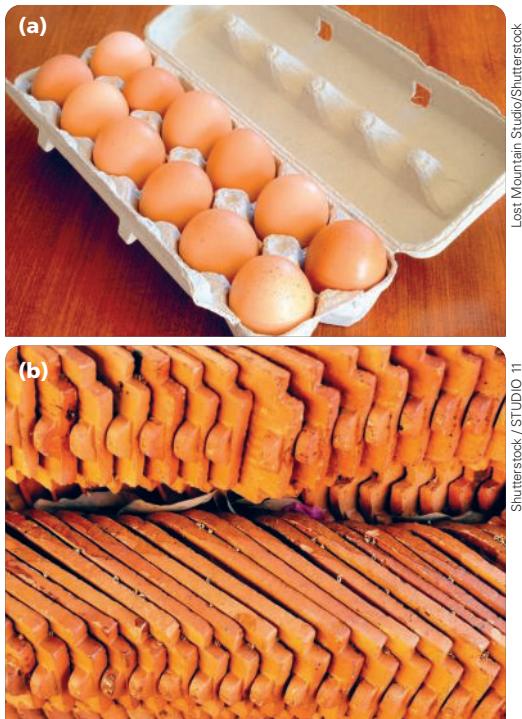


Figura 3.8 – A dúzia é uma medida utilizada para medir, por exemplo, a quantidade de ovos (a); já o cento serve para medir a quantidade de telhas (b).

A unidade de medida mol também mede a quantidade de coisas, só que de coisas infinitamente pequenas, como átomos, moléculas, íons, elétrons, etc.

Mol é uma unidade do Sistema Internacional de Unidades para quantidade de substância. Um mol contém exatamente $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ entidades elementares.

Esse número é o valor numérico da constante de Avogadro, N_A, quando expresso em mol⁻¹, e é chamado de número de Avogadro (como você verá adiante).

A quantidade de substância, cujo símbolo é **n**, de um sistema é uma medida do número de entidades elementares especificadas. Uma entidade elementar pode ser um átomo, uma molécula, um íon, um elétron, qualquer outra partícula ou grupo de partículas.

Para compreendermos o que significa essa unidade de medida e sua relação com a massa das substâncias, vamos fazer uma analogia. Imagine que você tenha de medir a quantidade de bolinhas de poliestireno que cabe em uma garrafa de refrigerante de 2 L. Se você colocar bolinhas pequenas, vai encontrar um número maior de bolinhas do que se optar por bolinhas com um diâmetro maior (figura 3.9).



Figura 3.9 – Na garrafa da esquerda, temos um número maior de bolinhas.

É possível pensar o mesmo em relação a átomos, moléculas e íons. Por exemplo, em uma amostra de 1 g de moléculas de hidrogênio, certamente há mais moléculas do que em uma mesma massa de moléculas de água, pois esta última pesa mais que a molécula de hidrogênio.

Se queremos comparar quantidades iguais de átomos, moléculas ou íons, devemos estabelecer uma unidade que tenha a mesma quantidade dessas partículas, mas em um número suficientemente grande para que possamos pesar essa quantidade. Essa unidade é o mol e equivale a $6,02 \times 10^{23}$ partículas, sejam átomos, moléculas, íons, elétrons, etc.

Gilberto de Valla Rodrigues/
Arquivo da editora



Figura 3.10 – Quantidade de diferentes substâncias que corresponde a 1 mol.

A relação entre esse número e a respectiva quantidade é conhecida como **constante de Avogadro** ($6,02 \times 10^{23}/\text{mol}$) em homenagem ao químico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856), que, no início do século XIX, deu contribuições importantes para o avanço da hipótese atômica formulada por John Dalton (1766-1844). Avogadro propôs uma hipótese que sugeria a possibilidade de “contar” átomos e moléculas.



Granger Historical Picture Archive/Alamy/Fotoarena

Figura 3.11 – Amedeo Avogadro.

Um mol é uma quantidade suficientemente grande para que, por exemplo, essa quantidade de átomos de hidrogênio – o mais leve de todos os átomos – pese aproximadamente 1,0 g. Analogamente, a massa de $6,02 \times 10^{23}$ moléculas de água é de, aproximadamente, 18,0 g.

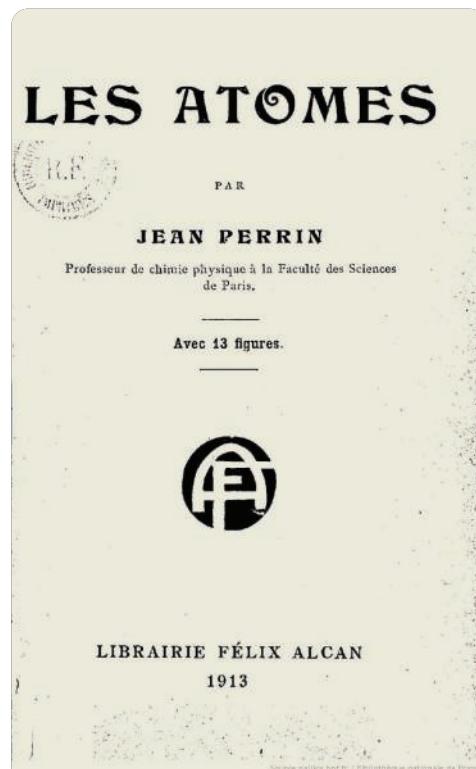
A relação entre essas massas e a respectiva quantidade é conhecida como **massa molar**. Dessa forma, a massa molar do hidrogênio atômico é igual a aproximadamente 1,0 g/mol e a massa molar da água, a aproximadamente 18,0 g/mol.

Numa publicação de 1811, Avogadro assim se referia àquilo que mais tarde se tornaria conhecido como **hipótese de Avogadro** ou **lei de Avogadro**:

Tem de ser admitido que uma relação muito simples também existe entre os volumes de substâncias gasosas e o número de moléculas simples ou compostas que as constituem. A primeira hipótese a se apresentar em relação a isso, e aparentemente a única admissível, é a suposição de que o número de moléculas integrantes em qualquer gás é sempre o mesmo para volumes iguais ou é sempre proporcional ao volume.

AVOGADRO, Amedeo apud PARTINGTON, James Riddick. *A History of Chemistry*. London: MacMillan, 1964. v. 4, p. 214. Traduzido pelos autores.

A possibilidade de contar átomos e moléculas foi concretizada quase cem anos depois. Em 1913, o físico francês Jean Perrin (1870-1942) publicava um livro intitulado *Les Atomes* (figura 3.12), em que se referia a trinta maneiras diferentes de determinar a constante de Avogadro.



Librairie Félix Alcan/Arquivo da editora

Figura 3.12 – Capa do livro *Les atomes*, de Jean Perrin, 1913.

Não é fácil ter uma ideia de quão grande é o número de partículas contidas em um mol e quão pequenas são, portanto, as partículas que ele enumera. Escrevê-lo na forma de potência de 10 é conveniente, pois, se escrevéssemos na forma convencional, esse número seria muito grande. São tantos zeros que é mais simples escrevê-los na forma de potência de 10.

Na Atividade 3, a seguir, vamos realizar alguns cálculos para termos uma ideia da dimensão desse número.

ATIVIDADE 3

Contando moléculas

INVESTIGAÇÃO



O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO



1. Para termos uma noção do tamanho do número representado pela constante de Avogadro, vamos calcular quanto tempo seria gasto para “contar” as moléculas de água presentes em 1 mol de água (18,0 g), o que equivale, aproximadamente, ao volume contido em duas colheres das de sopa ([figura 3.13](#)).



Silberfuchs/Pixabay

Figura 3.13 – O volume contido em duas colheres de sopa corresponde aproximadamente a 1 mol de água.

Supondo que vocês consigam contar uma molécula por segundo, calculem:

- a) Quantas moléculas vocês contariam em uma hora?
- b) Quantas moléculas vocês contariam em um dia?
- c) Quantas moléculas vocês contariam em um ano?
- d) Quantos anos vocês demorariam para contar as $6,02 \times 10^{23}$ moléculas existentes em 1 mol (18,0 g) de água?

Se vocês calcularam corretamente, encontraram um número que ainda não faz sentido, algo como 19 quatrinhões de anos. Ou seja, se vocês tivessem começado a contar quando o planeta Terra se formou, há cerca de 4,6 bilhões de anos, estariam longe, mas muito longe mesmo, de terminar essa contagem.

REFLEXÃO

1. Suponham que vocês fossem capazes de dispor essas moléculas lado a lado ao longo de uma linha. Considem que cada molécula de água seja uma esfera de aproximadamente 10^{-10} m de diâmetro (isso é uma aproximação para facilitar os cálculos; uma molécula de água não é esférica e é ligeiramente maior, já que cada ligação O – H mede, aproximadamente, $0,96 \times 10^{-10}$ m, para uma molécula de água no estado gásoso). A partir desse dado, calculem e respondam:

- a) Quantas moléculas vocês seriam capazes de dispor em 1 m?
- b) Quantas moléculas vocês seriam capazes de dispor em 1 km?
- c) Considerando que a circunferência em torno da Terra, na linha do equador, mede aproximadamente 40 000 km, quantas voltas seria necessário dar em torno da Terra para dispor todas as moléculas de água ao longo dessa linha?

Se vocês calcularam corretamente, terão encontrado um número muito grande de voltas (algo próximo de 1,5 milhão) em torno da Terra.

Apesar de representar um número de dimensões complicadas de imaginar, a unidade de quantidade de matéria – o mol – é extremamente útil nos cálculos químicos. Como veremos nas atividades seguintes, o uso de quantidades expressas em mol e de concentrações expressas em mol/L permitirá a simplificação dos cálculos envolvendo quantidades de produtos e reagentes nas reações químicas.



ATIVIDADE 4

Relacionando quantidade de matéria e massa dos materiais

Nesta atividade, vamos usar a grandeza quantidade de matéria, expressa por meio de sua unidade, o mol, para estudar as relações entre quantidade de matéria e massa.

Como não podemos contar átomos, moléculas e íons, não precisamos nos preocupar com o número $6,02 \times 10^{23}$, o número de partículas (átomos, moléculas, íons, etc.) presentes em 1 mol. O fundamental, porém, é que nos lembremos unicamente de que um mol de qualquer substância tem sempre a mesma quantidade de átomos, moléculas ou íons dessa substância, seja ela água, cloreto de sódio, ácido clorídrico, etc.

É simples saber qual é a massa, em g, de um mol de qualquer átomo, pois basta consultar a Tabela Periódica moderna. Como nela as massas atômicas relativas (números puros) são expressas em relação ao isótopo de carbono-12, a massa de um mol de átomos (massa molar) equivale ao mesmo número, em g/mol.

INVESTIGAÇÃO



NÃO ESCREVA NO LIVRO



PARTE A – Como calcular a massa molar das substâncias

As massas atômicas relativas do hidrogênio e do oxigênio são, aproximadamente, 1,0 e 16,0, respectivamente; portanto, as massas molares do hidrogênio atômico e do oxigênio atômico são aproximadamente 1,0 g/mol e 16,0 g/mol, respectivamente.

Por meio dos valores de massas atômicas encontrados na Tabela Periódica, podemos calcular as massas molares de diferentes substâncias, ou seja, a massa de um mol de substâncias simples ou compostas, expressa em g/mol. Basta multiplicar os índices que aparecem na fórmula da substância pelas massas molares dos átomos e somar todas as massas obtidas.

O QUE FAZER

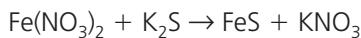
- Utilizem um exemplo simples, como a água, cuja fórmula molecular é H₂O. Se vocês consultarem a Tabela Periódica, encontrarão as massas atômicas relativas do hidrogênio igual a 1,0 e do oxigênio igual a 16,0.
- Calculem a massa molar da água. Como o índice do hidrogênio é 2 na fórmula da água, para calcularmos a massa molar da água, multiplicamos 1,0 g/mol por 2 e somamos o resultado à massa molar do oxigênio, 16,0 g/mol, que é multiplicada por 1, índice (omitido) do oxigênio na fórmula da água. Anotem o cálculo no caderno.

PARTE B – Massa molar e quantidade de resíduos produzida

Neste momento, vamos verificar como a escolha dos reagentes é importante para definir a melhor maneira de diminuir a quantidade de resíduos produzida.

O QUE FAZER

Imagine que o produto desejado seja o sulfeto de ferro (II), FeS ([figura 3.14](#)). Existem muitas maneiras de preparar esse composto. Ele pode, por exemplo, ser obtido na reação representada na equação abaixo:



- Balanceie a equação da reação entre o nitrato de ferro (II) e o sulfeto de potássio.
- Calcule a massa molar de cada um dos compostos usados na reação.
- Calcule a massa, em gramas, de cada um dos reagentes e produtos usados na reação considerando os coeficientes molares para cada um deles.



Figura 3.14 – Sulfeto de ferro (II).

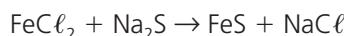




Uma maneira de estimarmos se a quantidade de resíduos é grande é realizar o cálculo da razão entre a massa de produto desejado e a soma das massas dos reagentes. Esse parâmetro é chamado **Economia de átomos** e é muito usado na Química Verde como primeira estimativa para saber se um processo gera muito resíduo. Neste momento, vamos calcular a Economia de átomos para a produção do sulfeto de ferro (II).

Podemos ver que, para produzir certa quantidade de FeS, acabamos produzindo uma massa considerável de KNO₃, que é um resíduo indesejável. Uma maneira de reduzir essa massa é utilizar outros reagentes.

- Balanceie a equação e repita os cálculos feitos na Parte A para a reação apresentada abaixo:



- Compare a quantidade de resíduo formada nas duas reações para uma mesma quantidade de produto.
- Calcule a Economia de átomos para esse processo.

REFLEXÃO

- Qual dos processos seria mais indicado para a produção de FeS? NÃO ESCREVA NO LIVRO
- Quando aquecemos ferro (Fe) em pó com enxofre (S) em pó, também obtemos o sulfeto de ferro (FeS).
 - Escreva a equação balanceada da reação entre ferro e enxofre.
 - Calcule a Economia de átomos desse processo.

(EXERCÍCIOS)

- Copie e complete com as informações necessárias o quadro a seguir em seu caderno. NÃO ESCREVA NO LIVRO

Substância	Fórmula molecular	Massa molar
Cloreto de bário		
	KI	
Sulfato de alumínio		
	Pb(NO ₃) ₂	
Hidróxido de alumínio		
	CuSO ₄	
Nitrato de potássio		
	Ba ₃ (PO ₄) ₂	

- Calcule a quantidade de matéria contida em 50 g de:
 - nitrito de potássio;
 - brometo de sódio;
 - gás oxigênio;
 - sódio metálico.
- Em um experimento, soluções aquosas de carbonato de cálcio, CaCO₃, e ácido clorídrico, HCl, reagem entre si produzindo um gás, cloreto de cálcio e água. Considerando as informações dadas, copie e complete o quadro a seguir em seu caderno e responda às questões.

Reagentes		Produtos		





- a) Qual é o gás produzido na reação?
 - b) Escreva a equação balanceada da reação.
 - c) Que massa de gás pode ser produzida pela reação de 0,1 mol de carbonato de cálcio com excesso de ácido?
 - d) Para produzir 9 g de água, que quantidade de matéria de ácido é necessária?
4. Um carro viajando a 100 km/h libera cerca de 1,5 kg de monóxido de carbono (CO) por km. Nessas condições, calcule a quantidade de matéria, em mol, de CO liberada por km.
5. Considere uma amostra que contém 2 mol de moléculas de H_3PO_4 . Copie e complete o quadro em seu caderno indicando o que se pede.

Número de átomos de hidrogênio	
Número de átomos de fósforo	
Quantidade de matéria de átomos de oxigênio	
Quantidade de matéria de átomos de fósforo	

3.5 Volume molar dos gases

Para definirmos o volume molar, vamos retomar as palavras de Avogadro para se referir à hipótese de Avogadro (ou lei de Avogadro):

Tem de ser admitido que uma relação muito simples também existe entre os volumes de substâncias gasosas e o número de moléculas simples ou compostas que as constituem. A primeira hipótese a se apresentar em relação a isso, e aparentemente a única admissível, é a suposição de que o número de moléculas integrantes em qualquer gás é sempre o mesmo para volumes iguais ou é sempre proporcional ao volume.

AVOGADRO, Amedeo *apud* PARTINGTON, James Riddick. *A History of Chemistry*. London: MacMillan, 1964. v. 4, p. 214. Traduzido pelos autores.

Essa hipótese viria a ser comprovada mais tarde e permitiu a definição da grandeza **volume molar**, válida para gases:

Um mol de qualquer gás sempre ocupa, nas mesmas condições de temperatura e pressão, o mesmo volume.

As **Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP)** são definidas como a temperatura de 273,15 K (0 °C) e a pressão de 101 325 pascal (Pa) ou 1 atm.

A partir de 1982, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) definiu também as **Condições-Padrão de Temperatura e Pressão (CPTP)**: temperatura de 273,15 K (0 °C) e pressão de 100 000 Pa (1 bar).

Um dos aspectos que levou a IUPAC a rever esses valores é a dificuldade de definir o que é a pressão ao nível do mar (1 atm), pois esse nível pode variar. Além disso, o novo valor definido como pressão-padrão possibilita a compatibilidade com o Sistema Internacional de Unidades (SI) e altera muito pouco as tabelas de dados que levam em consideração esse valor de pressão.

Como o valor da pressão-padrão foi reduzido de 101 325 Pa para 100 000 Pa, houve um aumento no volume molar dos gases. Assim, o valor recomendado atualmente pela IUPAC para o volume dos gases é igual a 22,7 dm³/mol, e não mais 22,4 dm³/mol.

Como 1 dm³ = 1 L, podemos dizer que, nas CPTP, um mol de gás ocupa um volume de 22,7 L. Essa quantidade corresponde, aproximadamente, ao volume de 11 garrafas PET (de refrigerante) de 2 L ou a um cubo de 28,3 cm de aresta.

A grandeza volume molar permite que sejam realizados cálculos estequiométricos relacionando quantidade de matéria (em mol) e volume, bem como massa/volume. Nunca é demais lembrar que esse volume se aplica somente aos gases. Isso porque, em um gás ideal, as moléculas permanecem isoladas, como moléculas individuais. É por isso também que muitos gases reais vão exibir uma pequena diferença em relação a esse comportamento ideal, apresentando valores ligeiramente diferentes para, entre outros, o volume molar.



(EXERCÍCIOS)

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Usando os valores de massa atômica dos elementos que estão na Tabela Periódica, determine as massas molares das seguintes substâncias em seu caderno:
 - a) nitrito de prata (AgNO_3);
 - b) cloreto de bário (BaCl_2);
 - c) cloreto de sódio (NaCl);
 - d) carbonato de sódio (Na_2CO_3);
 - e) nitrito de chumbo (II) [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$].
2. O que significa dizer que a massa molar do iodo atômico é de aproximadamente 127 g/mol?
3. Qual é a massa de 0,5 mol de nitrito de potássio (KNO_3)?
4. Critique a afirmação: "Se a massa molar de um elemento X é duas vezes maior que a massa molar do elemento Y, um mol de átomos de Y contém duas vezes a quantidade de matéria presente em um mol de átomos de X".
5. Qual é a quantidade de matéria, em mol, contida em 25,5 g de amônia (NH_3)?
6. Qual é a quantidade de matéria, em mol, de íons (cátions e ânions) que está contida em 2 mols de brometo de cálcio (CaBr_2)?

DIALOGANDO COM AS CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS APLICADAS

Química Verde e desenvolvimento sustentável

A Química Verde surgiu, como área de pesquisa, em um momento histórico de grande sensibilização para os problemas que o desenvolvimento econômico e industrial poderiam causar ao planeta. O adequado uso dos recursos naturais, o desenvolvimento de fontes energéticas renováveis e a redução da quantidade de resíduos prejudiciais ao meio ambiente são algumas das contribuições que essa área busca oferecer. Segundo tal perspectiva, a ciência e a tecnologia devem ser utilizadas garantindo-se o menor número possível de danos às diferentes formas de vida existentes no planeta.

Um dos principais marcos políticos dessa preocupação foi a realização da chamada ECO-92, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992. Naquela ocasião, centenas de chefes de Estado e outras lideranças se reuniram para discutir a questão ambiental e os compromissos que diferentes agentes sociais e políticos deveriam assumir em prol do **desenvolvimento sustentável**.

Durante a ECO-92 foi produzida a Carta da Terra, documento que estabelece os quatro princípios com os quais as diferentes sociedades, povos e nações deveriam se comprometer para garantir a preservação da vida no planeta: respeitar e cuidar da comunidade da vida; integridade ecológica; justiça social e econômica; democracia, não violência e paz. Nos anos seguintes, uma série de outras conferências e documentos buscaram estabelecer acordos segundo os quais os países deveriam trabalhar em favor do tema. Hoje, entende-se que o desenvolvimento sustentável possui três dimensões: ambiental, econômica e sociopolítica. O combate à fome, o acesso aos recursos hídricos e a erradicação de várias doenças estão diretamente relacionados à preservação dos ecossistemas e ao uso racional dos recursos naturais.



Dokab/Shutterstock

ATIVIDADE 5

Relacionando quantidades em uma reação química

Até o momento, estudamos uma série de relações que permitem realizar cálculos por meio das informações obtidas por uma equação química. Compreendemos que a massa se conserva nas reações químicas (conforme a lei de Lavoisier), o que na prática significa que podemos balancear as equações químicas para obter o mesmo número de átomos nos reagentes e produtos. Além disso, observamos que a maioria das substâncias apresenta proporções fixas e definidas entre seus constituintes (conforme a lei de Proust), o que na prática permite atribuir fórmulas relativamente simples às substâncias.

Vocês tiveram oportunidade de conhecer a grandeza quantidade de matéria, que permite relacionar a massa das substâncias com uma quantidade fixa de partículas ($6,02 \times 10^{23}$), que corresponde a um mol. Na Atividade 4, vocês aprenderam a relacionar esse mesmo número fixo de partículas a um volume molar, no caso das substâncias gasosas.

Com essas relações, podemos estabelecer diversos cálculos envolvendo equações químicas e quantidades de substância em massa ou, quando for o caso, em volume. O estudo dessas relações quantitativas é conhecido como **estequiometria**.

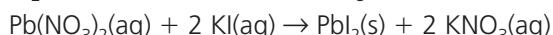
INVESTIGAÇÃO



NÃO ESCREVA NO LIVRO



Na Atividade 2, estudamos a reação entre nitrato de chumbo (II) [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] e iodeto de potássio (KI), que produz iodeto de chumbo (II) (PbI_2) e nitrato de potássio (KNO_3). A equação balanceada para essa reação é:



O QUE FAZER

1. Com base na equação acima, copiem o quadro a seguir no caderno e completem-no, considerando a quantidade de matéria, em mol, e as massas molares, em g/mol, de cada substância envolvida na equação balanceada.

Substância	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3
Quantidade de matéria (em mol)				
Massas molares (em g/mol)				

Quadro 3.4 – Dados para a quantidade de matéria (em mol) e as massas molares (em g/mol) de cada substância envolvida na equação que representa a reação entre o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e o KI.

2. Copiem o quadro a seguir no caderno e completem-no, considerando a equação da reação entre $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e KI.

Substância	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3
Massas das substâncias envolvidas (em g)	33,12	33,2		
Quantidade de matéria (em mol)				

Quadro 3.5 – Dados para a massa (em g) e a quantidade de matéria (em mol) de cada substância envolvida na equação que representa a reação entre o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e o KI.





Se vocês realizaram corretamente os cálculos, encontraram valores para as quantidades correspondentes às proporções ideais entre reagentes e produtos. Assim, devem ter encontrado exatamente 0,1 mol de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ reagindo com 0,2 mol de KI, já que essa reação se efetua numa relação ideal de 2 : 1.

No entanto, a maioria das informações em problemas estequiométricos não apresenta a proporção exata, mas quase sempre envolve um ou outro reagente em excesso.

O reagente que não está em excesso é conhecido como **reagente limitante**. Para lidarmos com esse tipo de problema, vamos fazer agora os itens 3 a 5.

- 3.** Foram realizados dois experimentos com quantidades diferentes de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e KI. Encontrem os valores das incógnitas X, Y, Z, W e V apresentadas no quadro a seguir, considerando a equação da reação entre $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e KI.

Experimento	Massas das substâncias (g)		Massas das substâncias após a reação (g)			
	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI
1	X	176	230,5	Y	0	10
2	92,8	Z	W	V	10	0

Quadro 3.6 – Dados para as massas das substâncias antes e depois da reação que ocorre entre o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e o KI.

- 4.** Calculem a quantidade de matéria (em mol) de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ nos experimentos 1 e 2.

- 5.** O quadro a seguir indica as massas (em g) das espécies envolvidas na reação (A, B, C e D) representada pela equação genérica $A + B \rightarrow C + 2D$ em dois testes diferentes. Outras massas estão indicadas pelas letras W, X, Y e Z.

Teste	Massas das substâncias antes da reação (g)		Massas das substâncias após a reação (g)			
	A	B	C	D	A	B
1	X	59	68	18	0	10
2	Y	W	Z	54	10	0

Quadro 3.7 – Dados para as massas das substâncias antes e depois da reação genérica representada no enunciado.

- a)** Calculem as massas de W, X, Y e Z. Deixem seus cálculos indicados, explicitando, assim, o raciocínio utilizado.
b) Demonstrem que a lei de Lavoisier foi obedecida para o teste 2.

3.6 Ecodesign

Um *designer* de produto tem um papel importante na criação de itens que serão reproduzidos, muitas vezes, milhares ou milhões de vezes. Assim, se o produto tem características que diminuem os impactos ambientais de sua manufatura, de seu uso ou de seu descarte, isso pode diminuir o impacto dessa atividade humana consideravelmente (**figura 3.15**).

O ecodesign procura, então, criar e desenvolver produtos e serviços que minimizem os impactos ambientais, inserindo essa preocupação em todas as etapas do processo. Essa maneira de enxergar o *design* é relativamente nova. Um número muito pequeno de produtos leva em consideração questões ambientais na sua concepção, embora isso venha mudando muito nos últimos anos.

Figura 3.15 – Abajur feito de materiais reutilizados.



iStockphoto/Getty Images



Para entendermos como funciona o *ecodesign*, precisamos perceber que os impactos ambientais dos produtos não envolvem apenas o seu descarte. Os produtos podem ser vistos como tendo uma “vida”: eles nascem (são fabricados), vivem (são utilizados) e morrem (ao serem descartados).

Assim, a concepção ecológica de um produto envolve o conhecimento de todo o seu ciclo de vida, ou seja, de onde esse produto vem – as matérias-primas que lhe deram origem –, como é produzido e para onde vai ao ser descartado. Para isso, muitas empresas têm adotado a análise do ciclo de vida (ACV) dos produtos.

Essa análise procura investigar os impactos ambientais causados por um produto ou serviço desde sua concepção mercadológica – passando por planejamento, extração e uso de matérias-primas, gasto de energia, transformação industrial, transporte e consumo – até seu destino. Para cada etapa, o profissional que faz a análise lista tudo o que entra no processo (por exemplo, matérias-primas, energia, água) e tudo o que sai (como produtos, gás carbônico, resíduos sólidos e líquidos).

As estratégias do *ecodesign* atuam nos diversos estágios da vida de um objeto ou serviço. Os estágios são a **pré-produção**, a **manufatura**, o **uso** e o **descarte**. O *ecodesign* pode influenciar um produto mesmo antes de sua produção, na fase de pré-produção. Uma estratégia para isso é a chamada desmaterialização: a ideia é verificar se o produto em questão pode ser transformado em um serviço ou em informação. Um produto pode ser transformado em serviço quando é muito pouco utilizado. Por exemplo, em lugar de uma pessoa possuir uma furadeira elétrica, ela contrata um serviço e alguém faz todos os furos necessários no local solicitado. No caso das furadeiras elétricas, calcula-se que elas são usadas, em média, por 20 minutos em toda a sua vida útil. A maioria dos furos é feita quando uma pessoa se muda para uma casa nova.



sirastock/Shutterstock

Figura 3.16 – Furadeira elétrica.

Um produto pode ser transformado em informação quando é digitalizado. Por exemplo, um disco de vinil consome cerca de 120 gramas de PVC e guarda cerca de 50 minutos de música. Um CD consome cerca de 20 gramas de policarbonato e pode armazenar horas de música, se compactada. Quando as músicas foram convertidas em arquivos digitais compactados (formato .mp3), eram reproduzidas em um tocador de mp3; mais recentemente, passaram a ser reproduzidas em telefones celulares. Neste caso, a música em si foi completamente desmaterializada.

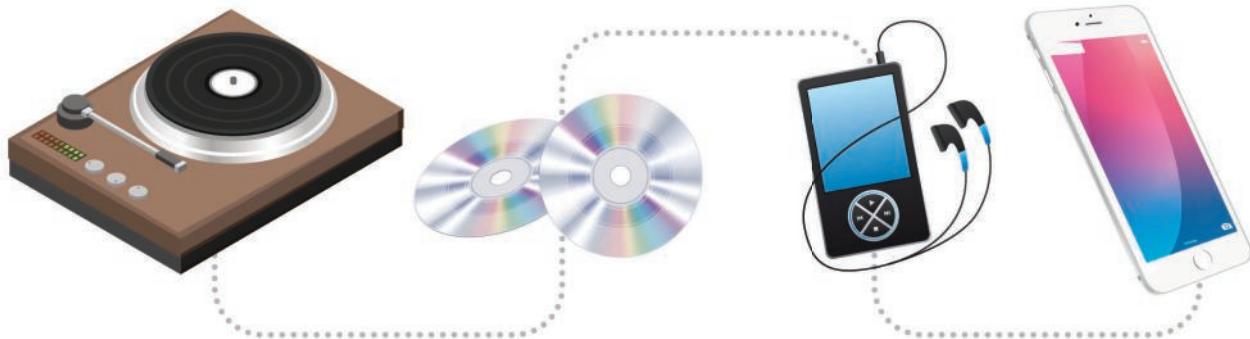


Figura 3.17 – Evolução no formato de disponibilização de músicas. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Outra estratégia usada ainda na pré-produção é a seleção do material. Ao selecionarmos o material usado no produto, podemos ter um impacto positivo no processo. Os materiais podem ser:

- biodegradáveis;
- compostáveis;
- duráveis;
- recicláveis (total ou parcial);
- renováveis;
- de fontes certificadas;
- resíduos (pós-consumo).

R2 Editorial/Arquivo da editora

A manufatura de um produto pode ser melhorada por meio de estratégias como a produção a partir do reúso e a produção a partir da reciclagem.



Figura 3.18 – Mafalda, personagem criada pelo cartunista argentino Quino (1932-), feita com latas.



Figura 3.19 – Sofá feito com barril de óleo.

Durante a fase do uso do produto, *e codesigners* podem pensar em estratégias para que o produto seja bem aproveitado ou tenha um menor consumo de energia, bem como de outros recursos. Uma estratégia utilizada é tornar o produto multifuncional. Produtos desse tipo embutem ganhos nos materiais que seriam utilizados para montar os vários produtos que eles substituem, além de economizar em embalagens e transporte.

Para a fase do descarte, um produto pode ser pensado de forma a facilitar o reúso de outros produtos. Ele pode também ser desenhado para facilitar a reciclagem dos materiais de que é feito. Uma maneira de conseguir isso é usar um único tipo de plástico no produto ou evitar o uso de colas ou outros aditivos que prejudicam a reciclagem.

ATIVIDADE 6

Economizando materiais e energia

PROJETO ▶ ECODESIGN E O CICLO DE VIDA DE PRODUTOS



Neste projeto, vamos estudar produtos criados com as estratégias do *e codesign* e utilizar essas estratégias para analisar melhorias que poderiam ser feitas nos produtos existentes.

O QUE FAZER

1. Cada grupo deve escolher um produto ou serviço já existente que se coloque como alternativo ou “verde” e debater como ele incorpora as estratégias do *e codesign*.
2. Em seguida, devem escolher outro produto utilizado no cotidiano e construir uma tabela com as fases da vida dele. Para cada fase, pesquisem o que é gasto e quais são os impactos ambientais associados ao processo.

Produto:

NÃO ESCREVA NO LIVRO



Fase	Descrição da etapa do ciclo de vida	
	Entradas	Saídas
Obtenção da matéria-prima		
Manufatura		
Transporte		
Uso		
Descarte		

Quadro 3.8 – Descrição da etapa do ciclo de determinado material.

3. Após a escolha do produto, vocês devem propor maneiras de torná-lo ambientalmente mais correto em cada uma das fases. Apresentem as melhorias que vocês sugeriram para o restante da turma.
4. Em seguida, selecionem uma data com o professor para divulgar esses dados para a comunidade escolar.

QUESTÕES DE EXAMES

NÃO ESCREVA NO LIVRO



CAPÍTULO 1

1. (Ufam) De forma geral, sempre que a matéria sofre uma transformação, dizemos que ela sofre um fenômeno, que pode ser físico ou químico e que está presente em nossas atividades cotidianas. Assinale a alternativa que descreve uma diferença entre alteração química e mudança física em uma substância:

- a) O resultado de uma alteração química é uma composição diferente; em uma mudança física, a composição permanece a mesma.
- b) A mudança física ocorre apenas em elementos; a alteração química ocorre apenas em compostos.
- c) A alteração química ocorre apenas em elementos; a mudança física ocorre apenas em compostos.
- d) O resultado de uma mudança física é uma composição diferente; em uma alteração química, a composição permanece a mesma.
- e) O resultado de uma mudança física ocorre sempre simultaneamente com uma alteração química.

2. (PUCC-SP) Uma revista traz a seguinte informação científica:

O gás carbônico no estado sólido é também conhecido como "gele seco". Ao ser colocado na temperatura ambiente, ele sofre um fenômeno chamado sublimação, ou seja, passa diretamente do estado sólido para o estado gasoso. É CORRETO afirmar que a sublimação é um fenômeno

- a) químico, uma vez que o gás carbônico se transforma em água.
- b) físico, uma vez que ocorreu transformação de substância.
- c) físico, uma vez que não ocorreu transformação de substância.
- d) químico, uma vez que ocorreu transformação de substância.
- e) químico, uma vez que não ocorreu transformação de substância.

3. (Unaerp-SP) Observe o esquema.

1. gelo $\xrightarrow{\text{calor}}$ água
2. água oxigenada $\xrightarrow{\text{luz}}$ água e gás oxigênio
3. água corrente $\xrightarrow{\text{corrente elétrica}}$ gás hidrogênio e gás oxigênio

De acordo com ele, é CORRETO afirmar que

- a) 1 e 2 são processos físicos.
- b) 1 e 3 são processos químicos.
- c) 2 e 3 são processos químicos.

d) Somente 3 é um processo físico.

e) Somente 1 é um processo químico.

4. (UEPG-PR) Com relação às transformações citadas abaixo, indique aquela(s) que representa(m) reações químicas e assinale o que for CORRETO.

- 01) A ebulição da água contendo NaCl em temperatura acima de 100 °C ao nível do mar.
- 02) A produção de lingotes (barras) de alumínio a partir de alumínio fundido (líquido).
- 04) A combustão do etanol produzindo gás carbônico e água.
- 08) O processo de enferrujamento de um prego exposto à chuva.

CAPÍTULO 2

1. (UnB-DF) Ao longo dos anos, diversas descobertas levaram ao crescente aperfeiçoamento dos modelos atômicos. Em relação a esse assunto, julgue o item.

Apesar de inúmeras falhas, o modelo atômico de Dalton foi capaz de explicar o princípio da conservação de massa, de Lavoisier.

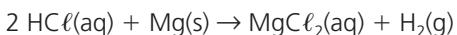
Certo

Errado

2. (Unisinos-RS) Sabe-se que 44 g de dióxido de carbono reagem com 80 g de hidróxido de sódio, produzindo 18 g de água. Com base nessas informações e utilizando a Lei de Lavoisier, assinale a alternativa CORRETA.

- a) A reação balanceada é: $\text{CO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
- b) A massa do carbonato de sódio produzido é 106 g.
- c) Os coeficientes estequiométricos dessa reação são, respectivamente, 1, 1, 1 e 1.
- d) A massa do carbonato de sódio produzido é 112 g.
- e) O número de oxidação do íon sódio é +2.

3. (Ufam) Em uma aula prática de laboratório sobre a Lei da Conservação de Massas (Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794), um estudante transferiu um volume de ácido clorídrico (HCl) para uma proveta aberta contendo um pedaço de magnésio (Mg). Ocorreu a reação química, tal como mostrado na equação a seguir.



Dados registrados para a reação química:

Massa de Mg - 0,24 g

Massa de solução de HCl - 5,49 g

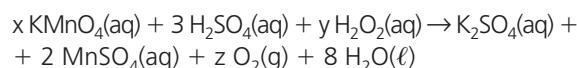
Massa total das substâncias na proveta antes da reação - 5,73 g

Massa total das substâncias na proveta após a reação - 5,71 g

A massa total das substâncias na proveta, antes da reação é diferente da massa total após a reação, por quê?

- a) O HCl e Mg reagem para formar um complexo.
- b) O HCl e Mg reagem lentamente.
- c) O HCl e Mg reagem para formar um precipitado.
- x d) O hidrogênio produzido é um gás.
- e) O cloreto de magnésio produzido é solúvel.

4. (Unesp-SP) Uma forma de se obter oxigênio em laboratório é pela reação química entre solução aquosa de peróxido de hidrogênio (água oxigenada) e solução aquosa de permanganato de potássio em meio ácido, cuja equação, parcialmente balanceada, é:



Nessa equação, os valores dos coeficientes estequiométricos x, y e z são, respectivamente,

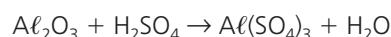
- a) 2, 5 e 1.
- d) 3, 2 e 4.
- x b) 2, 5 e 5.
- e) 3, 5 e 5.
- c) 2, 5 e 4.

5. (UFG-GO) A Teoria do Flogístico afirmava que a massa de resíduos, após uma combustão, seria menor do que a massa inicial. Entretanto, não explicava o fato de que a oxidação dos metais produzia resíduos com massa maior que a inicial. Lavoisier resolveu essa questão com a formulação da Lei de Conservação das Massas. Considerando o exposto,

- a) explique como a Lei de Conservação das Massas resolveu o problema que a Teoria do Flogístico não conseguiu resolver em relação à massa residual;
- b) escreva as equações químicas balanceadas da combustão do carbono e do magnésio.

CAPÍTULO 3

1. (Ufam) O sulfato de alumínio $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ é um produto químico amplamente utilizado na indústria de papel e nas estações de tratamento de água. O $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ pode ser produzido reagindo bauxita, rica em Al_2O_3 com ácido sulfúrico, H_2SO_4 , de acordo com a reação não balanceada:



Partindo-se de 306 g de Al_2O_3 e quantidade de H_2SO_4 suficiente, a quantidade máxima de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ formada é:

- a) 536 g.
- x d) 1026 g.
- b) 684 g.
- e) 1280 g.
- c) 898 g.

2. (UFRGS-RS) Airbags são hoje em dia um acessório de segurança indispensável nos automóveis. A reação que ocorre quando um airbag infla é $\text{NaN}_3(\text{s}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \text{Na}(\text{s})$.

Quando se acertam os coeficientes estequiométricos, usando o menor conjunto adequado de coeficientes inteiros, a soma dos coeficientes é

- a) 3.
- b) 5.
- x c) 7.
- d) 8.
- e) 9.

3. (UFRGS-RS) Nos aterros sanitários, o processo de biodegradação da matéria orgânica ocorre geralmente em condições anaeróbicas (em ausência de oxigênio ou de ar), produzindo gases causadores do efeito estufa, metano e gás carbônico, conforme mostrado na equação abaixo, exemplificada para a glicose.



O volume de gases do efeito estufa, gerado pela decomposição anaeróbica de 0,9 kg de glicose nas CNTP (0°C e 1 atm), será de aproximadamente

- a) 22,4 L.
- b) 67,2 L.
- c) 125,4 L.
- d) 336,0 L.
- x e) 672,0 L.

Dado: volume molar: 22,4 L/mol.

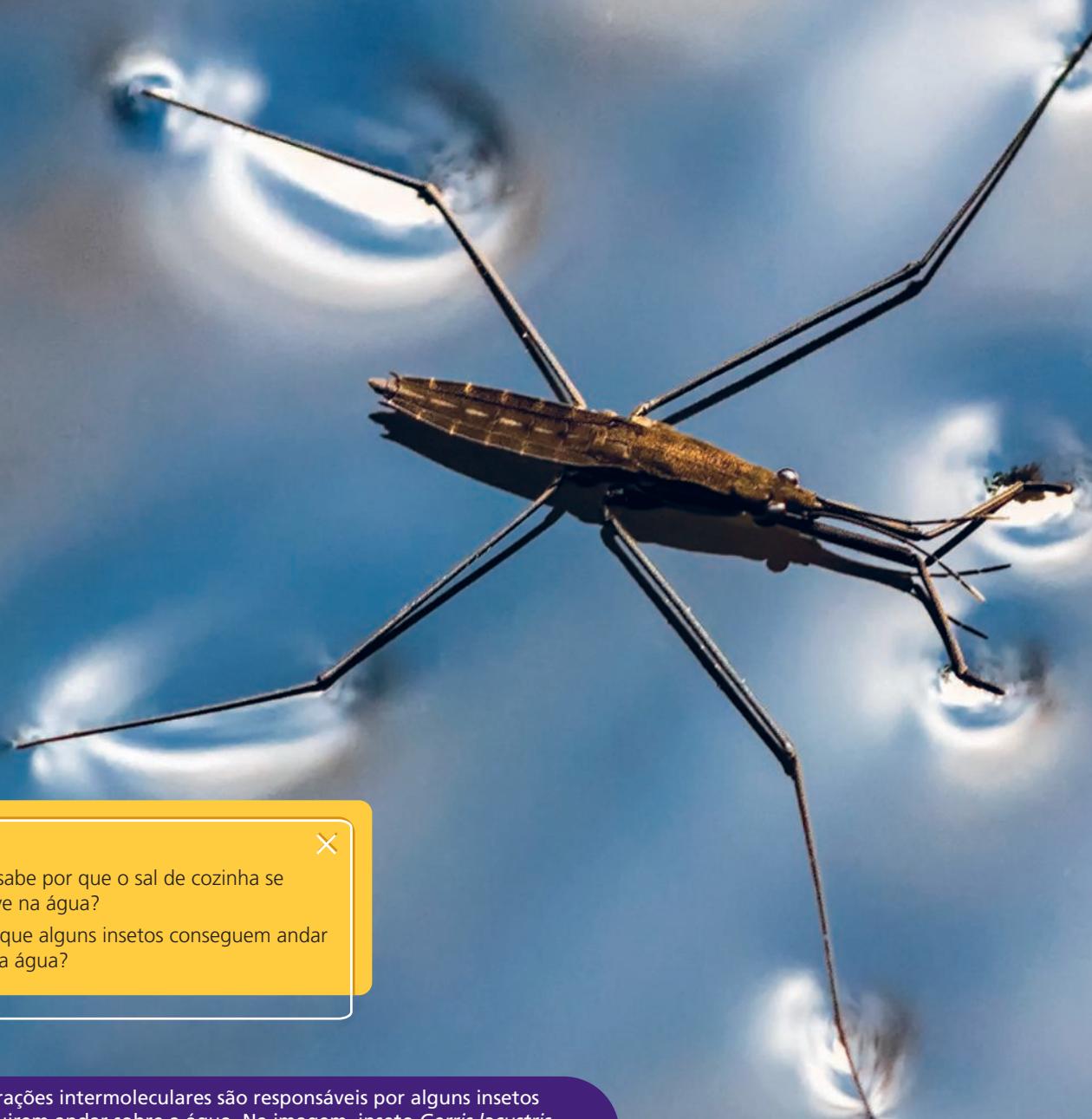
4. (PUCC-SP) Uma caixinha de metal para rapé contém 24 g de prata, Ag. Para fazê-la em ouro, Au, com a mesma quantidade de átomos contidos na caixinha de prata, é necessária uma massa de ouro, em gramas, de, aproximadamente,

- a) 98.
- x b) 43.
- c) 68.
- d) 32.
- e) 305.

Dados: Massas molares (g/mol) Ag = 108; Au = 197; Constante de Avogadro: $6,0 \times 10^{23}/\text{mol}$

5. (Enem-Libras) A Química Verde pode ser definida como criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente. Um recurso de geração de energia que obedeça a esses princípios é:

- a) Petróleo bruto.
- b) Carvão mineral.
- x c) Biocombustível.
- d) Usinas nucleares.
- e) Usinas termoelétricas.



- Você sabe por que o sal de cozinha se dissolve na água?
- E por que alguns insetos conseguem andar sobre a água?

As interações intermoleculares são responsáveis por alguns insetos conseguirem andar sobre a água. Na imagem, inseto *Gerris lacustris*, conhecido popularmente como alfaiate; mede entre 2 e 3 centímetros de comprimento.

UNIDADE UNIDADE UNIDADE UNIDADE UNIDADE

2

Ligações químicas e interações intermoleculares

O mundo submicroscópico nos possibilita aprofundar a compreensão da constituição dos materiais. Existem alguns modelos científicos que nos fornecem elementos para explicar de forma mais adequada as propriedades dos materiais e ter mais fundamentos para selecionar materiais, de acordo com o uso que se pretende fazer deles. Muitos fenômenos do cotidiano envolvem as interações entre os átomos e entre as moléculas.

Para compreender esses fenômenos, nesta unidade vamos entender como ocorrem as ligações químicas e as interações intermoleculares.



CAPÍTULO 4

Competências gerais: 1, 2, 4, 5 e 9
Competência específica: 3
Habilidades: (EM13CNT301), (EM13CNT302), (EM13CNT303)
e (EM13CNT307)

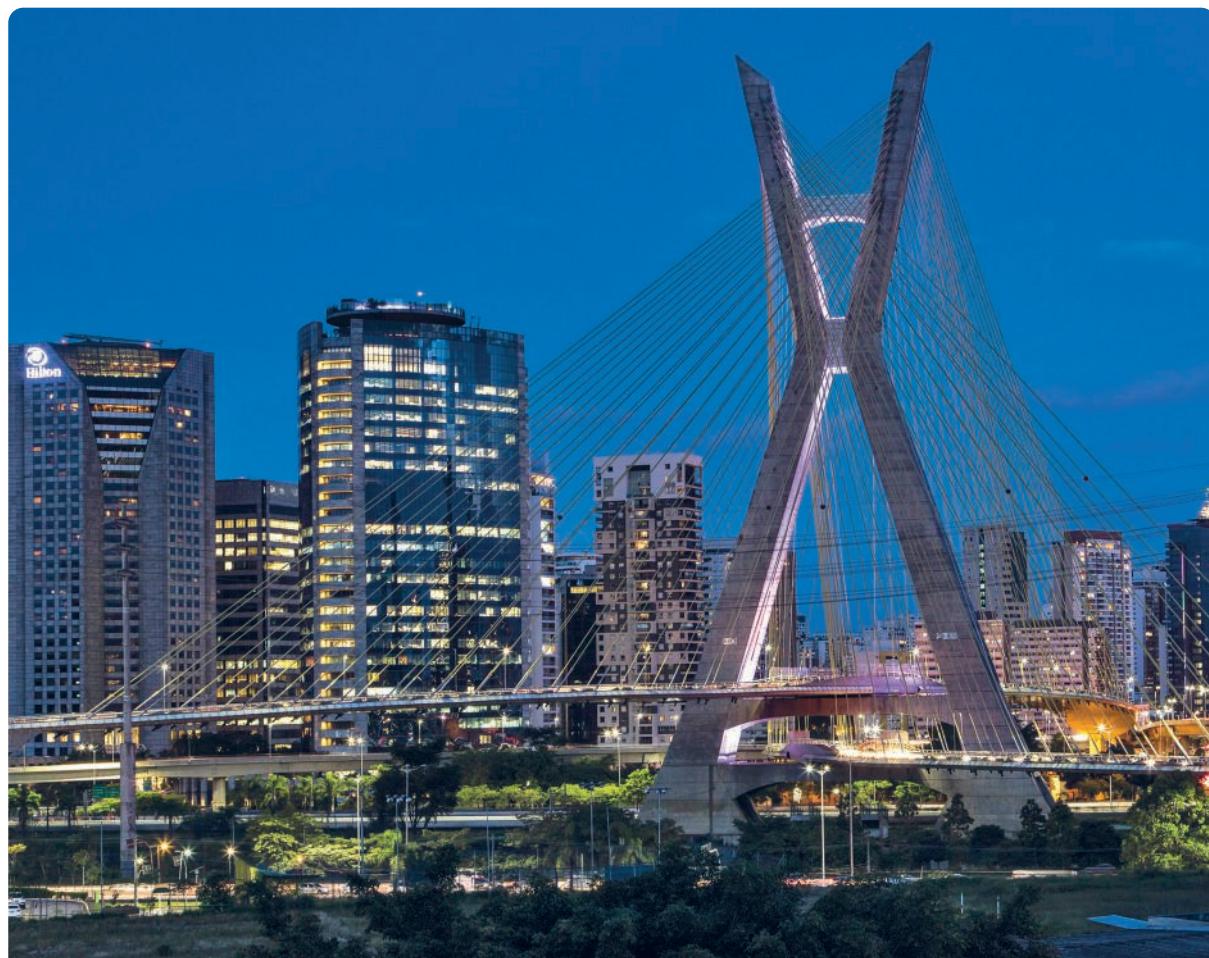
Ligações químicas e interações entre átomos

Um dos focos do nosso estudo são os materiais. Em capítulos anteriores, aprendemos sobre suas propriedades e como elas podem ser interpretadas se utilizarmos modelos e teorias. Estudamos o modelo cinético-molecular, que nos ajudou a compreender várias questões, como por que um gás pode ser comprimido ou por que o gelo é menos denso que a água líquida.

Ampliamos nossa compreensão da constituição dos materiais por meio do estudo de modelos para o átomo e da discussão da organização dos elementos na Tabela Periódica.

Neste capítulo, tratamos novamente de algumas propriedades dos materiais. Vamos aprofundar nosso estudo sobre a constituição desses materiais e relacioná-la a suas propriedades, aprendendo novos modelos explicativos: os modelos de ligação química e interações intermoleculares.

Para começar, vamos considerar uma palavra que provavelmente você já leu ou ouviu. A palavra **molécula** é citada com bastante frequência nas aulas de Ciências da Natureza. É uma palavra muito especial para os químicos, físicos e biólogos. Saber exatamente o que é uma molécula nos leva a aprofundar o estudo das substâncias e das relações entre propriedades e modelos.



Rubens Chaves/Pulsar Imagens

Figura 4.1 – Diferentes tipos de substância fazem parte do nosso cotidiano. Água e diversos materiais são utilizados na construção de uma ponte. Na fotografia, imagem da ponte estaiada sobre o rio Pinheiros, em São Paulo, SP, 2019.

4.1 A molécula da água (H_2O)

É possível que você já tenha se perguntado: Por que a molécula de água é representada por H_2O ? Além disso, você sabe por que podemos afirmar que a água é constituída de moléculas? Vamos, a seguir, encontrar as respostas a esses questionamentos.

A água, como solvente universal, tornou possível a vida no planeta Terra. Ela é a única substância que, nas condições físico-químicas do planeta, apresenta-se nos três estados físicos da matéria. Uma das características mais notáveis é que o gelo (água no estado sólido) apresenta a propriedade de ser menos denso que a água no estado líquido. A maioria dos sólidos afunda em seus respectivos líquidos. Essa característica do gelo de flutuar na água é fundamental para a preservação da vida no planeta, pois isso significa que em regiões muito frias a água de mares, rios e lagos (figura 4.2) congela apenas na superfície, preservando a vida na biota aquática.

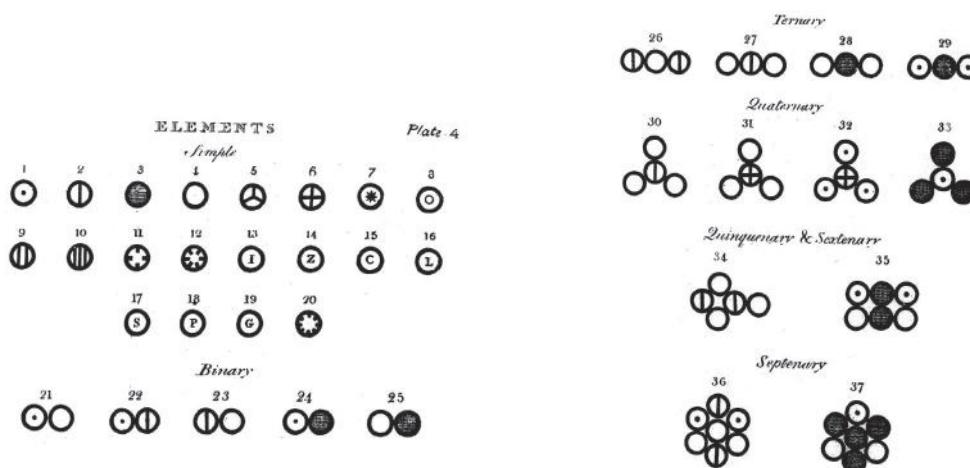


Pravit Thanithaporn/Shutterstock

Figura 4.2 – Lago Baikal congelado na ilha de Olkhon, Rússia, 2020.

É importante destacar, do ponto de vista científico, o motivo de terem atribuído uma representação gráfica aparentemente simples a uma substância tão importante como a água. Quando Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), em 1783, anunciou à Academia de Ciências de Paris, na França, que a água era composta de hidrogênio e oxigênio, ele propôs uma maneira de definir um elemento químico completamente diferente da visão aristotélica: um elemento que poderia ser definido experimentalmente como qualquer substância que não pudesse ser decomposta por meio de métodos químicos.

John Dalton (1766-1844), ao propor sua teoria atômica, em 1803, sugeriu que cada elemento fosse constituído de um único tipo de átomo. Segundo ele, em uma reação química, os átomos de diferentes elementos químicos poderiam se combinar para formar moléculas (nomeadas por ele “átomos compostos”), que seriam a menor unidade da substância composta. Para Dalton, um átomo de hidrogênio combinava-se com um átomo de oxigênio para formar a molécula de água – que teria a fórmula HO.



Wellcome Library, London/Wellcome Images

Figura 4.3 – Notação criada por John Dalton para representar os átomos de uma reação química.

Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), seguindo os trabalhos de Henry Cavendish (1731-1810) e Joseph Priestley (1733-1804), verificou que dois volumes de hidrogênio se combinam com um volume de oxigênio para formar a água. Logo após a publicação desses resultados por Gay-Lussac, em 1808, Jöns Jacob Berzelius (1779-1848; **figura 4.4**) sugeriu a fórmula H_2O para a água.

A ideia de fórmula química surgiu, portanto, como uma forma de expressar as quantidades das substâncias elementares que entram em uma combinação.



Figura 4.4 – Jöns Jacob Berzelius.

A partir da segunda metade do século XIX, os químicos começaram a utilizar as fórmulas como uma representação espacial da molécula que poderia explicar várias propriedades das substâncias. As fórmulas químicas passavam a representar não só as quantidades que se combinavam, mas também o retrato da realidade molecular, permitindo antever como os átomos que formavam a molécula estavam distribuídos no espaço e de que forma eles se ligavam uns aos outros.

Durante a segunda metade do século XIX, o esforço criativo de químicos como Friedrich August Kekulé (1829-1896; **figura 4.5**), Joseph Le Bell (1847-1930) e Jacobus Van't Hoff (1852-1911), entre outros, permitiu a observação dessa realidade molecular, mesmo não havendo qualquer evidência direta de que ela realmente existisse.

A imaginação criativa dos químicos de então permitia-lhes deduzir algumas fórmulas químicas por meio do estudo das propriedades das substâncias. O fato de Kekulé, por exemplo, ter sido arquiteto pode ser mais do que uma coincidência. Assim como os arquitetos planejam casas na imaginação e no papel antes que elas tomem forma na realidade, os químicos daquela época foram capazes de prever estruturas químicas que só se tornaram observáveis muitos anos mais tarde.

A teoria quântica, aplicada à Química a partir dos anos 1930, apresentou um significado mais preciso à ideia de valência que tinha sido utilizada para explicar o poder de combinação dos elementos químicos. O átomo é representado como constituído de duas regiões que apresentam cargas diferentes: o **núcleo** e a **eletrosfera**. Dessa forma, a ligação química passa a representar uma interação de natureza eletromagnética que ocorre entre os núcleos (carregados positivamente) e as eletrosferas (carregadas negativamente) de átomos vizinhos.

O traço utilizado para ligar os átomos de hidrogênio e oxigênio na fórmula estrutural da água representa, na realidade, uma região do espaço ocupada por elétrons que estão sendo atraídos pelos dois núcleos vizinhos (o do oxigênio e o do hidrogênio). Vale ressaltar que ele não tem a realidade física de um elo material, mas apenas representa uma interação ou força elétrica que tem uma direção preferencial.

Outra forma de representar essa ligação seria por meio de uma **nuvem eletrônica**. Compare as duas representações na **figura 4.6**. O fato de a representação **a** ser mais usual está ligado à sua simplicidade. Para uma maior aproximação da realidade física da ligação química, no entanto, a representação **b** é mais conveniente.

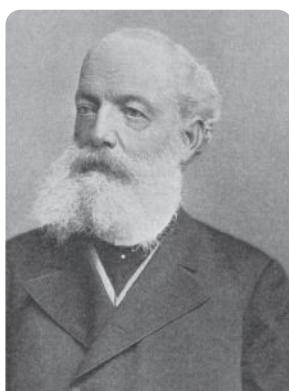


Figura 4.5 – Friedrich August Kekulé.

Kean Collection/Getty Images

Universal History Archive/UIG/Bridgeman/Fotoarena

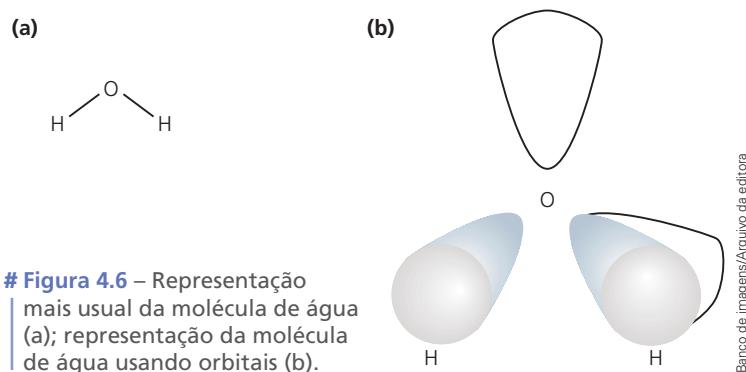


Figura 4.6 – Representação mais usual da molécula de água (a); representação da molécula de água usando orbitais (b).

Banco de Imagens/Arquivo da editora

Uma das propriedades fundamentais da água é o fato de que ela é um solvente melhor do que a maioria dos líquidos comuns. Essa propriedade está diretamente relacionada ao arranjo espacial dos átomos que formam a água e aos tipos de interações possíveis.

A existência desse tipo de arranjo explica várias propriedades da água, como o fato de ela ser líquida à temperatura ambiente. Moléculas maiores que a água – como gás carbônico (CO_2) e amônia (NH_3) – são gasosas. A forte atração existente entre as moléculas de água explica essa propriedade incomum. Já a notável propriedade de o gelo ser menos denso que a água líquida está relacionada à organização das moléculas de água.

Essas considerações nos levam a concluir que a fórmula química da molécula de água (H_2O) é um importante instrumento para explicar várias de suas propriedades, inclusive aquelas mais notáveis e incomuns.

A fórmula, no entanto, nada mais é que uma representação gráfica da substância. Como tal, devemos usá-la, apropriando-nos das informações que ela nos fornece, mas tomando o cuidado de não a confundir com a realidade da substância água, muito mais complexa e profunda do que aquilo que duas letras do alfabeto e um número permitem antever.

Mas como é possível saber se uma substância é constituída de moléculas? Será que todas as substâncias são compostas de moléculas?

Para responder a esses questionamentos, precisamos estudar as propriedades das substâncias de forma a compreender como podemos sistematizar e organizar melhor o conhecimento químico.

ATIVIDADE 1

Modelos de ligação química e propriedades dos materiais

INVESTIGAÇÃO



Nesta atividade, vamos investigar as propriedades físicas e organolépticas de algumas substâncias sólidas puras. Vamos agrupar as substâncias que apresentam propriedades semelhantes e aprender modelos de ligações químicas que utilizamos para compreender essas propriedades. Para isso, inicialmente vamos testar a solubilidade dessas substâncias em dois solventes (água e aguarrás), assim como sua condutividade elétrica no estado sólido e em solução aquosa.

MATERIAL

- açúcar (sacarose) – $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
- grafite – $\text{C}_{\text{grafite}}$
- alumínio – Al
- cobre – Cu
- iodo – I_2
- quartzo – SiO_2
- iodeto de potássio – KI
- naftaleno – C_{10}H_8
- ferro – Fe
- cloreto de sódio – NaCl

PARTE A – Propriedades organolépticas das substâncias

O QUE FAZER

1. Observem as substâncias relacionadas no quadro 4.1 e, em seguida, descrevam no caderno todas as propriedades organolépticas que vocês podem constatar ao examiná-las.

propriedades organolépticas: são aquelas que podem ser avaliadas pelos sentidos, como cor, brilho e cheiro.





a) açúcar (sacarose)	b) grafite	c) alumínio	d) cobre	e) iodo
f) quartzo	g) iodeto de potássio	h) naftaleno	i) ferro	j) cloreto de sódio

Quadro 4.1 – Substâncias que apresentam diferentes aspectos e que podem ser avaliadas pelas propriedades organolépticas.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Considerando apenas as propriedades organolépticas que vocês determinaram, é possível identificar alguma divisão por grupo de substâncias? Justifiquem.

PARTE B – Temperatura de fusão

O QUE FAZER

- Analisem o quadro 4.2, a seguir, no qual estão indicados os valores da temperatura de fusão das substâncias apresentadas no quadro 4.1.

Substância	Temperatura de fusão (°C)
açúcar (sacarose) – C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	185
grafite – C _{grafite}	sublima-se a 3 825 °C
alumínio – Al	659
cobre – Cu	1 083
iodo – I ₂	114
quartzo – SiO ₂	1 610
iodeto de potássio – KI	686
naftaleno – C ₁₀ H ₈	80
ferro – Fe	1 535
cloreto de sódio – NaCl	801

Quadro 4.2 – Temperatura de fusão das substâncias.





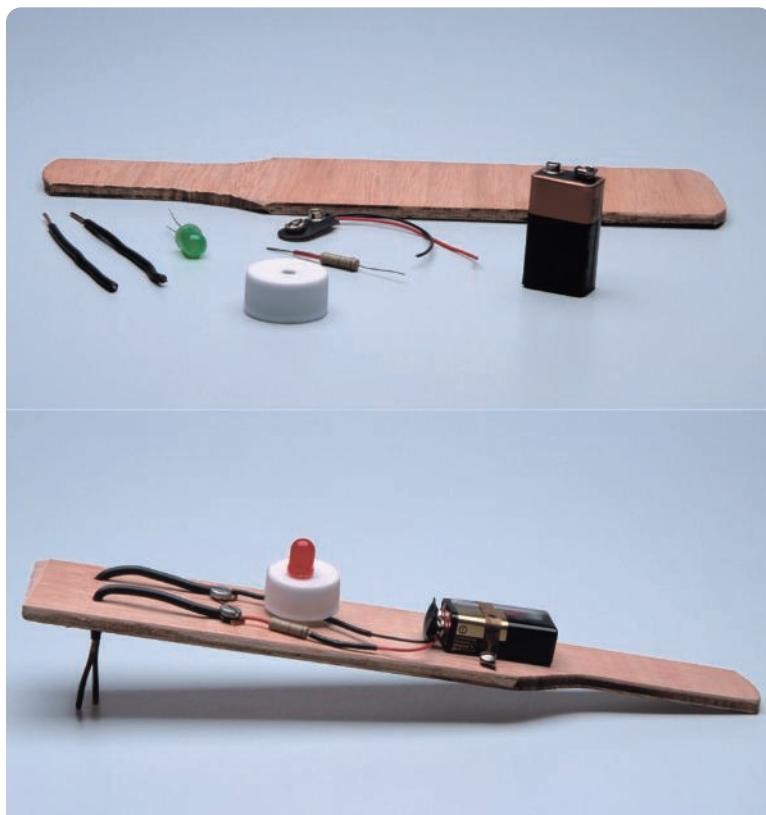
REFLEXÃO

- Expliquem o que ocorre com a interação entre as partículas que constituem o material durante a fusão.
- Com base na resposta à questão anterior, expliquem por que algumas substâncias apresentam temperaturas de fusão elevadas, ao passo que outras apresentam valores baixos para essa propriedade.
- Levando em consideração apenas o valor da temperatura de fusão, seria possível identificar algum grupo de substâncias? Expliquem.

PARTE C – Condutividade elétrica no estado sólido

MATERIAL

Dispositivo para medir a condutividade elétrica dos materiais (**figura 4.7**).



Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 4.7 – Com materiais simples, encontrados em lojas de produtos eletrônicos, vocês podem montar um dispositivo para medir a condutividade elétrica de materiais.

O QUE FAZER

- Coloquem os fios do dispositivo para medir a condutividade elétrica sobre cada substância, tomando o cuidado de não encostar um fio no outro. Se a lâmpada acender, classifiquem a substância como boa condutora de eletricidade. Caso contrário, classifiquem-na como má condutora.
- No caderno, construam um quadro com duas colunas, em que serão apresentadas informações sobre a condutividade elétrica das substâncias no estado sólido. Na primeira coluna, coloquem o título “Substâncias boas condutoras”; na segunda, “Substâncias más condutoras”.

REFLEXÃO



- Como vocês explicariam a condutividade elétrica dos materiais no estado sólido?
- Levando em consideração apenas a condutividade elétrica no estado sólido, seria possível identificar algum grupo de substâncias? Expliquem.



PARTE D – Solubilidade em água (solvente polar) e aguarrás (solvente apolar)



MATERIAL

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR !

Aguarrás, água, 21 tubos de ensaio, uma espátula, um bastão de vidro.

Nas partes
D e **E**,
trabalhem
em ambiente
ventilado ou
utilizem uma
capela.

O QUE FAZER

1. Rotulem os tubos de ensaio de **A** a **J**, conforme as substâncias do quadro 4.1.
2. Coloquem água até a altura de 1/3 de cada tubo.
3. Adicionem uma ponta de espátula ou um pequeno pedaço da substância a ser testada. Usem, com cuidado, o bastão de vidro para auxiliar na dissolução.
4. Construam no caderno um quadro com três colunas. Nomeiem cada uma das colunas da seguinte forma: "Substâncias solúveis em água", "Substâncias solúveis em aguarrás" e "Substâncias insolúveis". Anotem os resultados no quadro. Caso a substância seja solúvel, guardem a solução para realizar o teste da Parte E.
5. Repitam os testes anteriores, utilizando aguarrás no lugar da água. Anotem os resultados na segunda coluna do quadro construído no item 4. Caso a substância seja solúvel, guardem a solução para realizar o teste da Parte E.
6. Agora adicionem água até a altura de 1/3 de um dos tubos de ensaio. Adicionem a mesma quantidade de aguarrás. Agitem. Observem e registrem.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Nos rótulos de recipientes de aguarrás está escrito: "Componentes: solventes alifáticos". Pesquisem o significado de "solventes alifáticos". Não se esqueçam de indicar as fontes de pesquisa.
2. Tentem explicar por que água e aguarrás não são miscíveis.
3. Considerando apenas a solubilidade em água e em aguarrás, seria possível identificar algum grupo de substâncias? Expliquem.

PARTE E – Condutividade elétrica em solução aquosa e em solução de aguarrás



MATERIAL

Dispositivo para testar condutividade elétrica, um béquer de 250 mL, vidro de relógio (ou um béquer de 50 mL).

O QUE FAZER

1. Adicionem água ao béquer de 250 mL e testem a condutividade elétrica dessa substância usando o dispositivo apropriado. Em seguida, transfiram para o vidro de relógio (ou béquer de 50 mL) as soluções aquosas formadas na Parte D e testem suas condutividades elétricas. Se o brilho da lâmpada for mais intenso do que no caso da água pura, considerem a solução boa condutora. Caso contrário, considerem a solução má condutora. Anotem os resultados em um quadro.
2. Adicionem aguarrás ao béquer de 250 mL e testem a condutividade elétrica dessa substância utilizando o dispositivo apropriado. A seguir, transfiram para o vidro de relógio (ou béquer de 50 mL) as soluções de aguarrás formadas na Parte D e testem suas condutividades elétricas. Como indicado no item 1, anotem os resultados em um quadro.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Comparem o resultado obtido na Parte E com o obtido na Parte C, em que foi testada a condutividade elétrica das substâncias no estado sólido. O que vocês podem constatar? Como vocês explicam esse fato?
2. A condutividade elétrica em solução aquosa permite identificar dois grupos de substâncias que podem ser solúveis em água. Que grupos são esses? Expliquem.



O QUE FAZER

1. Construam no caderno um quadro com as seguintes colunas:

Substância	Condutividade elétrica no estado sólido	Solubilidade em água	Solubilidade em aguarrás	Condutividade elétrica em solução	Aspecto da substância	Temperatura de fusão
------------	---	----------------------	--------------------------	-----------------------------------	-----------------------	----------------------

Quadro 4.3 – Propriedades das substâncias de A a J.

- Preencham o quadro com os resultados anotados nos quadros anteriores.
- Com base nos resultados listados no **quadro 4.3** que vocês construíram no item 1, agrupem as substâncias que tenham propriedades semelhantes explicitando os critérios utilizados para a classificação. Construam outro quadro com o seguinte título: "Substâncias agrupadas e critérios usados para classificação".

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Comparem o agrupamento das substâncias realizado pelo grupo do qual faz parte com os de outros grupos da turma. Anotem as possíveis divergências.
- É possível chegar a um critério único de agrupar as substâncias levando em consideração apenas suas propriedades?

4.2 Propriedades dos materiais e tipos de ligações químicas

Diferentes materiais apresentam propriedades variadas. Diante dessa afirmação, ocorre-nos o seguinte questionamento: Qual é a relação entre a variedade de propriedades e as ligações químicas presentes nos materiais? Vamos, inicialmente, analisar os dados do **quadro 4.4**.

Sólido	Comportamento sob aquecimento	Solubilidade em água	Solubilidade em aguarrás	Condutividade elétrica no estado sólido	Condutividade elétrica em solução aquosa
cobre	funde-se a 1 083 °C	insolúvel	insolúvel	bom condutor	_____
cloreto de sódio	funde-se a 801 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	bom condutor
sacarose (açúcar)	funde-se entre 185 °C e 186 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	mau condutor
naftalina	funde-se a 80 °C	insolúvel	solúvel	mau condutor	_____
diamante	convivem diamante e grafite sólidos e carbono líquido \cong a 3 900 °C à pressão \cong 12,5 GPa	insolúvel	insolúvel	mau condutor	_____

Quadro 4.4 – Propriedades de algumas substâncias sólidas.



Que evidências sobre a natureza das ligações químicas podemos obter conhecendo a temperatura de fusão dos materiais?

Analisando o comportamento das substâncias sob aquecimento, verificamos que algumas mudam de estado físico a temperaturas elevadas, como o cobre, o diamante e o cloreto de sódio. Já a naftalina e o açúcar (sacarose) fundem-se a temperaturas razoavelmente baixas (**figura 4.8**).



Figura 4.8 – O cobre, o diamante e o cloreto de sódio fundem-se a temperaturas muito mais elevadas do que a naftalina e o açúcar.

Um modelo de ligação química é usado para explicar essas e outras propriedades das substâncias. No caso do cobre, do diamante e do cloreto de sódio, quando a substância muda de estado físico, rompem-se interações entre as partículas que constituem essa substância. Como a temperatura para efetuar essas mudanças é elevada, podemos imaginar que essas interações são muito fortes.

No caso do diamante, temos um tipo de ligação conhecida como **ligação covalente**, que é o mesmo tipo de ligação presente nas moléculas de hidrogênio, oxigênio, naftalina, sacarose, gasolina, álcool e água. Essas últimas substâncias, no entanto, mudam de estado físico ou transformam-se em líquidos a temperaturas relativamente baixas, quando comparadas com o diamante.

Como explicar essa diferença?

Em todas essas substâncias (hidrogênio gasoso, oxigênio gasoso, naftalina, sacarose, gasolina, álcool, água), a ligação covalente é responsável pela formação da **molécula**. A agregação das moléculas para formar quantidades macroscópicas dessas substâncias se dá, no entanto, por **interações entre moléculas**, que são relativamente fracas. Portanto, há nessas substâncias dois tipos de interação: uma entre os átomos para formar moléculas (**ligação covalente**) e outra entre moléculas para formar o material (**interação intermolecular**). Essas substâncias são chamadas **substâncias moleculares**.

Como as interações entre as moléculas são fracas, as substâncias moleculares geralmente têm temperatura de fusão e de ebulição relativamente baixas. Aquelas formadas por moléculas pequenas, como nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), gás carbônico (CO_2), cloro (Cl_2) e metano (CH_4), geralmente são gasosas à temperatura ambiente, o que indica que suas temperaturas de ebulição são menores que a temperatura ambiente. As interações intermoleculares nessas substâncias são muito fracas.

No diamante, não há formação de moléculas individuais. A agregação das partículas para formar o material é realizada pela ligação covalente entre os átomos de carbono – muito forte –, o que explica a alta temperatura necessária para quebrá-la e fundir o diamante. Poderíamos pensar que, no caso do diamante, os átomos de carbono ligam-se para formar uma “molécula gigante”.

No caso do cobre e do cloreto de sódio, temos uma situação semelhante à do diamante, porém as ligações envolvidas são de outra natureza. No caso do cobre, também não se formam moléculas, uma vez que os átomos se ligam por meio de **ligações metálicas** para formar o material. Podemos imaginar que esse tipo de ligação também seja forte, já que a maioria dos metais se funde a temperaturas elevadas.

Em relação ao cloreto de sódio, a ligação não é entre átomos, mas entre íons, que são partículas eletricamente carregadas. O cloreto de sódio também não forma moléculas, uma vez que os íons sódio e cloreto se ligam por meio de **ligações iônicas** para formar o material, um **sólido iônico**.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO



1. Identifique o tipo de ligação química ou a interação intermolecular que está sendo rompida ou formada em cada um dos processos a seguir:
 - a) mudanças de fase da água: líquido – vapor; líquido – sólido;
 - b) mudanças de fase do iodo: sólido – vapor; vapor – sólido;
 - c) fusão do ferro;
 - d) sublimação da naftalina;
 - e) fusão do cloreto de sódio.

2. Reproduza o quadro a seguir em seu caderno. Com base na leitura do texto anterior, complete-o, utilizando todas as substâncias citadas no **quadro 4.2**. Apresentamos abaixo um exemplo para que você possa seguir.

Substância	Temperatura de fusão	Tipo de interação intermolecular ou de ligação química rompida na fusão	Intensidade da ligação química ou da interação intermolecular
açúcar (sacarose)	baixa	interação intermolecular	fraca

Quadro 4.5 – Relações entre a intensidade, os tipos de interação e as temperaturas de fusão.

Que evidências sobre a natureza das ligações químicas podemos obter conhecendo a solubilidade dos materiais?

O modelo de ligações químicas também é útil para explicar as diferenças de solubilidade. Um modelo parcial, mas que explica bem a solubilidade, considera que esse fenômeno depende da interação entre as partículas do soluto e do solvente.

No **quadro 4.4**, pudemos observar que o cobre e o diamante são substâncias insolúveis nos dois tipos de solventes que foram usados. Esse fato é observado não só na maioria dos metais como também em outros sólidos covalentes, como mica, sílica (um componente da areia), grafite (**figura 4.9**), etc.



Figura 4.9 – Assim como o diamante, outros sólidos covalentes, como a mica (a), a sílica (b), e a grafite (c), são insolúveis na maioria dos solventes comuns.

Você deve ter observado também no **quadro 4.4** que o cobre e o diamante mudam de estado físico a temperaturas muito elevadas. Como visto anteriormente, isso evidencia que as ligações entre suas partículas são muito fortes. Para que ocorra a dissolução, essas ligações também terão de ser quebradas por meio da interação com o solvente, com a formação de um novo tipo de interação: **sóluto-solvente**.

No caso do cobre e do diamante, não há formação dessas interações porque a energia necessária para quebrar a **interação sóluto-sóluto** é muito alta quando comparada com a liberação de energia que ocorreria na formação da interação sóluto-solvente.

A temperatura de fusão do cloreto de sódio também é elevada; no entanto, ele é solúvel em água. Como explicar esse fato?

O que favorece a dissolução do cloreto de sódio em água é a interação dos íons sódio e cloreto com as moléculas de água. A formação dessas interações entre as partículas do soluto e do solvente leva à quebra da ligação entre as partículas do cloreto de sódio. Os íons sódio e cloreto ficam **solvatados** pelas moléculas de água. Por meio do processo de **solvatação**, os íons ficam envoltos, interagindo com várias moléculas de água. A dissolução só é possível por meio da interação sóluto-solvente.

A temperatura de fusão da naftalina é relativamente baixa; no entanto, é uma substância não solúvel em água, mas em solventes orgânicos como os contidos na aguarrás.



Como explicar essa diferença?

Podemos imaginar, usando os mesmos argumentos anteriores, que não se estabeleça a interação soluto-solvente entre as partículas de naftalina e água; isso ocorre apenas entre as partículas de naftalina e de aguarrás (**figura 4.10**). Para explicar essa diferença, temos de pensar na natureza das partículas que formam a água, o solvente contido na aguarrás e a naftalina, o que será aprofundado posteriormente.

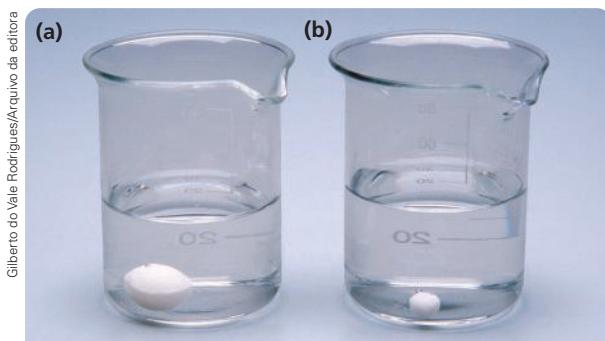


Figura 4.10 – A naftalina é insolúvel em água (a), mas solúvel em aguarrás (b), que contém um solvente orgânico.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

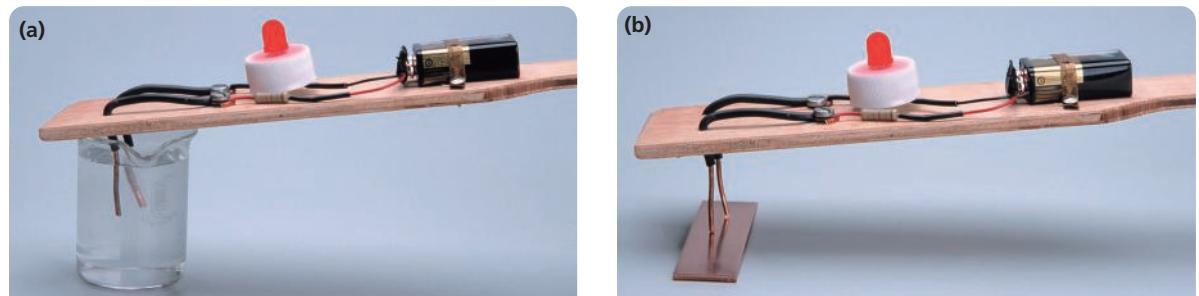
1. Desenhe um modelo que represente a solvatação do cloreto de sódio em água.
2. Usando as informações do texto anterior, tente explicar a ocorrência ou não de solubilidade nas situações a seguir:
 - a) Duas casas tiveram as paredes externas pintadas com materiais diferentes: uma com cal e a outra com tinta a óleo. Depois das chuvas de verão, uma das casas permaneceu pintada, ao passo que a outra perdeu praticamente toda a tinta. Qual das casas teve a tinta removida pela ação das chuvas? Por quê?
 - b) Ao se adicionar água a uma mistura contendo sal de cozinha (cloreto de sódio) e areia, uma parte da mistura dissolveu-se e a outra não. Identifique o componente da mistura que se dissolveu e o que não se dissolveu e explique cada caso.

Que evidências sobre a natureza das ligações químicas podemos obter conhecendo a condutividade elétrica dos materiais?

A condutividade elétrica pode ser explicada, geralmente, pela presença de cargas que podem se movimentar ao longo do material.

Por exemplo, a condutividade elétrica da solução do cloreto de sódio em água deve-se à mobilidade dos **íons** (partículas carregadas) na solução aquosa (**figura 4.11a**). No caso do cristal de cloreto de sódio, os íons não têm essa mobilidade, pois se encontram fixos em posições definidas num **retículo cristalino**, que é um arranjo tridimensional no qual os átomos ou íons ou moléculas estão organizados no cristal. O que mantém esses íons fixos na estrutura do cristal é a força atrativa – a **ligação iônica**.

No caso dos metais – como o cobre – e de algumas substâncias não metálicas condutoras – como a grafite –, a condutividade elétrica não é explicada pela presença de íons móveis, mas pela existência de elétrons móveis (**figura 4.11b**). Os elétrons na região mais externa da eletrosfera não estão fortemente atraídos aos núcleos, o que possibilita sua mobilidade. Eles são, portanto, as partículas responsáveis pela condutividade elétrica no caso do cobre e da grafite.



Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/
Arquivo da editora

Figura 4.11 – A condutividade elétrica se deve à presença de cargas que podem se deslocar no material: no caso da solução aquosa de NaCl (um sal iônico), essas cargas são íons (a); no caso do cobre, essas cargas são elétrons (b).

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Responda às questões e faça o que se pede a seguir.

- Observando as propriedades das substâncias sólidas relacionadas no quadro 4.4, você pode constatar que o açúcar (sacarose) e o cloreto de sódio são solúveis em água. Como você explica o fato de o cloreto de sódio, em solução aquosa, conduzir corrente elétrica e o açúcar, nas mesmas condições, não conduzir?
 - Como você explica o fato de o cloreto de sódio não conduzir electricidade no estado sólido, uma vez que ele é formado por partículas (íons) com cargas positivas e negativas?
 - O cloreto de sódio fundido (em estado líquido) conduz ou não corrente elétrica? Explique.
 - Desenhe modelos para o cloreto de sódio no estado sólido e no estado líquido e explique, com base nesses modelos, a ocorrência ou não de condutividade elétrica nesse material.
2. Faça o que é pedido e, depois, responda às questões:
- Relacione alguns materiais utilizados para fazer fios condutores de eletricidade.
 - Qual é a característica comum a esses materiais?
 - Como você explica a condutividade elétrica desses materiais?

4.3 Modelo de ligação covalente

As substâncias são formadas por agrupamentos de átomos. Cada agrupamento diferente resulta em propriedades distintas.

Já tivemos oportunidade de verificar que algumas substâncias diferentes apresentam propriedades semelhantes. As semelhanças entre essas propriedades podem ser explicadas pela teoria das **ligações químicas**.

Essa teoria nos permitirá responder às seguintes questões: O que mantém os átomos unidos? Por que persistem os agrupamentos de átomos? Por que cada tipo de agrupamento apresenta propriedades características? Inicialmente, vamos analisar o que ocorre quando dois átomos se aproximam um do outro (**figura 4.12**).

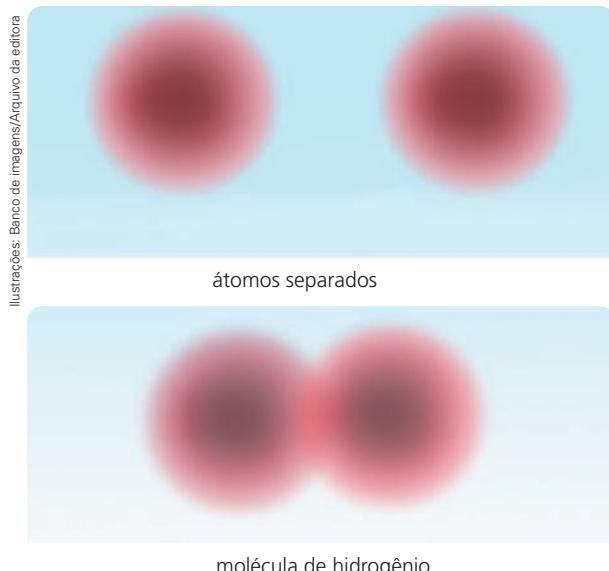


Figura 4.12 – Representação da formação da molécula de hidrogênio. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

O que acontece quando dois átomos se ligam? A ligação covalente

Na natureza, observa-se que as substâncias se formam porque os átomos tendem a um estado energético mais estável, de menor energia. Por exemplo, vejamos o que acontece com a energia de um sistema contendo dois átomos de hidrogênio quando esses átomos se aproximam.

A **figura 4.13** mostra um gráfico que apresenta, como eixo y (ordenadas), a energia potencial e, como eixo x (abscissas), a distância entre os núcleos de dois átomos de hidrogênio. Note que faremos a leitura desse gráfico da direita para a esquerda.

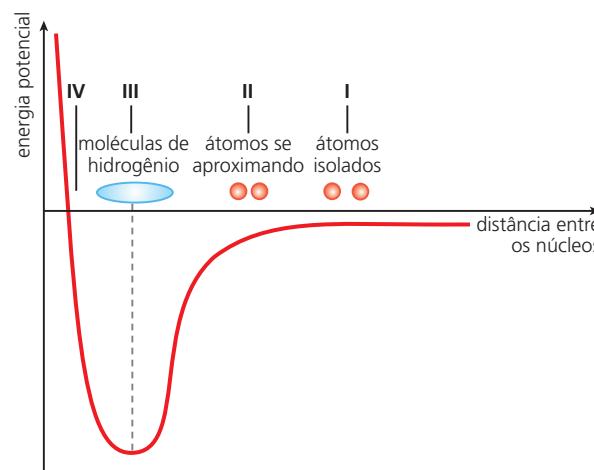


Figura 4.13 – Diagrama de energia x distância internuclear para a formação da molécula de hidrogênio.

Quando dois átomos estão afastados (**situação I**), praticamente não existe uma interação entre eles. À medida que se aproximam, passam a atuar forças de atração entre o núcleo de cada um dos átomos e os elétrons do outro. Ao mesmo tempo, atuam forças de repulsão entre os núcleos e também entre os elétrons dos dois átomos (**situação II**).

A predominância das forças de atração faz com que os átomos de hidrogênio se aproximem cada vez mais, diminuindo a energia do sistema, até alcançarem uma distância na qual a energia é mínima (**situação III**). Nessa situação, há um equilíbrio entre as forças de atração e de repulsão, e os elétrons de cada um dos átomos são atraídos igualmente pelos dois núcleos. Há, portanto, a formação do que chamamos **ligação química**. Neste caso, está sendo formada uma **ligação covalente**, mas podemos generalizar o fato de que toda ligação química se forma pela diminuição da energia do sistema. Portanto, para romper uma ligação química, deve-se fornecer energia ao sistema, enquanto sua formação libera energia. A situação III ocorre a certa distância entre os núcleos dos dois átomos, chamada de **comprimento de ligação**. Essa distância corresponde, no caso da molécula de hidrogênio, a 0,074 nm. Uma maior aproximação entre os átomos (**situação IV**) provocará um aumento da energia do sistema, com consequente diminuição da estabilidade.

A situação III corresponde à formação de uma ligação química entre os átomos de hidrogênio. O resultado é a formação de uma molécula de hidrogênio (H_2). Esse tipo de ligação química se dá por compartilhamento de elétrons e, como já vimos, se chama ligação covalente. A formação de ligações covalentes entre os átomos geralmente resulta na formação de um agrupamento de átomos denominado **molécula**.

Considerando o modelo atômico, na situação I, na qual os átomos estão separados, cada elétron ocupa uma região do espaço em torno do núcleo, o orbital atômico (no caso, um orbital s). Na situação III, em que os átomos estão unidos por ligação covalente, os elétrons são atraídos igualmente pelos dois núcleos.

Toda vez que se forma uma ligação química, a energia do sistema diminui. Essa diminuição corresponde a uma liberação de energia do sistema para a vizinhança. A quantidade de energia liberada é conhecida como **energia de ligação**. De forma análoga, para que uma ligação química seja quebrada, é necessário fornecer energia ao sistema.

As reações químicas correspondem a rearranjos de átomos, em que algumas ligações são quebradas e outras são formadas. A quantidade de energia liberada ou consumida em uma reação química vai depender do balanço entre a energia consumida para quebrar as ligações existentes nas espécies reagentes e a energia liberada na formação de novas ligações nos produtos. Frequentemente, em uma reação exotérmica (que libera calor para a vizinhança), a energia liberada na formação das ligações nos produtos é maior que a consumida para quebrar as ligações nos reagentes. Em uma reação endotérmica (que absorve calor da vizinhança), a energia necessária para quebrar as ligações existentes nas espécies reagentes é maior que a energia liberada na formação das ligações nos produtos.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO 

1. O etanol (C_2H_5OH) é uma substância que vem sendo usada como combustível em automóveis no Brasil. O uso do etanol como combustível decorre do fato de que sua combustão libera uma quantidade considerável de energia (em forma de calor e trabalho mecânico). Na combustão completa do etanol, ocorre a reação com oxigênio e forma-se gás carbônico (CO_2) e água. Formam-se também vários outros subprodutos, resultantes da combustão incompleta.
 - a) Escreva a equação balanceada que representa a combustão completa do etanol.
 - b) Comparando a energia potencial química dos reagentes e dos produtos, o que você pode afirmar?
 - c) Considerando a resposta do item b, o que se pode afirmar sobre a energia de ligação dos produtos em relação à dos reagentes?
 - d) Considerando as respostas dos itens a e b, o que se pode afirmar sobre a estabilidade dos produtos formados em relação aos reagentes?
2. Os metais alcalinos não são encontrados na natureza na forma elementar, mas combinados com outros elementos. Quando obtidos na forma elementar, esses metais são tão reativos que não podem ser deixados expostos ao ar, pois reagem com o oxigênio. O sódio, por exemplo, é guardado em querosene para evitar o contato com o ar. A água não pode ser usada no lugar do querosene, porque o sódio reage violentemente com ela. Relacione as ideias de energia potencial química, estabilidade das substâncias e reatividade para explicar esses fatos.

ATIVIDADE 2

Simulação: polaridade das ligações e polaridade das moléculas

INVESTIGAÇÃO



Esta simulação demonstra a relação entre a polaridade de moléculas e a polaridade das ligações covalentes. Aborda moléculas diatômicas e triatômicas hipotéticas, permitindo variar a eletronegatividade de cada átomo. A eletronegatividade pode ser definida como a intensidade com que um átomo ligado atrai os elétrons da ligação química. Nesta simulação pode ser feita a visualização do potencial eletrostático das moléculas, de sua densidade eletrônica e sua orientação num campo elétrico. O mesmo tipo de visualização está disponível para algumas moléculas reais.

MATERIAL

Para realizar esta atividade, você vai precisar da simulação *polaridade da molécula*. Disponível em: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecule-polarity. Acesso em: 6 jun. 2020.

O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO



1. Abra a simulação indicada, observe a molécula representada e anote no caderno suas respostas às questões a seguir.
 - a) Observe as eletronegatividades de cada átomo e, a partir disso, explique por que existe um dipolo na molécula.
 - b) O que você acha que vai ocorrer com o dipolo da molécula quando as eletronegatividades dos dois átomos forem iguais?
2. Diminua a eletronegatividade do átomo **B** para que fique igual à eletronegatividade do átomo **A** e observe.
 - c) O que você acha que vai ocorrer com o dipolo da molécula se a eletronegatividade de **A** for maior que a de **B**?
3. Aumente a eletronegatividade de **A** até a metade da escala e observe.
 - d) O que você acha que vai ocorrer com o dipolo da molécula se as eletronegatividades dos átomos forem iguais, mas maiores do que a da etapa 2?
4. Aumente as eletronegatividades dos dois átomos ao máximo e observe.
 - e) Entre as moléculas **AB** representadas nas etapas 1, 2, 3 e 4, quais são polares e quais são apolares? Justifique sua resposta.
 - f) Você diria que as moléculas polares da questão anterior são iguais? Justifique sua resposta.
 - g) Você diria que as moléculas apolares da questão anterior são iguais? Justifique sua resposta.
5. Clique em “Reiniciar tudo” e, no painel “Ver”, marque as opções “Ligação dipolo”, “Carga parcial” e “Característica da ligação”.
 - h) O que você espera que ocorra com as cargas parciais dos átomos quando suas eletronegatividades forem igualadas?
6. Diminua a eletronegatividade do átomo **B**, até que fique igual à do átomo **A**, e observe.
 - i) Uma ligação covalente é estabelecida quando há um compartilhamento de um par de elétrons por dois átomos. Quando esse par de elétrons é igualmente compartilhado pelos dois átomos, a ligação é apolar e puramente covalente. Contudo, quando o par de elétrons da ligação covalente está mais próximo de um dos átomos, a ligação é polar e dizemos que ela apresenta algum caráter iônico. Com base nisso e em suas observações da simulação, explique como a eletronegatividade dos átomos pode influenciar o caráter mais ou menos iônico de uma ligação covalente estabelecida entre eles.

molécula diatômica: é uma molécula formada por dois átomos, podendo ou não ser de um mesmo elemento.

molécula triatômica: é uma molécula formada por três átomos, podendo ou não ser de um mesmo elemento.

A simulação pode induzir o usuário a acreditar que, nas moléculas, existem ou ligações covalentes ou ligações iônicas. O que pode ocorrer, na realidade, é a existência de ligações covalentes com maior ou menor caráter iônico.





7. No painel “Superfície”, selecione “Potencial eletrostático”.

j) Considere a escala apresentada abaixo da molécula e sugira uma explicação para o aspecto apresentado pela superfície de potencial eletrostático.

8. Aumente a eletronegatividade de **B** até a metade da escala e observe.

k) Qual átomo, **A** ou **B**, você diria que apresenta maior densidade eletrônica em seu entorno? Justifique sua resposta.

9. No painel “Superfície”, selecione “Densidade dos elétrons” e observe.

10. No painel “Campo elétrico”, clique em “Ligar”. Observe a orientação da molécula no campo elétrico.

l) O que você espera que ocorra com a orientação da molécula nesse campo elétrico quando a eletronegatividade de **A** for aumentada até ultrapassar a de **B**?

11. Aumente a eletronegatividade de **A** ao máximo e verifique sua resposta à questão anterior.

12. Selecione a aba “Três átomos” e observe a eletronegatividade de cada um dos átomos e o vetor “Dipolo molecular”.

m) Proponha uma explicação para a orientação apresentada pelo vetor “Dipolo molecular”.

n) Indique a polaridade de cada uma das ligações, **AB** e **BC**.

13. Aumente a eletronegatividade de **A** até que se iguale à de **B**.

o) Ocorreu modificação na polaridade de cada uma das ligações? E na polaridade da molécula? Registre o que você observou.

14. Clique em “Reiniciar tudo” e, no painel “Ver”, marque a opção “Ligações dipolos”.

15. Mova o átomo **C** até que o ângulo ABC seja igual a 180°.

p) Ocorreu modificação na polaridade de cada uma das ligações? Ocorreu alguma mudança na polaridade da molécula? Justifique.

q) Considerando o que foi tratado nesta simulação, indique os fatores que determinam a polaridade de uma molécula.

16. Selecione a aba “Moléculas reais”.

r) Construa, no caderno, um quadro relacionando polaridade da ligação e polaridade da molécula.

s) No quadro que você construiu, na coluna “Molécula”, inclua o nome das moléculas representadas nessa aba da simulação. Visualize cada molécula e faça uma previsão sobre a polaridade da ligação de cada molécula e sobre a polaridade da molécula. Para ajudá-lo, no painel “Ver”, marque a opção “Eletronegatividade do átomo”. Registre no quadro feito no caderno suas propostas. Verifique se suas previsões estão corretas marcando as opções “Ligações dipolo” e “Dipolo molecular”.

4.4 A polaridade das ligações covalentes

Anteriormente, abordamos a formação de uma molécula de hidrogênio. Nesse caso, os dois átomos são iguais, portanto atraem igualmente os elétrons na ligação. Dizemos que eles têm a mesma **eletronegatividade**, que, como dissemos, pode ser definida como a intensidade com que um átomo ligado a outro atrai os elétrons da ligação química.

Nos casos em que, a exemplo da molécula de hidrogênio, os átomos possuem a mesma eletronegatividade, a ligação é chamada de **ligação covalente apolar**. Nessas situações, a nuvem eletrônica está uniformemente distribuída entre os dois núcleos. O termo “apolar” indica que não houve formação de polos carregados (**figura 4.14**).

Vamos analisar agora o que acontece quando dois átomos com eletronegatividades diferentes se ligam, como na molécula de HCl . Nesse caso, teremos o mesmo tipo de ligação que ocorreu na molécula de H_2 , mas a nuvem eletrônica não estará uniformemente distribuída; ela estará mais densa junto ao átomo mais eletronegativo (no caso, o átomo de cloro).

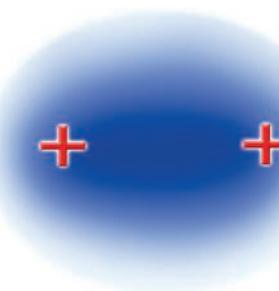


Figura 4.14 – Modelo de ligação covalente apolar. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

A região da molécula próxima ao átomo mais eletronegativo adquire uma carga parcial negativa (δ^-), ao passo que a região próxima ao átomo menos eletronegativo adquire uma carga parcial positiva (δ^+). A diferença de eletronegatividade entre os átomos confere, assim, um caráter polar à ligação covalente, que passa a ser chamada de **ligação covalente polar**.

Quanto maior for a diferença de eletronegatividade entre os átomos, maior será a polaridade da ligação formada.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Figura 4.15 – Modelo de ligação covalente polar. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Na Atividade 1, você testou a solubilidade de algumas substâncias em solvente polar (água) e solvente apolar (aguarrás). O iodo foi solúvel em aguarrás, mas não em água, e isso é uma evidência de que ele pode ser considerado uma substância formada por moléculas apolares. Baseado nisso, faça o que é pedido:
 - a) Represente um modelo para a molécula de iodo, evidenciando a distribuição da nuvem eletrônica em torno dos dois núcleos dos átomos.
 - b) A água é uma substância formada por moléculas polares. Considerando que o átomo de oxigênio é mais eletronegativo que o átomo de hidrogênio e que o átomo de oxigênio está ligado a dois átomos de hidrogênio, represente um modelo para a molécula de água, evidenciando a distribuição da nuvem eletrônica em torno dos três núcleos dos átomos.

ATIVIDADE 3

Estruturas de Lewis

INVESTIGAÇÃO

As estruturas de Lewis são representações nas quais os elétrons envolvidos nas ligações entre os átomos em uma molécula ou íon são explicitados. Elas podem nos ajudar a entender algumas características de moléculas simples. Em algumas áreas da Química – por exemplo, a Química Orgânica –, as estruturas de Lewis continuam a ser usadas para explicar mecanismos de reações químicas. Seu conhecimento, portanto, ajudará a tipificar diferentes representações que podem ser feitas de uma molécula.

O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Para fazer esse tipo de representação, é interessante seguirmos alguns passos.

1. Some os elétrons de valência de todos os átomos.

Se a estrutura que você está desenhando for de um ânion, some um elétron à contagem original dos elétrons de valência para cada carga negativa. Se a estrutura que você está desenhando for de um cátion, subtraia um elétron da contagem original dos elétrons de valência para cada carga positiva.

2. Escreva os símbolos para os átomos ligando-os.

Para moléculas constituídas de apenas dois átomos, coloque um ao lado do outro e una-os por um traço simples (representa um par de elétrons). Para moléculas constituídas de três ou mais átomos, eleja um átomo para ocupar a posição central.

3. Complete os octetos dos átomos ligados ao átomo central.

Ao desenhar a estrutura de Lewis, representamos, para cada átomo, uma configuração de um gás nobre, ou seja, com o nível mais externo preenchido. Por exemplo:

- a) Hidrogênio forma uma ligação covalente pelo compartilhamento de seu elétron com um elétron de outro átomo, de forma que ele possa ter dois elétrons de valência, o mesmo número do gás nobre hélio.
- b) O carbono forma quatro ligações covalentes pelo compartilhamento de seus quatro elétrons de valência com quatro elétrons de valência de outros átomos, de forma que ele possa ter oito elétrons de valência (mesma configuração do gás nobre néônio).
4. Com os elétrons que sobraram, complete o(s) octeto(s) do(s) átomo(s) central(ais).
5. Se o átomo central não completar o octeto, escreva ligações múltiplas (duplas ou triplas).



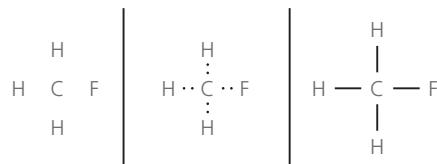
Exemplo 1 – Estrutura de Lewis para a molécula de CH_3F

- Inicialmente, é necessário encontrar o número total de elétrons de valência de todos os átomos que compõem a molécula.

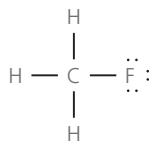
Átomo	N. de átomos na molécula	Elétrons de valência de cada átomo	Total
C	1	4	4
H	3	1	3
F	1	7	7
Total de elétrons de valência			14

Quadro 4.6 – Número de elétrons de valência da molécula do CH_3F (fluoreto de metila).

- Em seguida, deve-se escrever os símbolos dos átomos. Deve-se utilizar os pares de elétrons para formar ligações entre todos os átomos que estão ligados uns aos outros. Neste exemplo, isso requer quatro pares de elétrons (8 dos 14 e⁻ de valência):



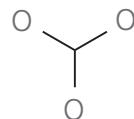
- Em seguida, deve-se utilizar os elétrons restantes em pares de forma a dispor 2 e⁻ para cada hidrogênio (um dueto) e 8 e⁻ para cada átomo de outro elemento (um octeto). Neste exemplo, assinalamos os 6 e⁻ de valência restantes para dar ao átomo de flúor três pares de elétrons não ligantes:



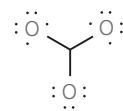
Exemplo 2 – Estrutura de Lewis para o íon carbonato (CO_3^{2-})

- Encontre o **número total de elétrons de valência** de todos os átomos:

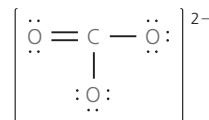
 - 1 C (1 × 4 elétrons) + 3 O (3 × 6 elétrons) = 22 elétrons
 - O carbonato é um ânion com carga 2–; então, some mais 2 e⁻ ao número total de elétrons de valência.
 - Teremos um total de 24 elétrons de valência.
 - Os pares de elétrons devem ser dispostos de modo a formar ligações entre todos os átomos que estão ligados uns aos outros. Em nosso exemplo, isso requer três pares de elétrons (6 dos 24 e⁻ de valência):



- Utilizaremos os elétrons restantes em pares de forma a dar 8 e⁻ para cada outro átomo (um octeto) da periferia da molécula (18 e⁻):



- Não sobraram elétrons e o átomo de carbono é um sexteto, ou seja, está deficiente de elétrons, portanto temos de compartilhar um par de elétrons **de um dos átomos de oxigênio** de forma que todos os átomos tenham oito elétrons na camada de valência. Como cada átomo de oxigênio faz apenas uma ligação, escrevemos a estrutura do íon carbonato, como mostrado a seguir.



NÃO ESCREVA NO LIVRO

(EXERCÍCIOS)

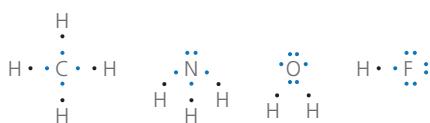
- Escreva a fórmula de Lewis para o tricloreto de fósforo, PCl_3 .
- Escreva a fórmula de Lewis para o CH_2Cl_2 .
- Escreva a fórmula de Lewis para o ácido cianídrico (HCN) e para o etino (C_2H_2).
- Escreva a fórmula de Lewis para o cátion amônio (NH_4^+).



ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. (Unicamp-SP) Observe as seguintes fórmulas eletrônicas (fórmulas de Lewis):



Consulte a classificação periódica e escreva fórmulas eletrônicas das moléculas formadas pelos seguintes elementos:

- a) Fósforo e hidrogênio; b) Enxofre e hidrogênio; c) Flúor e carbono.
2. Escreva a fórmula eletrônica da água (H₂O) e da água oxigenada (H₂O₂).
3. (Vunesp) O fósforo (P) e o cloro (Cl) têm, respectivamente, 5 e 7 elétrons em suas respectivas camadas de valência.
a) Escreva a fórmula de Lewis do tricloreto de fósforo.
b) Qual é o tipo de ligação formada?
4. (Fuvest-SP) Considere o elemento cloro formando compostos com, respectivamente, hidrogênio, carbono, sódio e cálcio.
a) Com quais desses elementos o cloro forma compostos covalentes?
b) Qual a fórmula eletrônica de um dos compostos covalentes formados?

ATIVIDADE 4

Arranjo espacial: geometria molecular

As **substâncias moleculares** são constituídas de átomos que se unem por meio de ligações covalentes formando as moléculas. Essas moléculas apresentam arranjos espaciais que têm repercussão nas propriedades apresentadas por substâncias moleculares.

As estruturas de Lewis nos ajudam a compreender como os elétrons estão arranjados nas ligações covalentes. Mas essa forma de representar não nos diz nada sobre o arranjo espacial desses elétrons e, portanto, não elucida a forma espacial da molécula.

Entretanto, esse arranjo espacial, ou **geometria molecular**, determinará se as moléculas são polares ou não. Isso, por sua vez, vai determinar o tipo de interação que ocorrerá entre uma molécula e outra. Ou seja, para compreendermos como uma molécula vai interagir com outras, precisamos entender a polaridade das ligações e o arranjo espacial dos átomos na molécula – geometria molecular – e a polaridade das moléculas.

INVESTIGAÇÃO



Nesta atividade, vamos estudar os possíveis arranjos de átomos em uma molécula utilizando balões como modelo.

MATERIAL

Nove balões de látex (usados em festas de aniversário).

O QUE FAZER

1. Encham dois balões e amarrem um ao outro pelas bocas. Soltem o conjunto sobre a mesa e observem a disposição geométrica que adquire.

2. Encham três balões e amarrem uns aos outros pelas bocas. Soltem o conjunto sobre a mesa e observem a disposição geométrica que adquire.

3. Encham quatro balões e amarrem uns aos outros pelas bocas. Soltem o conjunto sobre a mesa e observem a disposição geométrica que adquire.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Considerando os arranjos que os conjuntos de balões adquiriram, o que vocês podem dizer sobre a disposição geométrica dos balões?
2. Completem o quadro 4.7 com dados sobre os arranjos geométricos que vocês observaram.





Número de balões	Figura que representa a disposição geométrica dos balões	Nome da disposição geométrica dos balões
2		linear
3		angular
4		tetraedro

Quadro 4.7 – Figuras e nomes das disposições geométricas envolvendo dois, três e quatro balões.

4.5 Geometria molecular

Já estudamos que as estruturas de Lewis nos ajudam a entender como os elétrons estão arranjados nas ligações covalentes e como os átomos estão ligados entre si. A partir daí, podemos compreender a questão da polaridade das ligações químicas.

Entretanto, as moléculas possuem formas espaciais específicas que determinam as propriedades das substâncias por elas constituídas.

Quando você e o grupo amarraram os balões na Atividade 4, foi possível observar que eles ficaram arranjados de tal forma que se afastaram o máximo possível um do outro. Na primeira situação, vocês amarraram dois balões que adquiriram um arranjo que chamamos de **geometria linear**, pois os dois balões estão dispostos ao longo de uma linha imaginária, guardando um ângulo de 180° entre si.

Quando vocês amarraram três balões, eles ficaram organizados em um plano numa configuração que denominamos **geometria trigonal plana**, pois todos os balões estão no mesmo plano, guardando um ângulo de 120° entre si.

Finalmente, no terceiro arranjo com quatro balões, a configuração é conhecida como **geometria tetraédrica**, pois os balões estão distribuídos ao longo dos vértices de um tetraedro.

A **figura 4.16** apresenta os arranjos dos balões nas três situações.

Os arranjos formados pelos balões podem nos ajudar a entender como os pares de elétrons que formam as ligações covalentes se arranjam em uma molécula. A essa organização dos átomos em uma molécula chamamos **geometria molecular**.

Podemos prever o arranjo geométrico de uma molécula utilizando um método desenvolvido pelos químicos Nevil Sidgwick (1873-1952) e Herbert Powell (1906-1991), posteriormente aperfeiçoado e divulgado pelo químico Ronald Gillespie (1924-). Esse método é conhecido por **Modelo de repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência** ou pela sigla **VSEPR**, que na língua inglesa significa *Valence-Shell Electron-Pair Repulsion*.



Fernando Favoretto/Arquivo da editora

Figura 4.16 – Representações dos arranjos I dos balões.

O modelo VSEPR

Para obtermos um modelo VSEPR, há algumas providências que devem, obrigatoriamente, ser tomadas:

- Em primeiro lugar, deve-se escrever a fórmula eletrônica para a substância e contar quantos pares de elétrons existem ao redor do átomo central, inclusive aqueles que não estão envolvidos em uma ligação química.
- Em seguida, é necessário prever a forma geométrica dos pares de elétrons ao redor do átomo central.

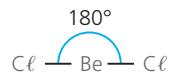
Número de pares de elétrons e/ou ligações do átomo central	Forma de arranjo do átomo central
2	linear
3	angular
4	tetraedro

Quadro 4.8 – Arranjo e forma de uma substância em relação ao número de pares de elétrons e/ou ligações no átomo central.

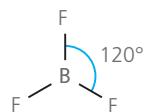


Cada uma das ligações, sejam elas simples, duplas ou triplas, é considerada na determinação da forma do arranjo do átomo central, assim como os pares de elétrons não usados em ligações.

Então, por exemplo, o cloreto de berílio (BeCl_2), com apenas duas ligações e sem pares de elétrons solitários no átomo central, vai apresentar um arranjo geométrico linear (os átomos se posicionam em linha):

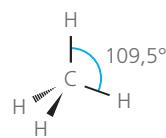


Já o trifluoreto de boro (BF_3), com três ligações e sem pares de elétrons solitários no átomo central, vai apresentar um arranjo geométrico trigonal plano (os átomos formam um triângulo equilátero):

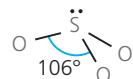


O metano (CH_4), com quatro ligações e sem pares de elétrons solitários no átomo central, vai apresentar

arranjo tetraédrico (os átomos aparecem em formato de pirâmide):



Já o íon sulfito (SO_3^{2-}) tem três ligações e um par de elétrons solitário. Ele terá um arranjo tetraédrico, mas um dos vértices do tetraedro abrigará o par de elétrons solitário. Portanto, ele ficará com a forma trigonal piramidal. Então, na determinação da forma geométrica da molécula, devemos levar em consideração apenas os átomos ligados, mas respeitando o arranjo, neste caso, tetraédrico.

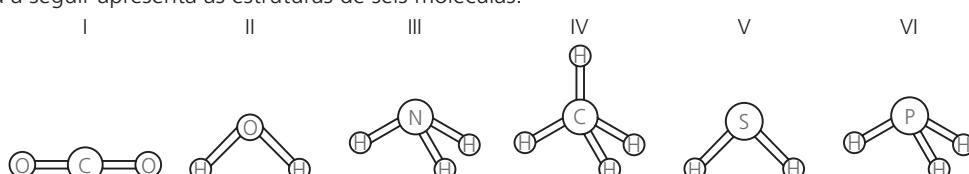


- 3.** Por último, determinar a geometria da molécula. Nesta etapa, consideramos apenas **os átomos unidos ao átomo central**. Os pares de elétrons determinam a distribuição geométrica, mas, neste passo, consideramos apenas os átomos.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Determine a geometria das moléculas das substâncias e o nome das fórmulas indicadas a seguir.
 - HBr
 - F_2
 - CH_4
 - NH_3
 - CCl_4
- No Modelo de repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (VSEPR) os pares de elétrons em torno de um átomo central se organizam para o maior afastamento angular possível. Considere que os pares de elétrons em torno do átomo central podem ser uma ligação covalente (simples, dupla ou tripla) ou simplesmente um par de elétrons livres (sem ligação). Com base nessa teoria, dê exemplos de moléculas que apresentem os seguintes tipos de geometria molecular:
 - trigonal plana;
 - piramidal;
 - angular;
 - linear;
 - tetraédrica.
- A fosfina (PH_3) e outros gases liberados de matéria orgânica em decomposição são responsáveis pelo aparecimento de uma luz de tom levemente azulado que pode ser observada em pântanos e cemitérios. Para a molécula da fosfina:
 - represente a estrutura de Lewis;
 - indique a geometria molecular.
- A figura a seguir apresenta as estruturas de seis moléculas:
 - CO_2
 - H_2O
 - NH_3
 - CH_4
 - H_2S
 - PH_3



Para cada uma delas indique:

- a polaridade das ligações químicas;
- a polaridade da molécula.

4.6 Fórmula molecular e estrutural

Além de um modelo molecular, precisamos descobrir como os átomos estão conectados na molécula selecionada. Existem várias maneiras de se representar a fórmula de uma molécula. Uma possibilidade é indicar quais elementos e quantos átomos de cada elemento nela estão presentes, usando os símbolos e os coeficientes. O exemplo mais conhecido é a fórmula da água, H_2O . Analise a lista de moléculas a seguir, com as suas **fórmulas moleculares**.

Nome	Fórmula molecular
cafeína	$C_8N_4H_{10}O_2$
aspirina	$C_8H_8O_4$
aspartame	$C_{14}N_2H_{16}O_5$
adrenalina	$C_9H_{13}NO_3$
vitamina C	$C_6H_8O_6$
paracetamol	$C_8H_9NO_2$
nicotina	$C_{10}N_2H_{14}$
melatonina	$C_{13}N_2H_{16}O_2$
dopamina	$C_8H_{11}NO_2$

Quadro 4.9 – Fórmulas moleculares de algumas moléculas.

Saber quais átomos estão presentes em uma fórmula molecular não nos diz muita coisa sobre como eles estão ligados entre si. Por exemplo: no caso da molécula de água, podemos imaginar que H_2O se traduziria em ligar os átomos H–H–O ou H–O–H. Além disso, podemos pensar que a molécula da água possui os átomos em uma linha reta ou que existe um ângulo entre os átomos (**figura 4.17**).



Figura 4.17 – Possíveis fórmulas estruturais da molécula da água.

Uma fórmula que mostre a posição de cada átomo é chamada **fórmula estrutural**. Esse tipo de fórmula é um guia para a construção de novos modelos. Porém, para que possamos interpretar com mais clareza esse tipo de representação, é necessário saber que:

- os átomos de carbono não são indicados pelo seu símbolo. Como o carbono é a base de moléculas orgânicas, ele é muitas vezes omitido para simplificar a notação. Cada um dos vértices da molécula contém um átomo de carbono.
- os átomos de carbono fazem quatro ligações. Quando apenas três ligações são representadas, é porque um átomo de hidrogênio foi omitido para simplificar a fórmula.
- cada traço representa uma ligação simples entre os átomos; dois traços são usados para ligações duplas.

Na **figura 4.18**, podemos ver a representação da fórmula estrutural do ácido acetilsalicílico ($C_8H_8O_4$), um medicamento popularmente utilizado no tratamento de dores, febre ou inflamações. Podemos ver que com a retirada dos hidrogênios ligados ao carbono fica mais fácil a visualização da estrutura da molécula.

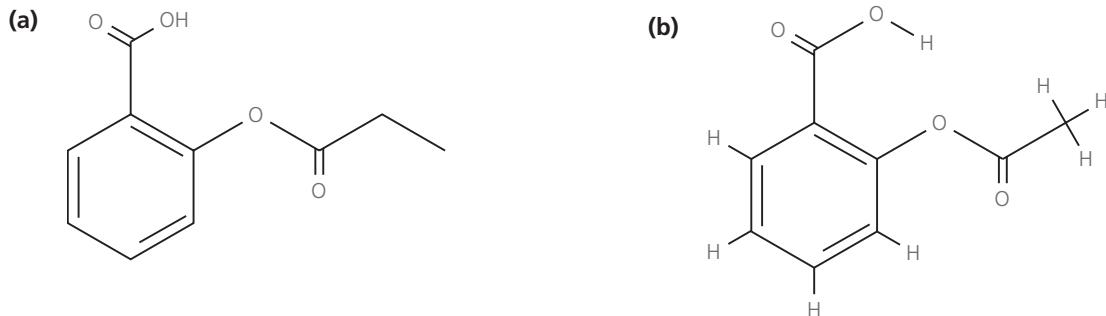


Figura 4.18 – Fórmula estrutural do ácido acetilsalicílico ($C_8H_8O_4$) (a); fórmula estrutural do ácido acetilsalicílico com os hidrogênios explícitos (b).

4.7 Modelo de ligação iônica

Vamos considerar agora ligações entre átomos de sódio e de cloro para formar cloreto de sódio (NaCl). Podemos prever que a nuvem eletrônica não estará uniformemente distribuída entre os dois núcleos, pois os átomos têm eletronegatividades diferentes.

Seria essa uma ligação covalente polar?

Nesse caso, temos uma situação extrema, em que a diferença de eletronegatividade entre os dois átomos é tão grande que podemos imaginar que os elétrons da ligação se aproximam tanto do átomo mais eletronegativo (cloro) que passam a fazer, praticamente, parte dele.

Ocorre, dessa maneira, a formação de íons: o ânion cloreto, Cl^- , e o cátion sódio, Na^+ . Por terem cargas opostas, existe uma força de atração, de natureza eletrostática, entre esses íons. Essa interação é chamada de **ligação iônica**.

Como a ligação iônica é baseada em atração eletrostática, um cátion Na^+ deverá interagir com os ânions Cl^- que estiverem à sua volta, e vice-versa. No caso do NaCl , cada cátion interage com outros seis à sua volta. Um sólido iônico é, portanto, constituído de retículos cristalinos resultantes dessas interações.

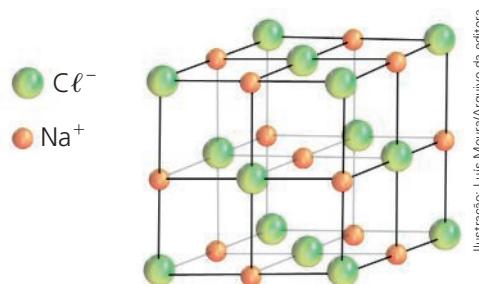


Figura 4.19 – Modelo do retículo cristalino no NaCl . Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Desse modo, os compostos iônicos não são formados por moléculas individuais, como acontece nos compostos formados por ligação covalente. Quando escrevemos NaCl para designar o cloreto de sódio, estamos apenas indicando que, nos cristais desse composto, a relação sódio-cloro é de 1 : 1. Essa notação não indica a existência de moléculas individuais de NaCl .

Não existe uma fronteira rígida que permita dizer quando uma ligação é iônica ou covalente polar. Para muitos compostos formados por ligação covalente, o correto é falar em uma porcentagem de caráter iônico, já que em muitas situações esse caráter se manifesta. É o caso, por exemplo, do HCl , que, quando puro, apresenta-se sob a forma de um gás constituído de moléculas, mas em solução aquosa apresenta-se na forma de íons. Na maioria dos sólidos iônicos, também não temos uma ligação 100% iônica.

Uma regra pode ser usada para prever se a ligação formada entre dois átomos é iônica ou covalente. Para aplicar a regra, verifica-se se a ligação se dá entre um metal e um não metal ou entre dois não metais. No primeiro caso (metal-não metal), geralmente temos uma ligação iônica, com o metal formando o cátion e o não metal formando o ânion; no segundo caso (não metal-não metal), temos uma ligação covalente. Como a maioria das regras em Química, esta também tem exceções, mas funciona na maioria dos casos.

Propriedades dos compostos iônicos

As propriedades dos compostos iônicos refletem as características associadas ao modelo de um arranjo tridimensional de partículas carregadas.

As substâncias iônicas têm, geralmente temperaturas de fusão e ebulição elevadas. Dessa maneira, a maioria delas é sólida a temperatura e pressão ambientes. Várias são solúveis em água (solvente polar), mas essa não é uma característica universal dos sólidos iônicos, pois muitos são insolúveis ou pouco solúveis em água, como diversos carbonatos, entre eles, o carbonato de cálcio (CaCO_3). Os sólidos iônicos são insolúveis em solventes orgânicos (apolares), como aguarrás e benzeno (C_6H_6). Não conduzem corrente elétrica no estado sólido, mas o fazem em solução aquosa ou quando fundidos.

Todas essas propriedades estão relacionadas à alta energia requerida para deslocar os íons de suas posições muito estáveis no retículo cristalino e à mobilidade que os íons (partículas carregadas) adquirem em solução ou no estado líquido. A força de uma ligação iônica depende da carga dos íons. O cloreto de sódio (NaCl), em que os íons têm carga +1 e -1, funde-se a 801 °C, enquanto o óxido de magnésio (MgO), em que os íons têm carga +2 (Mg^{2+}) e -2 (O^{2-}), funde-se a 2852 °C. Isso pode ser explicado pelo fato de que, quanto maior a carga, maior a atração eletrostática entre os íons. No modelo de Rutherford para o átomo, a força resultante da interação entre partículas carregadas é diretamente proporcional às cargas envolvidas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as partículas carregadas, ou seja:

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

A solubilidade em água é favorecida quando a energia gasta na quebra do retículo é compensada pela energia liberada na solvatação dos íons pelas moléculas de água, de modo que o sistema final (íons solvatados pela água) tem energia apenas ligeiramente diferente do sistema inicial (retículo cristalino). Esse processo de solvatação está ilustrado na figura 4.20. Nos casos em que a energia de solvatação é muito pequena, não ocorre a dissolução, o que explica por que muitos compostos iônicos são insolúveis em água.

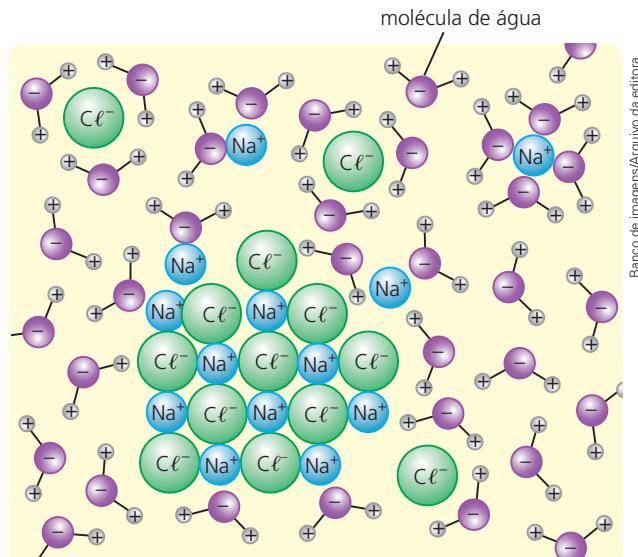


Figura 4.20 – Modelo para a solvatação dos íons de um sólido iônico. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

A não condutividade no estado sólido explica-se pelo fato de os íons estarem presos em posições relativamente fixas no retículo cristalino, não apresentando mobilidade. Desde que o arranjo ordenado do estado sólido tenha sido destruído, por fusão ou dissolução

do composto, os íons podem se mover livremente. Os íons carregados em movimento passam a ser responsáveis pela condutividade das substâncias iônicas fundidas ou em solução.

A maioria das argilas tem uma composição bastante complexa que inclui sólidos covalentes ou sólidos iônicos, ou ainda uma mistura desses dois tipos. A argila é usada na fabricação de peças de cerâmica, como vasos, panelas, telhas, tijolos refratários para a construção de fornos (figura 4.21), etc.



Figura 4.21 – Tijolos refratários em forno a lenha.

A composição das cerâmicas é bastante variada e inclui silicatos (SiO_2 combinado com óxidos metálicos), óxidos (combinação de oxigênio e metais), carbetos (por exemplo, SiC), nitretos (combinação de nitrogênio e metais) e aluminatos (combinação de alumina, Al_2O_3 , com óxidos metálicos).

As cerâmicas são geralmente muito duras e quebradiças e resistem a altas temperaturas, à corrosão e ao desgaste provocado por condições climáticas adversas. Como a densidade das cerâmicas é muito mais baixa que a dos metais, elas têm sido usadas na construção de peças de aeronaves e de motores de carros de corrida, em substituição aos metais, pois as peças de cerâmica pesam menos da metade das peças de metal correspondentes (figura 4.22).



Figura 4.22 – O uso de cerâmica é muito comum na fabricação de vários objetos na indústria aeroespacial, como isolante térmico de aeronaves espaciais.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Com base na propriedade dos sólidos iônicos e covalentes e nos modelos de ligação química correspondentes, explique algumas das propriedades das cerâmicas.
2. Fluoreto de cálcio (CaF_2) e fluoreto de potássio (KF) são sólidos iônicos. O fluoreto de cálcio é formado por íons Ca^{2+} e F^- e o fluoreto de potássio, por íons K^+ e F^- . A temperatura de fusão do fluoreto de cálcio ($1\,360\ ^\circ\text{C}$) é, no entanto, bem maior que a temperatura de fusão do fluoreto de potássio ($846\ ^\circ\text{C}$). Como você explica essa diferença?
3. Com base nos modelos de ligação química, explique por que não é possível fundir sal de cozinha, que é constituído principalmente por cloreto de sódio, na chama de um fogão a gás.
4. Explique por que o nitrato de potássio é solúvel em água, enquanto o iodeto de chumbo é insolúvel, apesar de ambos serem substâncias iônicas.

4.8 Modelo de ligação metálica

Cerca de três quartos dos elementos do sistema periódico são classificados como metais. Podem ser encontrados dois tipos de material metálico: aquele formado por átomos de um mesmo elemento químico (por exemplo, o ouro) e aquele formado por mais de um elemento. Nesse último caso, o material recebe o nome de liga metálica (por exemplo, o latão, que é uma liga de cobre e zinco). Observe na figura 4.23 outros exemplos de ligas metálicas e algumas de suas aplicações.

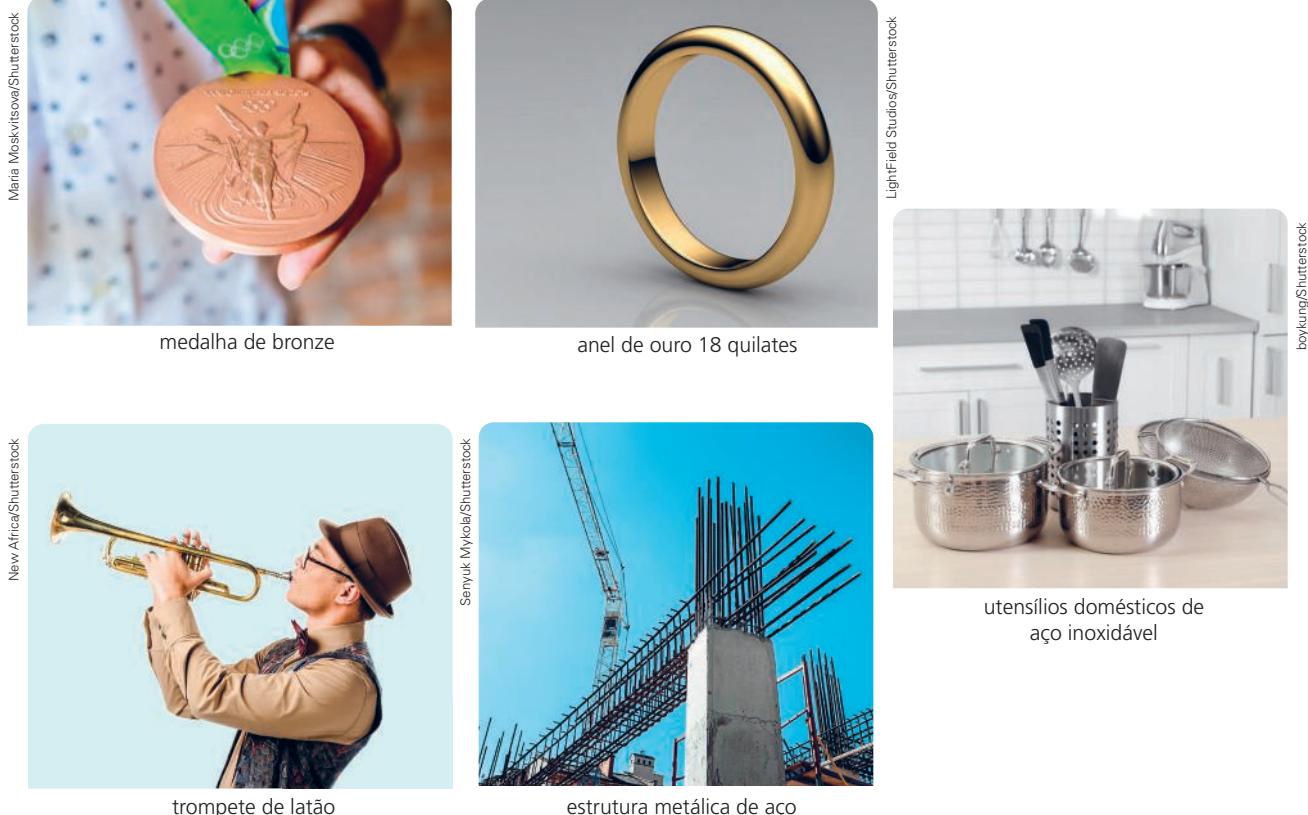


Figura 4.23 – Exemplos de ligas metálicas e suas aplicações.

Vimos que a ligação covalente é proveniente da atração que os núcleos dos átomos exercem sobre o par de elétrons da ligação. Nos metais, os átomos são unidos não aos pares, mas pela atração mútua entre um grande número de núcleos e um grande número de elétrons.

Tomemos como exemplo um cristal de lítio metálico. Na sua rede cristalina, cada átomo de lítio encontra-se rodeado por oito vizinhos mais próximos. Esse átomo, entretanto, possui apenas um elétron no último nível. Os elétrons do último nível são responsáveis pela formação das ligações químicas, os chamados **elétrons de valência**.

Assim, com apenas um elétron de valência, não é possível que o átomo de lítio forme ligações por meio de pares eletrônicos com os oito átomos vizinhos. Porém, a camada de valência do lítio, com apenas um elétron, está bastante vazia, de modo que o elétron de valência de determinado átomo de lítio tem ao seu redor oito núcleos e uma completa liberdade para mover-se nas camadas de valência de todos esses átomos. Para qualquer lugar que o elétron se move, encontra-se sempre entre dois núcleos positivos. Sob essa circunstância, não é surpreendente que um elétron possa se mover facilmente de um lugar para outro. Cada elétron de valência está virtualmente livre para percorrer o cristal.

Essas considerações levaram os químicos a propor, para um metal, um modelo de íons positivos, distribuídos na rede cristalina, imersos num “gás” de elétrons (figura 4.24), que não se encontram firmemente ligados a nenhum núcleo.

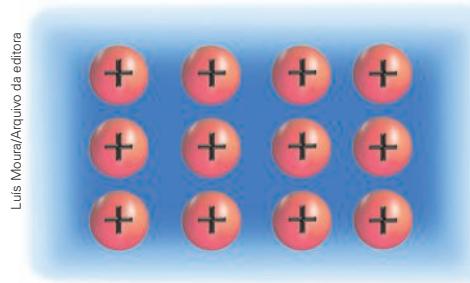


Figura 4.24 – Modelo para a ligação metálica: íons positivos imersos em um “gás” de elétrons. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

A ideia de um “gás” de elétrons mais ou menos uniforme resulta em uma diferença importante entre ligação metálica e ligação covalente. Nas ligações covalentes, os elétrons estão localizados de maneira a fixar a posição dos átomos. Dizemos que as ligações possuem caráter direcional – os elétrons tendem a permanecer concentrados em determinadas regiões do espaço. Ao contrário, os elétrons de valência em um metal estão dispersos quase uniformemente por meio do cristal, de modo que a ligação metálica não exerce a mesma influência direcional da ligação covalente.

As propriedades das substâncias metálicas

O modelo proposto para a ligação metálica nos ajuda a compreender várias propriedades apresentadas pelas substâncias metálicas. As ligações metálicas são caracterizadas pelo fato de que têm a mesma intensidade qualquer que seja a direção; sendo assim, não é surpreendente que muitos metais possam ser facilmente deformados sem que se destrua sua estrutura cristalina. Sob a influência de uma tensão, uma pancada, por exemplo, um plano de átomos pode deslizar sobre outro (figura 4.25). Apesar disso, os elétrons ainda mantêm as ligações entre os planos. Isso explica as propriedades de maleabilidade e ductibilidade dos metais.

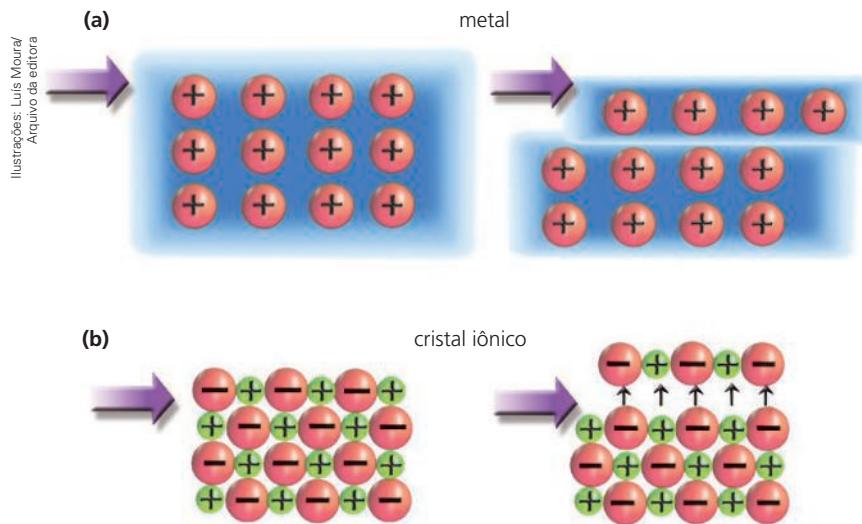


Figura 4.25 – Deslocamento forçado dos átomos num metal (a); deslocamento num cristal iônico (b). Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Os metais conduzem bem a eletricidade e o calor porque seus elétrons de valência estão livres para se mover no sólido. O aquecimento de uma ponta de um fio de cobre, por exemplo, aumenta a energia dos elétrons daquela região do fio. Como os elétrons têm liberdade de movimento, vão transmitindo essa perturbação para outros elétrons do metal, até que todo o metal fique aquecido. Além disso, o aquecimento do metal aumenta a vibração dos átomos e essa vibração também é transmitida na forma de onda. A condutividade elétrica é explicada de maneira semelhante. O comportamento ondulatório dos elétrons e a existência de uma banda de condução nos metais fazem com que a energia elétrica, que pode ser interpretada como uma onda eletromagnética, seja transmitida ao longo, por exemplo, de um fio metálico ([figura 4.26](#)).



Ricardo Teles/Pulsar Imagens

Figura 4.26 – Metais são bons condutores de eletricidade, sendo, por isso, usados na fabricação de fios.

As temperaturas de fusão dos metais variam desde valores baixos (o mercúrio é um metal líquido à temperatura ambiente, [figura 4.27](#)) até valores muito altos (o tungstênio tem temperatura de fusão de aproximadamente 3 680 °C, sendo, por isso, usado na fabricação de materiais que devem resistir a altas temperaturas, como filamentos de lâmpadas e ferramentas de corte). Os metais não são solúveis em solventes polares ou apolares, mas podem reagir com ácidos fortes, como os ácidos clorídrico, sulfúrico e nítrico.

O arranjo cristalino dos metais é, em geral, bastante compacto. Isso explica por que os metais, geralmente, são muito densos quando comparados a substâncias moleculares, iônicas e covalentes. Como a densidade depende também da massa do átomo, os metais constituídos de átomos mais leves são bem menos densos que aqueles constituídos de átomos pesados. A densidade do alumínio (massa atômica = 27 u), a 20 °C, por exemplo, é $2,7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Já a densidade da platina (massa atômica = 195 u), à mesma temperatura, é $21,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Figura 4.27 – O mercúrio é um metal líquido, a temperatura e pressão ambientais, e altamente tóxico.



Charles D. Winters/Photo Researchers/Latin Stock

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Com base nos modelos apropriados de ligação química, responda:
 - a) Por que as panelas de barro demoram mais tempo para cozinar os alimentos, mas os conservam quentes por mais tempo?
 - b) Por que as panelas de alumínio cozinharam os alimentos mais rapidamente, mas não os conservam quentes por muito tempo?
2. Sabendo que o vidro é um tipo de material cerâmico, qual é o melhor copo para manter a bebida gelada por mais tempo em um dia de muito sol e calor: o copo de vidro ou o copo de alumínio? Justifique usando os modelos apropriados de ligação química.

ATIVIDADE 5

Uso dos materiais, suas propriedades e modelos de ligação química

PROJETO



NÃO ESCREVA NO LIVRO



Não se esqueçam de indicar as fontes utilizadas na pesquisa: jornais, revistas, livros, internet, etc.

Neste projeto, você e o grupo vão pesquisar determinado material com o objetivo de entender suas propriedades e explicá-las, com base nos modelos de ligação química. Também vão verificar como o uso desse material (para fabricar diferentes objetos e artefatos utilizados no cotidiano urbano, industrial e rural) se relaciona com essas propriedades.

Vocês deverão também se informar sobre os processos de obtenção do material estudado, a distribuição das reservas de matéria-prima para sua obtenção no Brasil e no mundo, assim como as implicações sociais e ambientais de sua produção e uso.

O projeto deve ser desenvolvido ao longo do estudo deste capítulo. O professor estabelecerá o material a ser investigado pelos grupos, entre os seguintes:

- metais: ferro e aço;
- metais: alumínio e cobre;
- vidros e tijolos refratários;
- materiais de origem vegetal: madeira, papel, fibras vegetais;
- silício e outros materiais usados na fabricação de componentes eletrônicos.

No relatório que deve ser feito sobre o material, cada grupo deverá responder às seguintes questões:

1. Qual é a origem do material considerado?

2. Como ele é produzido e/ou extraído? Descrevam todas as fases do processo de extração e do processo industrial de produção.
3. Qual é o impacto ambiental e social de sua produção e/ou extração?
4. Quais são as reservas potenciais em uso das matérias-primas para a fabricação desse material no Brasil e no mundo e como elas se distribuem?
5. Descrevam o funcionamento de um produto em que esse material é usado, deixando claro quais propriedades fazem com que o material seja apropriado para esse uso.
6. Como está distribuído o consumo desse tipo de material pelos diferentes países, em termos absolutos e em termos relativos (quilograma do material por habitante – kg/hab.)? E entre os estados brasileiros? O que essa distribuição pode indicar em termos de desenvolvimento socioeconômico de diferentes países e regiões?
7. Quais são os principais impactos ambientais e sociais decorrentes do uso desse material?
8. Como o uso do material estudado pode contribuir, ou não, para o desenvolvimento sustentável?
9. Selecione, preparem e apresentem para a comunidade escolar algum experimento relacionado ao material escolhido pelo grupo.

PARA SABER +

- Nesta simulação da Phet Colorado, você poderá explorar várias interações entre dois átomos diferentes. Poderá simular as forças atrativas e repulsivas para entender melhor como determinam as interações entre os átomos. Também poderá entender o gráfico da energia potencial para a formação de diferentes moléculas. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/atomic-interactions/latest/atomic-interactions_pt_BR.html.
- Nesta simulação da Phet Colorado, você poderá construir moléculas em 3-D e conferir os arranjos espaciais possíveis. Poderá explorar a forma da molécula relacionada à repulsão entre os átomos. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes-basics/latest/molecule-shapes-basics_pt_BR.html e https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_pt_BR.html.

Acesso em: 12 jun. 2020.

CAPÍTULO 5

Competências gerais: 1, 2 e 9
Competência específica: 3
Habilidades: (EM13CNT301), (EM13CNT302), (EM13CNT303) e (EM13CNT307)

Interações intermoleculares

Para compreendermos as propriedades das substâncias formadas por moléculas – as substâncias moleculares –, é necessário apresentar uma distinção importante.

Apesar de as moléculas de algumas substâncias serem formadas por ligações covalentes, não é o modelo de ligação covalente que explica suas propriedades físicas. Se assim fosse, seria esperado que essas substâncias apresentassem altas temperaturas de fusão e de ebulição (como o diamante) e fossem insolúveis em solventes tanto polares como apolares, uma vez que em uma ligação covalente os átomos estão fortemente ligados entre si.

Ao contrário, as substâncias moleculares apresentam temperaturas de fusão e de ebulição relativamente baixas e são solúveis em solventes polares ou apolares, dependendo da sua natureza. O açúcar (sacarose), por exemplo, pode ser facilmente fundido em uma chama de gás de cozinha e é bastante solúvel em água.

Neste capítulo, vamos compreender um modelo que explica as propriedades físicas das substâncias moleculares. Além disso, vamos estudar algumas propriedades de materiais muito presentes em nossa vida: os polímeros.



Eduard Valentinov/Shutterstock

Figura 5.1 – Sacarose é o nome popular do açúcar comum. Em temperaturas altas, o açúcar funde, ou seja, passa do estado sólido para o líquido, e carameliza. Essa é uma das propriedades das substâncias moleculares.

5.1 As interações intermoleculares e as propriedades das substâncias moleculares

Para compreender a natureza das substâncias moleculares, é preciso ter em mente que não são as ligações covalentes entre os átomos que determinam suas propriedades físicas, e sim as **interações entre as moléculas**, uma vez que são essas interações as responsáveis pela agregação das partículas submicroscópicas (as moléculas) em conjuntos macroscópicos, cujas propriedades podemos investigar.

Assim, para as substâncias moleculares, é preciso introduzir a distinção entre **ligações interatômicas**, responsáveis pela formação da menor partícula da substância (a molécula), e **interações intermoleculares** (figura 5.2), responsáveis pela agregação dessas partículas em conjuntos macroscópicos (as próprias substâncias moleculares, como as conhecemos e manipulamos).



Abigail Barhorst/Shutterstock

Figura 5.2 – Alguns animais conseguem andar sobre a água. Esse fenômeno está relacionado a fatores como a presença de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água.

As interações de Van der Waals

O gráfico da figura 5.3 apresenta a variação das temperaturas de fusão e de ebulição em função da massa molar para as substâncias simples formadas a partir de flúor, cloro, bromo e iodo, conhecidos como **halogênios**. Comparando as temperaturas de fusão e de ebulição de cada substância com a temperatura ambiente, podemos determinar o seu estado físico a essa temperatura.

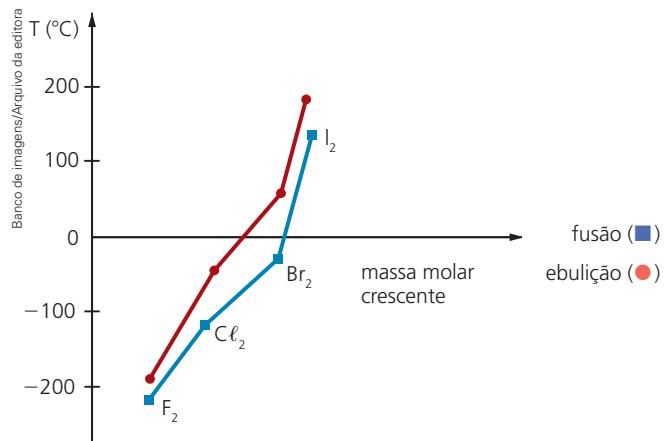


Figura 5.3 – Variação das temperaturas de fusão e ebulição com a massa molar para F_2 , Cl_2 , Br_2 e I_2 .

Uma das informações que podemos obter desse gráfico é que essas substâncias, quando não estão no estado gasoso à temperatura ambiente, podem ser facilmente transformadas em gases. Isso mostra que as interações entre suas moléculas no estado sólido e no estado líquido são frágeis, podendo ser rompidas com facilidade. As forças, que mantêm unidas as moléculas num sólido desse tipo, resultam de interações muito fracas, de natureza eletrostática – do tipo dipolo-dipolo induzido –, que são consequências da atração que os núcleos de uma molécula podem exercer sobre a eletrosfera da molécula vizinha, gerando polarizações eventuais. Essas interações dependem da superfície de contato entre as moléculas, de modo que, quanto maior e menos ramificada a molécula, maior a força de atração entre elas. O resultado disso é que essas interações crescem com o aumento da massa molar, como pode ser visto no gráfico.

Essas interações, que explicam as temperaturas de fusão e de ebulição de substâncias formadas por moléculas apolares, constituem uma categoria ampla de forças de atração intermoleculares chamadas de **interações ou forças de Van der Waals**, em homenagem ao cientista holandês Johannes Diederik van der Waals (1837-1923), que foi o primeiro a propor sua existência.



Papa Bravo/Shutterstock

Figura 5.4 – A habilidade que as lagartixas têm de se movimentar nas paredes está relacionada com as forças de Van der Waals.

O fato de a intensidade das interações de Van der Waals ser proporcional à massa molar é observável em um número enorme de substâncias. Esse fato determina que o estado de agregação (sólido, líquido ou gasoso) das substâncias moleculares, a determinada temperatura, depende de sua massa molar. Essa relação pode ser observada, para outras substâncias, no **quadro 5.1**.

Substância	Massa molar (g/mol)	Estado físico a 20 °C
CO (monóxido de carbono)	28	
O ₂ (oxigênio)	32	gasoso
CO ₂ (dióxido de carbono)	44	
C ₄ H ₁₀ (butano)	56	
C ₆ H ₆ (benzeno)	78	
C ₆ H ₁₄ (n-hexano)	86	líquido
C ₁₀ H ₈ (naftaleno)	158	
C ₁₄ H ₁₀ (antraceno)	178	sólido

Quadro 5.1 – Estados físicos de substâncias com diferentes massas molares.

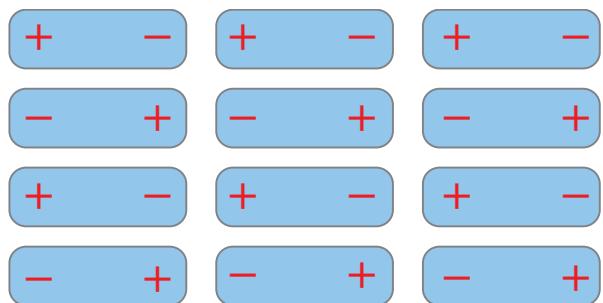
O fato de as interações de Van der Waals dependerem da superfície de contato entre as moléculas é observável em muitas substâncias orgânicas. Os **hidrocarbonetos**, substâncias orgânicas constituídas apenas de átomos de carbono e hidrogênio, apresentam, entre suas moléculas, apenas interações de Van der Waals. Como as cadeias orgânicas de hidrocarbonetos com uma mesma massa molar podem ser mais ou menos ramificadas, a comparação entre suas temperaturas de fusão e ebulição pode evidenciar esse fato. Observe o **quadro 5.2**, no qual listamos três pares de substâncias orgânicas com a mesma massa molar colocando, em cada par, um composto com cadeia linear (sem ramificações) e outro com cadeia ramificada. Em cada par, os compostos de cadeia linear têm temperaturas de fusão e de ebulição maiores que os de cadeia ramificada. Pode-se explicar esse fato admitindo-se que a superfície de contato é menor entre as cadeias ramificadas quando comparadas às cadeias normais.

Substância	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
hexano	C ₆ H ₁₄	CH ₃ — CH ₂ — CH ₂ — CH ₂ — CH ₂ — CH ₃	-95,3	68,7
2,2-dimetil butano	C ₆ H ₁₄	$ \begin{array}{ccccccc} & & & \text{CH}_3 & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ & & \text{CH}_2 & & & & \end{array} $	-99,0	49,7
heptano	C ₇ H ₁₆	CH ₃ — CH ₂ — CH ₃	-90,6	98,5
2,2-dimetil pentano	C ₇ H ₁₆	$ \begin{array}{ccccccc} & & & \text{CH}_3 & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & & & \end{array} $	-123,8	79,2
octano	C ₈ H ₁₈	CH ₃ — CH ₂ — CH ₃	-56,8	125,6
2,2-dimetil hexano	C ₈ H ₁₈	$ \begin{array}{ccccccc} & & & \text{CH}_3 & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & & & \end{array} $	-121,1	106,8

Quadro 5.2 – Temperaturas de fusão e de ebulição em função da existência ou não de ramificações nas cadeias de alguns hidrocarbonetos.

Existem ainda outros tipos de forças de atração entre as moléculas. Essas forças são consequência da existência de dipolos elétricos permanentes nas moléculas polares. Moléculas polares como o ácido clorídrico (HCl) e a amônia (NH_3), por exemplo, podem ser representadas como um dipolo, como está indicado na figura 5.5. Se esses dipolos estiverem alinhados, como na figura, aparece entre eles uma atração, de natureza eletrostática. A esse tipo de atração, dá-se o nome de **interação dipolo-dipolo**.

Esse tipo de interação provoca um aumento nas forças de atração entre as moléculas. Em consequência, para substâncias de mesma massa molar, é razoável supor que aquelas constituídas de moléculas polares tenham temperaturas de fusão e de ebulição superiores às constituídas de moléculas apolares. Isso é realmente observado. O butano (apolar), por exemplo, é um gás à temperatura ambiente, enquanto a acetona (polar) é um líquido, apesar de suas massas molares serem bastante próximas (56 g/mol para o butano e 58 g/mol para a acetona).



Banco de imagens/Arquivo da editora

Figura 5.5 – Interação dipolo-dipolo. Os sinais positivos e negativos representam os centros das cargas positiva e negativa para o dipolo molecular resultante.

As ligações de hidrogênio

Já tivemos oportunidade de examinar vários exemplos de como o estado físico das substâncias moleculares depende de sua massa molar. Essas observações nos levaram a esta generalização: quanto maior a massa molar de uma substância, maior sua temperatura de fusão e de ebulição.

Será que essa regra é observada em todas as substâncias moleculares?

Ao examinarmos o **quadro 5.3**, vemos que algumas substâncias fogem completamente à regra geral que acabamos de comentar. A água é o exemplo mais notável. Sua massa molar, 18 g/mol, é bem próxima da do metano (16 g/mol). O metano, no entanto, é um gás à temperatura ambiente, enquanto a água é líquida. Sua temperatura de ebulição (-162°C) é muito inferior à da água (100°C).

Substância	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição ($^\circ\text{C}$)	Estado físico a 20°C
CH_4 (metano)	16	-162	gasoso
H_2O (água)	18	100	líquido
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (etanol)	46	78	líquido
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ (acetona)	58	56	líquido
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ (tolueno)	92	111	líquido
C_{10}H_8 (naftaleno)	128	218	sólido

Quadro 5.3 – Temperaturas de ebulição e estados físicos a 20°C .

Poderíamos argumentar que a água é formada por moléculas polares, ao passo que o metano, por moléculas apolares. Mas, mesmo quando comparada com substâncias polares de massa molar três vezes maior que a sua, como o álcool e a acetona, a água ainda apresenta uma temperatura de ebulição mais elevada.

Como explicar essa discrepância?

Na molécula de água, temos um átomo muito eletronegativo (o oxigênio) ligado a outro átomo bem menos eletronegativo (o hidrogênio). A consequência é que a nuvem eletrônica da ligação O–H é bem mais densa na região próxima ao oxigênio, de modo que a ligação é bastante polarizada. A região polarizada negativamente em uma molécula ($-O^-$) atrai a região polarizada positivamente em uma molécula vizinha ($-H^+$). As interações resultantes, apesar de bem mais fracas que uma ligação covalente, são mais fortes que os outros tipos de interação entre as moléculas vistos até aqui, recebendo, por isso, um nome especial: **ligações de hidrogênio**. Essas ligações explicam o porquê de a água ser líquida à temperatura ambiente, apesar de sua baixa massa molar.

As ligações de hidrogênio não ocorrem apenas entre moléculas de água. Várias outras substâncias que apresentam hidrogênio ligado principalmente a oxigênio, nitrogênio ou flúor também exibem esse tipo de ligação – como o etanol, que apresenta temperatura de ebulição maior que a da acetona, apesar da massa molar menor ([quadro 5.3](#)).

As ligações de hidrogênio estudadas até agora são intermoleculares, mas esse tipo de ligação pode ocorrer também dentro de uma mesma molécula, sendo então denominada **ligação de hidrogênio intramolecular**. Essas ligações conferem, por exemplo, estruturas tridimensionais muito precisas às moléculas dos ácidos nucleicos e proteínas.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

No [quadro 5.4](#) são apresentadas as massas molas e as temperaturas de ebulição de compostos de hidrogênio e átomos de três diferentes grupos da Tabela Periódica.

Fórmula do hidreto	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição (°C)
CH_4	16	-161,4
SiH_4	32	-112
GeH_4	76,6	-88,5
SnH_4	122,7	-52
H_2O	18	100
H_2S	34	-85,5
H_2Se	81	-41,5
H_2Te	129,6	-49
HF	20	19,5
HCl	36,6	-85
HBr	81	-67
HI	128	-35

[Quadro 5.4](#) – Temperaturas de ebulição de alguns hidretos.



- Consulte a Tabela Periódica e indique o grupo a que pertencem os elementos combinados com o hidrogênio.
- Construa um gráfico da massa molar (eixo das abscissas) × temperatura de ebulação (eixo das ordenadas) para os hidretos. Ligue os pontos dos hidretos de elementos pertencentes ao mesmo grupo periódico para obter três curvas.
- Observando o gráfico construído e os dados do quadro 5.4, podemos enunciar uma tendência geral na variação da temperatura de ebulação em função da massa molar.
 - Qual é essa tendência?
 - Justifique essa tendência usando os modelos de interações intermoleculares.
- Observando o gráfico construído e os dados do quadro 5.4, podemos verificar que duas substâncias não seguem a tendência geral enunciada na questão 3a.
 - Que substâncias são essas?
 - Explique a anomalia observada nessas substâncias usando os modelos de interações intermoleculares.
- Quando se comparam as temperaturas de ebulação do grupo do CH₄ com as do grupo do HF, observa-se que esse último grupo apresenta temperaturas de ebulação mais altas, apesar de os pesos moleculares não serem muito diferentes. Use os modelos de interações intermoleculares para explicar esse fato.

Para responder à questão 1, consulte uma Tabela Periódica.

ATIVIDADE 1

Polímeros e interações intermoleculares

Os **polímeros** possuem propriedades muito interessantes e que fazem com que sejam muito utilizados em nosso cotidiano. Essas propriedades estão diretamente relacionadas às interações intermoleculares estabelecidas entre diferentes materiais.

[polímeros: moléculas formadas por moléculas pequenas (monômeros) ligadas umas às outras em uma cadeia ou rede.]

Nesta atividade, vamos realizar alguns experimentos simples com o objetivo de retomar a discussão das interações intermoleculares e relacioná-las às propriedades dos polímeros.

INVESTIGAÇÃO



REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR!

Parte A – Papel molhado

MATERIAL

Pedaços de papel não encerados (guardanapo, folha de caderno, saco de papel de padaria, etc.) de 10 cm × 10 cm, pedaços de papel encerado de 10 cm × 10 cm, pedaços de saco plástico (ou sacola plástica) de 10 cm × 10 cm, um conta-gotas.

O QUE FAZER

- Reproduzam o quadro 5.5 no caderno.

Tipo de material	Resultado observado
papel não encerado	
papel encerado	
sacola plástica	

Quadro 5.5 – Resultado dos testes da água sobre papel e plástico.





2. Coloquem os diferentes pedaços de papel e de saco plástico lado a lado.
3. Adicionem algumas gotas de água sobre cada um deles e esperem alguns minutos. Observem e anotem os resultados no quadro reproduzido no caderno.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Dos materiais listados no quadro, quais absorvem água?
2. Houve diferença na velocidade de absorção?
3. Considerem as estruturas dos seguintes materiais: celulose, polietileno e água.

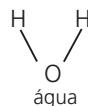


Figura 5.6 – Representação da estrutura da água.

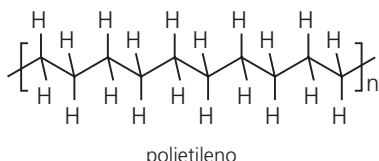


Figura 5.7 – Representação da estrutura do polietileno.

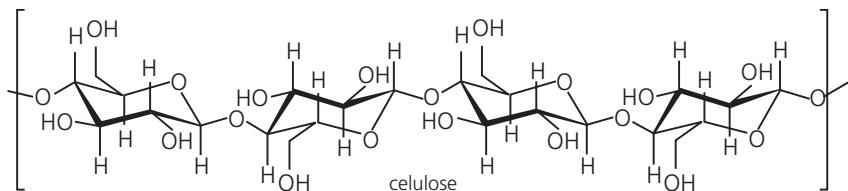


Figura 5.8 – Representação da estrutura da celulose.

Tendo em vista os modelos de interações intermoleculares, expliquem por que o papel é capaz de absorver água, mas o plástico não.

4. Sabendo que ceras são constituídas de hidrocarbonetos, expliquem por que o papel encerado não absorve água.

PARTE B – Polímeros e absorção de água

MATERIAL

Água destilada (ou água da torneira), solução aquosa de NaCl a 10% m/m, NaCl sólido (ou sal de cozinha), “cristais de gel” de poliacrilamida, usados em vasos e encontrados em floriculturas (**figura 5.9**), dois bêqueres de 100 mL, uma proveta de 50 mL, uma régua, etiquetas.



Sérgio Dotta Jr/Arquivo da editora

Figura 5.9 – Cristais de gel para plantas.

O QUE FAZER

1. Rotulem dois bêqueres com identificações “água destilada” e “solução de NaCl 10%”. Adicionem 20 mL de água destilada no bêquer correspondente. No outro, adicionem 20 mL da solução de NaCl 10%.
2. Peguem quatro cristais do gel para plantas com tamanhos parecidos. Meçam os cristais e anotem o tamanho de cada um deles. Em cada um dos bêqueres adicionem dois cristais de gel. Esperem aproximadamente 20 minutos.
3. Retirem os cristais de gel da água destilada e coloquem-nos sobre a bancada. Observem o que acontece e meçam-nos. Façam o mesmo com os cristais de gel da solução de NaCl 10%. Anotem os resultados.
4. Adicionem NaCl sólido sobre um dos cristais de gel que estava em água destilada e observem. Anotem o que acontece.





REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- O que ocorreu com os cristais que foram colocados em água destilada?
- O polímero que constitui o gel para plantas, utilizado por vocês no experimento, é a poliacrilamida. Considerem a estrutura da poliacrilamida, apresentada na **figura 5.10**, e expliquem o que foi observado.
- O que ocorreu com os cristais que foram colocados na solução de NaCl 10%?
- Considerando a natureza das substâncias envolvidas e os modelos de interações intermoleculares, expliquem o que foi observado.
- O que ocorreu quando vocês jogaram NaCl sólido sobre o gel que foi retirado da água destilada?

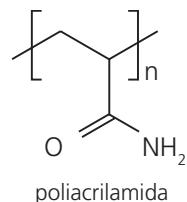


Figura 5.10 –
Representação da estrutura da poliacrilamida.

PARTE C – Polímeros nas fraldas

MATERIAL

Água destilada (ou água da torneira), solução aquosa de NaCl 1% m/m, solução aquosa de NaCl 10% m/m, quatro bêqueres de 100 mL, 0,5 g do gel de uma fralda descartável (ou pedaços de 3 cm³), 0,5 g de fralda de algodão (ou pedaços de 5,5 cm³), uma balança (ou régua, caneta e tesoura).

O QUE FAZER

- Reproduzam o **quadro 5.6** no caderno.

Béquer	Volume inicial	Volume final	Volume absorvido
1			
2			
3			
4			

Quadro 5.6 – Volumes inicial e final de líquido nos bêqueres e volume de líquido absorvido.

- Organizem os quatro bêqueres, etiquetando-os da seguinte maneira:
 - Bêqueres 1 e 2: Água destilada.
 - Bêquer 3: Solução de NaCl 1%.
 - Bêquer 4: Solução de NaCl 10%.
- Coloquem um pedaço de fralda de algodão no bêquer 1.
- Coloquem os pedaços de fralda descartável (apenas o gel da fralda) nos bêqueres 2, 3 e 4.

- Nos bêqueres 1 e 2 acrescentem 50 mL de água destilada medidos na proveta.
- No bêquer 3 acrescentem 50 mL da solução de NaCl 1% medidos na proveta.
- No bêquer 4 acrescentem 50 mL da solução de NaCl 10% medidos na proveta.
- Aguardem de 20 a 30 minutos.
- Observem os tamanhos dos pedaços de fralda descartável e comparem com o da fralda de algodão.
- Meçam o volume de água ou de solução de NaCl que sobrou em cada bêquer, transferindo o excesso de água e de solução de NaCl para a proveta.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Qual fralda é a mais eficiente: a de algodão ou a descartável? Por quê?
- Em qual situação a fralda descartável absorveu a maior quantidade de água? Considerando a estrutura do polímero existente nas fraldas descartáveis, mostrada na **figura 5.11**, explique a absorção de água em termos de interações intermoleculares.

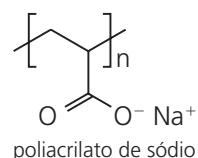


Figura 5.11 – Representação da estrutura de poliacrilato de sódio, um polímero superabsorvente utilizado na fabricação de fraldas descartáveis.



5.2 Polímeros e interações intermoleculares

Na Parte A da Atividade 1, vocês testaram a absorção da água por três materiais diferentes: pedaços de papel não encerado, pedaços de papel encerado e pedaços de saco plástico. Nos testes realizados, vocês puderam observar que o papel não encerado absorve água, enquanto o plástico e o papel encerado, não.

Isso pode ser explicado considerando-se as diferenças entre as moléculas de celulose – que compõem o papel – e as moléculas de polietileno, principal componente das sacolas plásticas.

Quando o papel está molhado, as moléculas de água estabelecem interações com as hidroxilos constituintes da celulose e diminuem as interações que os grupos OH presentes na celulose fazem entre si. Isso está representado nas **figuras 5.12 e 5.13**, a seguir.

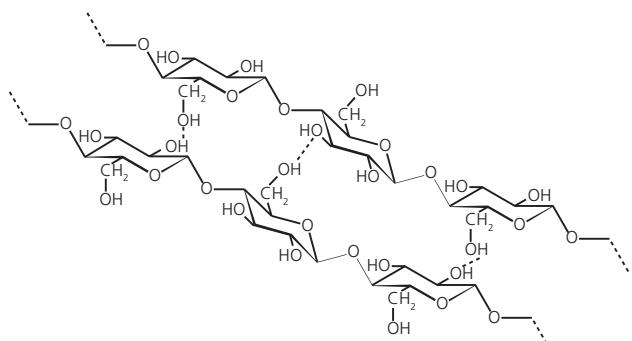


Figura 5.12 – Interações intermoleculares entre as macromoléculas de celulose.

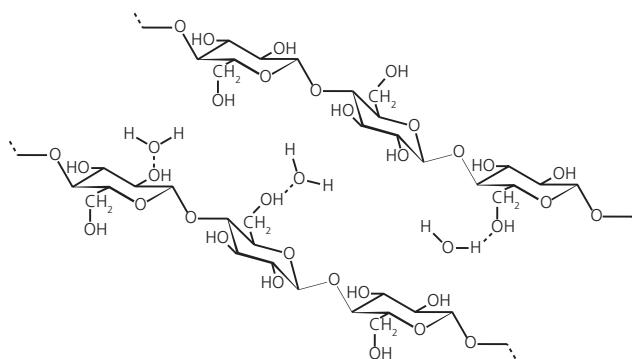


Figura 5.13 – Interações intermoleculares entre a celulose e a água.

No caso do polietileno, essas interações não podem ser estabelecidas e, assim, o plástico “não molha”.

Na Parte B da Atividade 1, vocês observaram o comportamento dos cristais de poliacrilamida em água e em solução de NaCl 10%. Ao colocarem os cristais em água, observaram que eles aumentaram de tamanho.

No caso da poliacrilamida, que é um polímero superabsorvente, existem grupos amida ($\text{R}-\text{NH}_2$) ligados

à cadeia alifática. Os átomos de hidrogênio do grupo amida estabelecem fortes interações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio com a água. Essas interações estão representadas na **figura 5.14**.

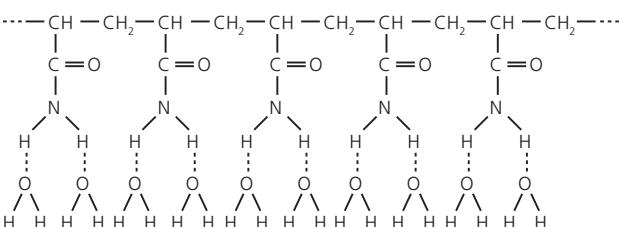


Figura 5.14 – Interações intermoleculares entre o polímero e a água.

A poliacrilamida possui **ligações cruzadas**, ou seja, as cadeias de poliacrilamida estão ligadas em uma rede, que forma “poros” onde as moléculas de água ficam alojadas, permitindo o crescimento do cristal. À medida que mais água entra na rede do polímero, as cadeias se afastam e as interações entre as cadeias diminuem, aumentando o volume do material.

No experimento com a solução aquosa de NaCl 10%, vocês devem ter observado que o volume dos cristais diminuiu, pois houve a desidratação do gel. Isso ocorre porque foram estabelecidas interações íons-dipolo entre a água e os íons de sódio e cloreto que são mais intensas que as interações entre as moléculas de água e o grupo 2NH_2 da poliacrilamida.

Na Parte C da Atividade 1, vocês devem ter observado que o volume de líquido absorvido pela celulose, presente no algodão, e pelo poliacrilato de sódio, constituinte do gel da fralda, foi diferente (**figura 5.15**).

Foi possível verificar que a fralda de algodão absorve menor quantidade de água que a fralda descartável. O poliacrilato de sódio pode absorver mais de 800 vezes seu peso em água destilada. Isso ocorre porque na estrutura do poliacrilato existem íons sódio que podem estabelecer interações íons-dipolo com as moléculas de água. Essas interações são mais intensas que ligações de hidrogênio estabelecidas entre os grupos OH da celulose e as moléculas de água.

Vocês observaram também maior absorção de água ao mergulhar a fralda em água destilada, em relação às soluções aquosas de NaCl . Quanto maior a concentração do sal, menor o volume de água absorvido, pois menor a diferença de concentração entre a solução e o interior do gel.

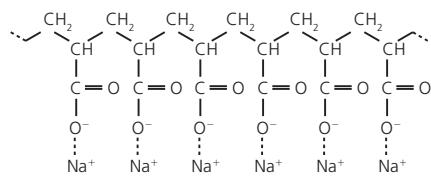


Figura 5.15 – Os íons sódio do poliacrilato de sódio estabelecem interações íons-dipolo com as moléculas de água.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- É mais fácil rasgar um papel molhado do que um seco. Considerando as estruturas da celulose e da água e utilizando o modelo de interações intermoleculares, expliquem por que isso ocorre.
- Vocês acham que a fralda descartável consegue absorver a mesma quantidade de água pura e de urina, sabendo que esta última contém sais dissolvidos?
- Proponham um procedimento para medir a quantidade máxima de água absorvida por certa quantidade de gel.

5.3 As propriedades dos sólidos covalentes

A grafite e o diamante são substâncias formadas exclusivamente por átomos de carbono. As ligações entre esses átomos são covalentes apolares. As temperaturas de fusão dessas substâncias são bastante elevadas, o que nos leva a crer que as ligações a serem rompidas durante o processo de fusão são muito fortes.

Na grafite e no diamante, não existem moléculas individuais, como existe no hidrogênio (H_2). Nessas substâncias, denominadas **sólidos covalentes**, todos os átomos de carbono estão ligados por ligações covalentes. É como se um pedaço de uma dessas substâncias fosse uma única e gigantesca molécula. Então, podemos concluir que, no processo de fusão dessas substâncias, são quebradas as ligações covalentes entre os átomos de carbono, que são muito fortes.

Uma grande parte das rochas e dos minerais é constituída de sólidos covalentes. Essas rochas e minerais, a exemplo da grafite e do diamante, têm altas temperatu-

ras de fusão e ebulição e são insolúveis em solventes polares e apolares. Esse último fato sugere que os solventes não formam interações com os átomos que compensem energeticamente o rompimento das fortes ligações covalentes entre os átomos constituintes dessas substâncias.

Essas substâncias são, normalmente, duras e quebradiças e não conduzem corrente elétrica. A grafite é uma exceção. O exame de sua estrutura nos ajuda a entender esse comportamento.

No diamante, todas as ligações entre os átomos são iguais e têm uma direção definida, resultando num retículo cristalino (figura 5.16a). Já a grafite apresenta dois tipos diferentes de ligações covalentes. Formando os planos de átomos, temos uma ligação semelhante à encontrada no diamante e em outros sólidos covalentes. Entre os planos, temos outro tipo de ligação covalente, mais fraca, cujos elétrons têm liberdade para se movimentar por toda a estrutura (figura 5.16b). Esse modelo explica a condutividade elétrica da grafite e o fato de ela ser mais mole que o diamante; afinal, as camadas podem deslizar umas sobre as outras e se soltar facilmente. É por isso que usamos a grafite para escrever.

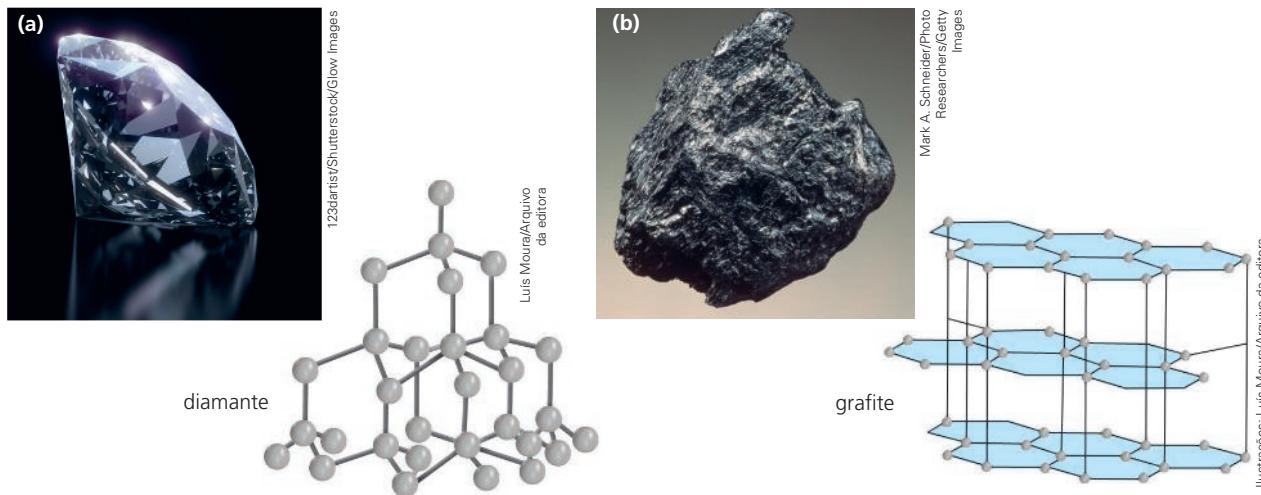


Figura 5.16 – Modelos de estrutura do diamante (a) e da grafite (b). Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

PARA SABER +

- Página da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc), publicada pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Os artigos estão disponíveis na íntegra e de forma totalmente gratuita, assim como os Cadernos Temáticos publicados desde 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbj.org.br>. Acesso em: 11 jun. 2020.

QUESTÕES DE EXAMES

NÃO ESCREVA NO LIVRO



CAPÍTULO 4

1. (PUC-MG) A geometria das moléculas pode ser determinada fazendo-se o uso do modelo de repulsão dos pares eletrônicos. Dentre as alternativas abaixo, assinale a que corresponde à combinação **CORRETA** entre estrutura e geometria.

- a) H_2O – Geometria Linear.
- b) NH_4^+ – Geometria Tetraédrica.
- c) CO_3^{2-} – Geometria Angular.
- d) BF_3 – Geometria Piramidal.

2. (UFJF-MG) Em breve, telas de telefones celulares serão produzidas com um material capaz de se autorregenerar quando riscado ou mesmo quebrado. Considere um composto sólido hipotético, constituído por moléculas altamente polares e que contenha apenas átomos de carbono, nitrogênio e oxigênio. Quando telas produzidas com esse material forem quebradas, as forças intermoleculares serão fortes o suficiente para unir as duas partes: as moléculas do material irão se juntar e colar as duas partes, restaurando seu estado original.

Agora responda aos itens abaixo:

- a) Classifique o composto sólido hipotético como iônico ou molecular.
- b) Indique qual força intermolecular seria a responsável pela autorregeneração da tela do telefone celular.
- c) Uma opção para se proteger a tela de vidro comum é o uso de películas adesivas. Os adesivos são compostos por substâncias apolares e podem aderir a praticamente qualquer superfície. Qual força intermolecular mantém a película colada ao vidro?

3. (Fuvest-SP) Existem vários modelos para explicar as diferentes propriedades das substâncias químicas, em termos de suas estruturas submicroscópicas.

Considere os seguintes modelos:

- I. moléculas se movendo livremente;
- II. íons positivos imersos em um “mar” de elétrons deslocalizados;
- III. íons positivos e negativos formando uma grande rede cristalina tridimensional.

Assinale a alternativa que apresenta substâncias que exemplificam, respectivamente, cada um desses modelos.

	I	II	III
<input checked="" type="checkbox"/> a)	gás nitrogênio	ferro sólido	cloreto de sódio sólido
b)	água líquida	iodo sólido	cloreto de sódio sólido
c)	gás nitrogênio	cloreto de sódio sólido	iodo sólido
d)	água líquida	ferro sólido	diamante sólido
e)	gás metano	água líquida	diamante sólido

4. (IFRR) Associe a segunda coluna à primeira.

1ª coluna

1. Interações dipolo-dipolo
2. Interações ligações de hidrogênio
3. Interações dipolo instantâneo-dipolo induzido
4. Ligação iônica
5. Ligação covalente

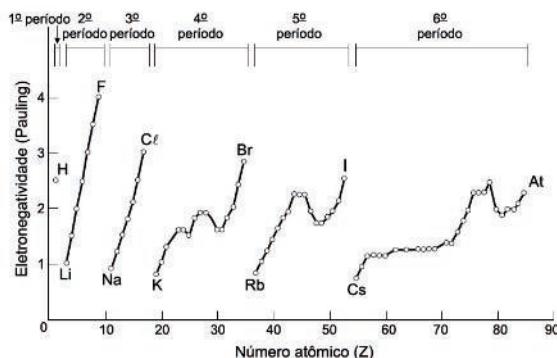
2ª coluna

- (//) Ligação entre os átomos de C no diamante
- (//) Ligação entre as moléculas de I_2
- (//) Ligação entre os íons de Na^+ e Cl^-
- (//) Ligação entre as moléculas de NH_3
- (//) Ligação entre as moléculas de CH_3Cl

A sequência **CORRETA** é:

- | | | |
|--|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> a) 5-3-4-2-1 | <input checked="" type="checkbox"/> c) 4-2-1-3-5 | <input checked="" type="checkbox"/> e) 2-3-5-4-1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> b) 3-5-4-1-2 | <input checked="" type="checkbox"/> d) 5-1-4-2-3 | |

5. (Unesp-SP) Analise o gráfico que mostra a variação da eletronegatividade em função do número atômico.



(John B. Russell. *Química geral*, 1981. Adaptado.)

Reprodução/Unesp, 2018

Devem unir-se entre si por ligação iônica os elementos de números atômicos

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> a) 17 e 35. | <input checked="" type="checkbox"/> d) 15 e 16. |
| <input checked="" type="checkbox"/> b) 69 e 70. | <input checked="" type="checkbox"/> e) 12 e 20. |
| <input checked="" type="checkbox"/> c) 17 e 57. | |



6. (PUC-PR) Os elementos químicos fazem combinações para adquirir maior estabilidade. Dependendo da característica de cada átomo participante, se estabelecem diferentes tipos de união. O número de elétrons da camada de valência é um fator determinante para a natureza da ligação química formada.

A seguir, são mencionadas algumas substâncias comuns no nosso cotidiano, assinale a alternativa **CORRETA** que traz respectivamente compostos com ligações iônicas, moleculares e metálicas.

- a) HBr, O₂(g), Zn(s).
- b) NH₃(g), bronze, MgCl₂(s).
- c) Fe(s), CH₄(g), KBr(s),
- x d) Fe₂O₃, H₂O, Cu(s).
- e) HNO₃, NaCl, latão.

7. (UFJF-MG) Considere os vários tipos de ligações químicas possíveis e sua influência nas propriedades físico-químicas das substâncias.

Assinale a alternativa que contenha a afirmativa **CORRETA**:

- a) O tetracloreto de carbono (CCl₄) é uma substância iônica e sua solução aquosa conduz eletricidade.
- b) O cobre é uma substância molecular e tende a conduzir eletricidade no estado sólido.
- c) Substâncias metálicas como o He não formam ligações entre si.
- d) Substâncias moleculares tendem a ter pontos de ebulação maiores do que compostos iônicos.
- x e) Substâncias moleculares como metanol (CH₃OH) contêm ligações covalentes e não são boas condutoras de eletricidade.

8. (UFPA) Na fórmula eletrônica (ou de Lewis) da molécula de nitrogênio, o número de pares de elétrons compartilhados é

Dado: número atômico nitrogênio = 7.

- a) 1.
- b) 2.
- x c) 3.
- d) 4.

CAPÍTULO 5

1. (IFBA) Os bolos crescem devido a uma reação que forma gás. O ácido e o bicarbonato de sódio no fermento em pó produzem o gás dióxido de carbono. Além disso, recentemente, cientistas brasileiros descobriram um pó capaz de reter o dióxido de carbono (gás estufa) da atmosfera. A ligação existente entre os átomos do dióxido de carbono e as forças inter-

moleculares, que unem as moléculas desse composto é, respectivamente:

- a) covalente apolar – forças de Van der Waals
- b) covalente apolar – atração dipolo induzido-dipolo induzido
- c) covalente polar – ligações de hidrogênio
- x d) covalente polar – forças de Van der Waals
- e) covalente polar – atração dipolo-dipolo

2. (UPE) Dois estudantes de química receberam uma amostra de uma substância sólida para analisar. Durante a atividade experimental, com respeito à amostra, eles observaram que

I. é insolúvel em óleo de soja, totalmente solúvel em água, e sua solução aquosa conduz a corrente elétrica;

II. é facilmente transformada em pó, usando-se um pilão;

III. não se funde até 300 °C.

A amostra analisada é

- a) um composto apolar.
- x b) um composto iônico.
- c) uma substância simples.
- d) um composto covalente.
- e) uma liga metálica.

3. (UFGD-MS) Ao estudar a solubilidade das substâncias I, II e III utilizando água e gasolina como solventes, um estudante obteve os dados apresentados na tabela seguinte:

Solventes	Substâncias		
	I	II	III
Água	Solúvel	Insolúvel	Solúvel
Gasolina	Pouco solúvel	Solúvel	Pouco solúvel

Marque a alternativa que apresenta a afirmação correta em relação aos dados da tabela.

- a) A substância II é polar.
- b) As forças intermoleculares que existem entre as moléculas da substância II são do tipo ligações de hidrogênio.
- c) Pode-se assegurar que I e III correspondem à mesma substância.
- d) As substâncias II e III são apolares.
- x e) As substâncias I e III são polares.

- 
- ☰ X
- O Brasil tem um grande potencial de uso da energia solar. Quais são as vantagens e desvantagens da geração de energia elétrica por painéis solares?
 - Quais são as formas de energia que você identifica no dia a dia?
 - Você sabe de onde vem a energia elétrica que alimenta a região em que você vive?
 - Você identifica desperdício de energia em seu cotidiano? Em caso afirmativo, proponha ações que contribuam para a redução desse desperdício.

O Brasil é um dos países com maior potencial de energia solar. No entanto, essa forma de energia corresponde a menos de 2% da matriz elétrica nacional. Parque Solar de Nova Olinda, em Ribeira do Piauí (PI), 2019.

UNIDADE UNIDADE UNIDADE UNIDADE 3

Energia

Toda transformação que ocorre em nosso mundo envolve algum tipo de energia. Para se desenvolver, uma planta necessita da energia do Sol; para cozinhar um alimento, precisamos da energia liberada na queima do gás que produz a chama do fogão; e a luz de uma lâmpada, que ilumina um ambiente escuro, precisa da energia elétrica para funcionar. A energia, portanto, se manifesta de diversas formas.

Saber utilizar os recursos energéticos exploráveis é uma questão estratégica para um país. Sem energia, não há crescimento nem desenvolvimento. Mas a energia não pode ser utilizada de forma desordenada, causando problemas ambientais, como temos visto em relação ao aumento na emissão de gases que contribuem para o efeito estufa.

Por ser um assunto central nas ciências e na vida das pessoas, dedicaremos toda esta unidade ao estudo da energia. Vamos abordar seus variados tipos, estudar suas transformações, sua conservação e sua degradação. Ao longo desta unidade, você aprenderá a reconhecer que há energia em diversos processos de nossas atividades cotidianas.



CAPÍTULO 6

Competências gerais: 1, 2 e 9
Competências específicas: 1 e 3
Habilidades: (EM13CNT102), (EM13CNT301) e (EM13CNT302)

Calor, temperatura e propriedades térmicas dos materiais

Os conceitos de temperatura e calor permeiam nosso cotidiano. Dizemos que um dia ou um objeto está quente quando apresenta temperatura elevada; ao tocarmos a maçaneta de metal, temos a sensação de que ela está mais fria do que a porta; utilizamos os processos de transmissão de calor para aquecer e cozinhar alimentos, entre outras situações nas quais a temperatura, o calor e seus processos de transmissão desempenham papel fundamental. Esquenta menos a mão tomar café quente em uma xícara de cerâmica do que em uma caneca de metal e usamos as propriedades térmicas de cada tipo de material para diferentes finalidades.

No contexto global, os processos de geração e transmissão de calor nos ajudam a compreender as causas e os efeitos das mudanças climáticas decorrentes das ações humanas, como o derretimento das calotas polares e o aumento do nível do mar ([figura 6.1](#)).



Zuma Press/Easypix Brasil

[Figura 6.1](#) – Por causa do aquecimento global, atualmente as calotas polares da Antártida e da Groenlândia estão derretendo seis vezes mais rápido do que nos anos 1990. Na imagem, urso polar ao norte da ilha Spitsbergen, Noruega, 2018.

Neste capítulo, vamos estudar alguns conceitos – temperatura, energia térmica e calor – que estamos acostumados a usar no dia a dia, observando-os do ponto de vista científico. Além disso, vamos estudar as propriedades térmicas dos materiais e suas aplicações.

ATIVIDADE 1

Termômetros

INVESTIGAÇÃO

Termômetros são instrumentos utilizados para medir a temperatura de um corpo, do ambiente ou de outros sistemas. Em nosso cotidiano, há diversos tipos de termômetro, como os clínicos e os que indicam a temperatura ambiente. Apesar de terem a mesma função, o princípio de funcionamento dos diversos termômetros pode ser bastante diferente.

Nesta atividade, tentaremos entender um pouco melhor o funcionamento dos termômetros.

MATERIAL

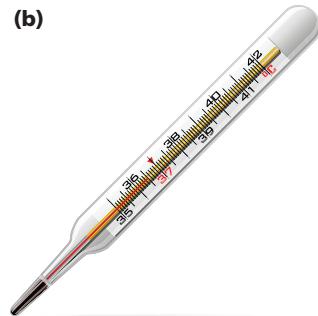
Um termômetro clínico digital, como o da figura 6.2a, e um termômetro de laboratório (termômetro de tubo de vidro com líquido que pode expandir e contrair), como o da figura 6.2b.

(a)



franck1970/Shutterstock

(b)



Nikolayev Alexey/Shutterstock

O QUE FAZER

1. Escolha um termômetro e use-o para medir a própria temperatura ou a temperatura de um colega que tenha permitido o procedimento.
2. Realize o mesmo procedimento com o outro termômetro.
3. Tente realizar medidas de temperatura do ambiente e de objetos com os termômetros.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. De que forma o termômetro clínico indica variações de temperatura? Como você imagina que o termômetro de laboratório mede a temperatura?
2. Que parte do termômetro deve estar em contato com o corpo do qual se deseja medir a temperatura?
3. O termômetro realiza a medida de temperatura instantaneamente ou deve-se esperar determinado intervalo de tempo? Elabore hipóteses para explicar esse aspecto do funcionamento dos termômetros.
4. É possível medir a temperatura dos objetos na sala usando o termômetro clínico?
5. Faça uma pesquisa sobre um tipo diferente de termômetro (termômetro de lâmina bimetálica, termômetro cutâneo, termômetro óptico, termômetro de cristal líquido, termômetro a gás, etc.). Explique, em um breve relatório, em quais situações ele é utilizado, qual é a variação de temperatura que ele costuma medir, como ele funciona e as desvantagens de utilizá-lo em outros contextos.



Roberto Casimiro/Fotoarena

Figura 6.3 – Os termômetros de rua apenas fornecem uma estimativa da temperatura ambiente. Os registros oficiais de temperaturas locais são feitos por termômetros meteorológicos. Termômetro de rua em São Paulo (SP), 2020.

6.1 Temperatura, equilíbrio térmico e calor

O que nos permite afirmar que um termômetro mede a temperatura de um objeto? Com base nas observações e pesquisas feitas na Atividade 1, você deve ter notado que é necessário esperar determinado intervalo de tempo para que o termômetro tenha a mesma temperatura que a do corpo que se deseja medir. Por que dois corpos, objetos ou sistemas em contato tendem a igualar suas temperaturas e atingir um estado de equilíbrio?

Enquanto os dois corpos estiverem a temperaturas diferentes, haverá transferência de energia térmica do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Quando a transferência de energia térmica cessa, dizemos que os dois corpos atingiram o equilíbrio térmico.

Dois sistemas A e B estão em **equilíbrio térmico** quando não há transferência de energia térmica de um para o outro. Isso ocorre quando ambos atingem a mesma temperatura.

O conceito de equilíbrio térmico nos ajuda a compreender por que uma tigela de sopa, como a da **figura 6.4**, ao ser colocada sobre a mesa, vai esfriando à medida que o tempo passa. A sopa, por estar a uma temperatura mais elevada que o ambiente, transfere energia térmica para ele. Ao atingir o equilíbrio térmico, a sopa fica com a mesma temperatura do ambiente.

Nesse caso, dizemos que a sopa transfere calor ao ambiente. Podemos então dizer que:

Calor é a quantidade de energia transferida de um corpo mais quente para um corpo mais frio.



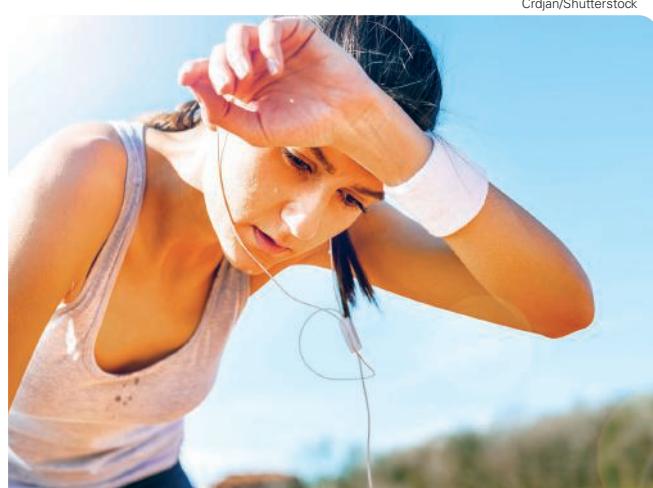
Figura 6.4 – Após certo tempo, a sopa em uma tigela estará à temperatura ambiente.

O calor flui espontaneamente de um corpo mais quente (a uma temperatura mais elevada) para um corpo mais frio (a uma temperatura mais baixa).

Regulação térmica nos seres humanos

Vimos que dois objetos com temperaturas diferentes, colocados em contato, tendem para o equilíbrio térmico. Entretanto, apesar de estarmos em contato com o ar ambiente, nossos corpos não entram em equilíbrio térmico com ele. Isso ocorre porque, enquanto estivermos vivos, nosso corpo trabalhará para manter nossa temperatura interna estável em um valor próximo dos 37 °C. Por esse motivo, somos denominados animais homeotermos.

O hipotálamo é a parte do cérebro que processa as informações relativas a variações de temperatura. Se o ambiente estiver a uma temperatura menor, o hipotálamo dispara uma série de mecanismos para elevar nossa temperatura, como a aceleração do metabolismo para liberar mais energia nas células, a redução da circulação sanguínea e o tremor involuntário em casos mais extremos. De modo oposto, se a temperatura do ambiente estiver muito próxima à nossa, ou mais elevada, ocorre uma redução na produção de energia nas células, um aumento da circulação sanguínea e o aumento da sudorese.



Sudorese é a liberação de suor pela pele. O suor é composto basicamente de água, que recebe calor no interior do corpo e evapora na superfície da pele. Ao evaporar, a água retira calor da pele, diminuindo a temperatura corporal.

Figura 6.5 – O suor liberado durante uma atividade física intensa é um mecanismo do corpo para a redução da temperatura corporal.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Certos sistemas, como uma chapa elétrica, um ferro de passar roupa, uma lâmpada, uma vela, entre outros, não entram em equilíbrio térmico com o ambiente que os rodeia. converse com os colegas e elabore uma possível explicação para esse fato. O que acontece quando esses sistemas são desligados ou apagados?
2. Dê exemplos de outros sistemas que se comportam de forma semelhante.

Um pouco sobre termômetros

A medida e o controle da temperatura são fundamentais em uma série de atividades científicas e industriais, como na produção de alimentos, na produção de peças de plástico injetado, na pesquisa com materiais semicondutores, na pesquisa de propriedades de estrelas e galáxias, entre muitos outros exemplos. Em cada aplicação, em função dos valores de temperatura e da forma como ela deve ser medida, são empregados diversos instrumentos de medida de temperatura, adequados a cada situação.

Há termômetros, por exemplo, usados para medir a temperatura do ambiente, do corpo humano e de objetos a altíssimas ou baixíssimas temperaturas. Eles são construídos a partir de diferentes princípios de funcionamento, baseados na dependência com a temperatura de algum tipo de propriedade física de um material, como o volume de um líquido, a resistência elétrica de um metal, a cor de um material, entre outras propriedades.

Galileu Galilei (1564-1642) foi quem primeiro associou a expansão de alguns materiais quando aquecidos à possibilidade de efetuar uma medida do “quão quente” está o objeto. Por volta de 1592, ele construiu um termoscópio, instrumento capaz de medir variações de temperatura. Esse instrumento era simples e baseava-se na expansão do ar. Ainda hoje usamos termômetros que não diferem muito daqueles da época de Galileu. Eles são constituídos de um bulbo de vidro contendo um líquido (usualmente álcool) ligado a um longo tubo capilar cuja extremidade é selada após o ar ter sido retirado. O líquido se dilata quando é aquecido e se contrai quando é resfriado. Dessa maneira, a temperatura pode ser obtida a partir da altura do líquido no capilar.

Um dos tipos de termômetro para uso industrial é o termopar ([figura 6.6](#)), empregado para controle e registro contínuos da temperatura. Seu funcionamento se baseia na medida da diferença de potencial elétrico nas junções de fios metálicos de materiais diferentes. De acordo com os materiais dos fios da junção, os termopares são capazes de medir temperaturas muito abaixo ou muito acima da temperatura ambiente.

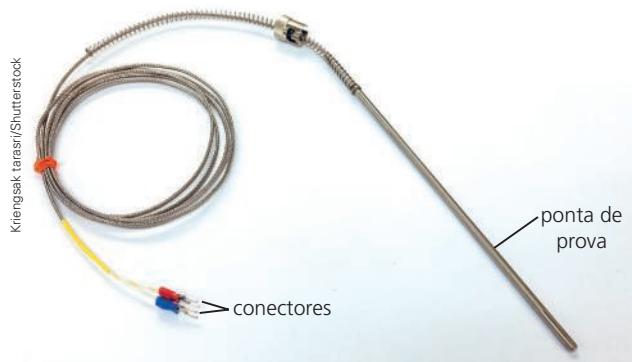


Figura 6.6 – A junção dos fios ocorre na ponta de prova do termopar. Para medir a temperatura, os conectores devem estar ligados a um dispositivo capaz de medir a diferença de potencial elétrico entre os dois fios.

Assim como o termopar, o termômetro clínico digital utiliza as propriedades elétricas dos materiais. Seu funcionamento se baseia no fato de que a resistência elétrica dos materiais varia com a temperatura. Um dispositivo eletrônico lê as variações de resistência e exibe no *display* a temperatura correspondente àquele valor de resistência.

A [figura 6.7](#) mostra outro tipo de termômetro. Ele consiste em uma faixa de plástico com um material chamado cristal líquido termocrômico. O cristal líquido muda de cor com a temperatura e essa propriedade é capaz de indicar se uma pessoa está com febre.



Paul Whitehill/SPU/Fotoarena

Figura 6.7 – A mudança de temperatura altera a cor dos cristais na fita, possibilitando a aferição da temperatura.

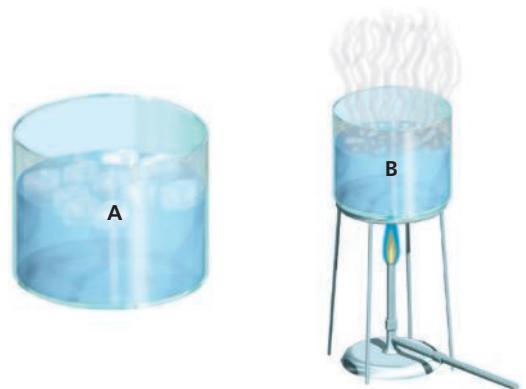
Atualmente têm sido bastante usados os termômetros digitais que determinam a temperatura a partir da radiação infravermelha emitida por todos os corpos (**figura 6.8**). A vantagem desse tipo de termômetro é que ele não precisa estar em contato com o corpo cuja temperatura se deseja medir. Para medidas de temperatura acima de 1 000 °C, são usados os pirômetros ópticos, que medem a temperatura com base na cor da luz visível emitida por objetos a altíssimas temperaturas.



Figura 6.8 – Termômetro de infravermelho sendo utilizado para medir a temperatura de uma criança.

Escalas de temperatura

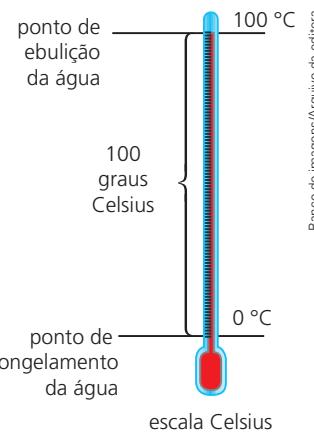
A temperatura, assim como todas as grandezas nas Ciências da Natureza, precisa ser representada por valores numéricos usando um sistema de unidades. O sistema de unidades mais usado para medir temperatura é a escala Celsius, cujo símbolo é °C (lê-se grau Celsius), e foi proposta pelo cientista sueco Anders Celsius (1701-1744). Nessa escala, os valores de 0 °C e 100 °C foram atribuídos arbitrariamente às temperaturas de congelamento e de ebulição da água, respectivamente, no nível do mar (veja a **figura 6.9**).



Luis Fernando R. Tucillo/Arquivo da editora

Figura 6.9 – Na escala Celsius, a temperatura do sistema A (gelo fundente) é 0 °C e a do sistema B (água em ebulição no nível do mar) é 100 °C. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Em um termômetro de capilar, a temperatura de 0 °C corresponde a uma altura da coluna líquida, e a temperatura de 100 °C, a outra. Uma unidade nessa escala (1 °C) é obtida dividindo por cem a diferença entre essas alturas, como mostra a **figura 6.10**.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Figura 6.10 – Calibração da escala Celsius. Cores fantasia.

Essa calibração do termômetro deve ser feita ao nível do mar. A altitude muda principalmente o ponto de ebulição da água. Numa altitude de 1 000 m, por exemplo, a água ferve a 97 °C.

Na escala Celsius, as temperaturas podem ser negativas ou positivas. Veremos que existe uma temperatura mínima que é inatingível e abaixo da qual é impossível resfriar um corpo. Uma série de experimentos demonstrou que essa temperatura mínima é de aproximadamente -273 °C. A determinação dessa temperatura mínima motivou o estabelecimento de uma nova escala de temperatura, na qual o zero corresponde a essa temperatura mínima, denominada zero absoluto na escala Kelvin (símbolo K).

Na escala Kelvin, os pontos de congelamento e de ebulição da água são, respectivamente 273 K e 373 K. A relação entre as temperaturas na escala Celsius e Kelvin é:

$$T(K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$$

Além das escalas Celsius e Kelvin, existem outras, menos utilizadas, como a escala Fahrenheit e a Réaumur.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

1. Considere as seguintes faixas de temperatura: de -200 °C a -50 °C, de 200 °C a 600 °C e de 2 000 °C a 4 000 °C. Pesquise sistemas físicos correspondentes a essas faixas de temperatura (por exemplo, o ponto de liquefação do nitrogênio é -196 °C e o ponto de fusão do tungstênio é 3 420 °C).

ATIVIDADE 2

Temperatura e sensação de quente e frio

INVESTIGAÇÃO

Em diversas situações, usamos o próprio corpo para estimar temperaturas. Os pais sabem avaliar se o leite da mamadeira do bebê está na temperatura ideal pingando algumas gotas no dorso da mão. De maneira semelhante, eles sabem avaliar se o filho está febril ou não colocando a palma da mão sobre a testa da criança. Essas sensações, no entanto, podem, muitas vezes, dar impressões incorretas sobre a temperatura.

Nesta atividade, vamos discutir a diferença entre a temperatura e as sensações de quente e frio.



Postock studio/Shutterstock

Figura 6.11 – As sensações de quente e frio nos ajudam a avaliar a temperatura sem utilizar termômetros, mas podemos estar enganados.

MATERIAL

Um bloco de metal e outro de madeira (pequenos), ambos com um orifício para encaixar um termômetro; um termômetro de laboratório ou digital.

O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Segure o bloco de metal com uma das mãos e o bloco de madeira com a outra (**figura 6.12**). Anote, no caderno, suas observações em relação à sensação de quente e frio.
2. Responda à seguinte pergunta partindo das sensações que você teve: a temperatura do bloco de madeira é maior, menor ou igual à temperatura do bloco de metal? Justifique a resposta.
3. Coloque o termômetro no furo de um dos blocos (**figura 6.13**). Aguarde algum tempo e anote a temperatura. Repita o mesmo procedimento com o outro bloco. Certifique-se de que a temperatura inicial nas duas medições seja a mesma.



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 6.12 – Qual é a sensação ao segurar um bloco de madeira e um de metal em cada uma das mãos?



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 6.13 – Você vai medir a temperatura de cada bloco.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

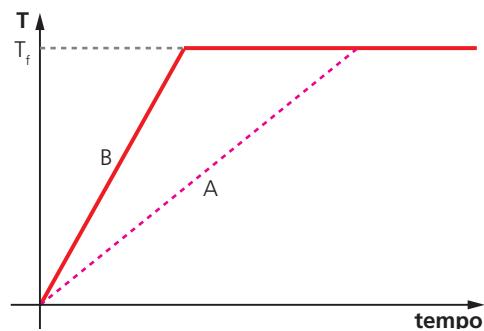
1. Como você interpreta a diferença entre a sensação de quente e frio ao segurar os blocos e as medidas de temperatura feitas com o termômetro?
2. O gráfico da **figura 6.14** (na próxima página) representa a variação de temperatura dos dois blocos usados na atividade se eles tivessem ficado em contato com suas mãos por tempo suficiente para atingir a temperatura de seu corpo.
 - a) Considerando a variação da temperatura dos blocos em função do tempo, deduza de que material são feitos o bloco A e o bloco B.
 - b) Houve aumento ou diminuição da temperatura dos blocos?





- c) Qual é o valor aproximado da temperatura final, T_f ?
- d) Faça um outro gráfico para a situação em que você segura dois blocos que estejam a uma mesma temperatura inicial, maior que a de seu corpo. Nesse caso, o bloco de metal vai parecer mais quente ou mais frio que o de madeira?

Figura 6.14 – Gráfico da variação da temperatura em função do tempo para os blocos de madeira e de metal em contato com as mãos de uma pessoa.



Banco de Imagens/Arquivo da editora

6.2 Sensação e condutividade térmica

Na Atividade 2, vimos que nem sempre a sensação de quente ou de frio corresponde à temperatura do objeto. No caso estudado, o que ocorre é que sua mão está a uma temperatura diferente da temperatura dos blocos.

Quando dois corpos – sua mão e um dos blocos – a temperaturas diferentes entram em contato, há uma modificação dessas temperaturas; essa modificação acontece à medida que a energia do corpo de maior temperatura é transferida para o corpo de menor temperatura. Na situação estudada, nosso corpo estava em uma temperatura maior que a temperatura ambiente, que é também a temperatura dos blocos. Nesse caso, houve transferência de energia do corpo para os blocos. A temperatura do metal se modifica mais rapidamente do que a da madeira, o que provoca a sensação de que o metal está mais frio do que a madeira.

Esse comportamento diferenciado do metal e da madeira está associado a uma propriedade chamada **condutividade térmica**. Os metais são bons condutores de calor, ao passo que a madeira é um isolante térmico. Por isso, é comum utilizarmos objetos de madeira como aparadores para travessas quentes colocadas à mesa, e usarmos panelas de ferro, aço ou alumínio para cozinhar os alimentos. O isopor é um isolante térmico, ou seja, conduz muito mal o calor e por isso é usado para conservar o gelo em caixas térmicas, para revestir paredes na construção civil e em embalagens de alimentos (**figura 6.15**).



Radvan1/Shutterstock



DeawSS/Shutterstock

Figura 6.15 – a) O isopor, por ser um bom isolante térmico, é uma opção barata para garantir o conforto térmico em construções. b) Seu uso indiscriminado e o descarte inadequado geram resíduos que contribuem para a poluição de mares e oceanos.

ATIVIDADE 3

Temperatura e calor

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

INVESTIGAÇÃO

Na linguagem cotidiana, estamos acostumados a considerar o calor uma grandeza diretamente proporcional à temperatura.

Nesta atividade, vamos calcular a quantidade de calor transferida entre dois sistemas a temperaturas diferentes, procurando verificar se há uma relação direta entre calor e temperatura, isto é, se sempre há mais “calor” quando a temperatura é mais alta.





MATERIAL

Três bêqueres de 250 mL cada um, um termômetro de laboratório capaz de realizar medidas entre 10 °C e 110 °C (sensibilidade de 1 °C), água, diversas folhas de jornal, fita-crepe, uma proveta de 50 mL, um bastão de vidro para agitar a água (não use o termômetro para isso!) e um sistema para aquecimento de água.

O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO



PARTE A

- Revista um bêquer por baixo e do lado de fora com jornal, fixando-o com a fita-crepe (**figura 6.16**). Coloque, nesse bêquer, 50 mL de água à temperatura ambiente. Se a água não estiver à temperatura ambiente, agite e aguarde alguns minutos para que a água e o bêquer estejam na mesma temperatura. Meça a temperatura (T_1) e anote no caderno.



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 6.16 – Bêquer revestido com jornal.

- Em outro bêquer, coloque 50 mL de água à temperatura aproximada de 20 °C acima da temperatura ambiente. Espere até que a água e o bêquer estejam em equilíbrio térmico, agitando a água. Meça a temperatura (T_2), anote seu valor e, imediatamente, despeje com cuidado a água mais quente dentro do bêquer revestido com jornal.
- Agite o sistema “água à temperatura ambiente + + água aquecida” para que a temperatura fique homogênea. Anote a temperatura final (T_3) no caderno.
- Repita as orientações dos itens 1 e 2, utilizando agora duas novas amostras de 50 mL de água. Coloque a primeira amostra no bêquer revestido

com jornal. Essa amostra deve estar em torno de 50 °C (T_4). A outra amostra deve estar em torno de 60 °C (T_5) aproximadamente. O importante é que exista uma diferença de 10 °C na temperatura entre uma amostra e a outra. Agite o sistema “água a 50 °C + água a 60 °C” para que a temperatura fique homogênea. Meça a temperatura final (T_6). Anote as temperaturas (T_4 , T_5 , T_6), como indicado nos itens anteriores.

PARTE B

- Cálculo do calor perdido: calcularemos o calor em calorias.

Caloria é uma unidade de medida de energia definida como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água em 1 °C (mais exatamente, a quantidade de calor que faz 1 grama de água passar de 14,5 °C para 15,5 °C).

Em cada caso, o calor perdido (Q_p) pela água mais quente é:

$$Q_p = m_1 \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta T$$

em que m_1 é a massa de água quente, ΔT é a variação de temperatura sofrida pela água quente ($T_{\text{mistura}} - T_{\text{água quente}}$) e a constante $c_{\text{água}}$ é chamada **calor específico da água**, de valor aproximadamente constante e igual a 1 cal/g · °C.

- Cálculo do calor ganho: o calor ganho (Q_g) pela água fria pode ser calculado de forma análoga. Para efetuar esse cálculo, responda: quanto vale ΔT nesse caso?
- Calcule Q_p e Q_g para as duas experiências feitas.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Como você encontrou as massas das porções de água?
- As experiências feitas confirmam a ideia de que “calores” maiores correspondem a temperaturas mais altas?
- Na Parte A, o calor ganho foi igual ao calor perdido? Deveria ser?
- Na Parte B, o calor ganho foi igual ao calor perdido? Deveria ser?
- Caso tenha havido diferença entre calor ganho e calor perdido, como ela se explica?
- O que indicam os sinais diferentes obtidos para o calor ganho e para o calor perdido?



6.3 Calor e temperatura na linguagem cotidiana e na ciência

Nas atividades anteriores, tivemos a oportunidade de discutir como os conceitos científicos de calor e de temperatura são diferentes dos nossos conceitos cotidianos. No dia a dia, associamos calor diretamente à temperatura, considerando que a uma temperatura mais alta corresponde uma maior quantidade de calor.

Verificamos, na Atividade 2, que o conceito científico de calor se relaciona com transferência de energia térmica. Isso é importante para entender os conceitos de calor e temperatura do ponto de vista científico.

Primeiro, só há calor quando há diferença de temperatura, pois o calor é a energia térmica transferida entre dois sistemas a temperaturas diferentes, que ocorre espontaneamente de um sistema a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa. Além disso, a quantidade de calor transferida é proporcional à diferença de temperatura, à massa dos corpos e ao calor específico dos sistemas.

Do ponto de vista científico, um corpo ou um sistema não possui calor, isto é, o calor não é uma propriedade do corpo. Podemos dizer que o corpo tem uma quantidade de energia interna que pode ser transferida espontaneamente na forma de calor para outro corpo a uma temperatura mais baixa. Essa ideia também contraria a forma de pensar cotidiana, que admite que um corpo quente pode transferir calor e um corpo frio pode transferir frio.

Quando colocamos gelo em um copo com água à temperatura ambiente, como o da figura 6.17, o resfriamento do sistema ocorre porque a água cede calor para o gelo, e não porque o gelo cede “frio” para a água.

Vimos também que as sensações de quente e frio nem sempre correspondem a uma real diferença de temperatura, como no caso da madeira e do metal na Atividade 2. É preciso enfatizar que essas situações são importantes para evidenciar a grande diferença que existe entre nossas noções cotidianas e a noção científica de calor. Enquanto nas primeiras o calor e o frio são tratados como atributos dos materiais, a noção científica estabelece que o calor depende da relação entre dois sistemas. Mas, afinal, o que é calor?



Lipiskiy/Shutterstock

Figura 6.17 – Transferência de calor da água para o gelo.

As teorias científicas sobre o calor

O calor, sendo um processo de transferência de energia, não é uma substância ou uma propriedade de um objeto. A noção de que o calor é uma substância está por trás da ideia de que um corpo pode conter calor, ou seja, de que calor e frio são atributos dos materiais.

Essa ideia já foi aceita por muitos cientistas no passado, que consideravam que todos os corpos continham, em seu interior, uma substância fluida invisível e de massa desprezível, a qual denominavam “calórico”. Um corpo com maior temperatura tinha mais calórico do que um corpo com menor temperatura.

Antoine Lavoisier (1743-1794), por exemplo, listava o calórico como uma das substâncias elementares. Hoje sabemos que uma substância tem energia, mas não calor. A teoria do calórico, pensado como substância, foi abandonada em favor da teoria do calor, pensado como energia transferida entre sistemas a diferentes temperaturas, principalmente pelo fato de a primeira teoria não conseguir explicar o aquecimento de objetos por outras formas que não uma fonte de calor, por exemplo, por atrito. O conde de Rumford (1753-1814), engenheiro estadunidense exilado na Inglaterra, introduziu, em 1798, a ideia de que o calor que aquecia peças metálicas quando perfuradas era devido à energia mecânica empregada em sua perfuração.



Exar2/Shutterstock

Figura 6.18 – A usinagem de peças metálicas é feita com o auxílio de um líquido refrigerante, que evita o aumento da temperatura causado pelo atrito da ferramenta com a peça.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO



- Explique por que a expressão “feche a porta para o frio não entrar” não corresponde ao conceito científico de transferência de calor.

6.4 Temperatura e energia interna de um sistema

O conceito de temperatura de um sistema pode ser explicado em termos do comportamento de seus átomos e moléculas por meio do modelo cinético-molecular, segundo o qual os materiais são constituídos por partículas e espaços vazios. Essas partículas são infinitamente pequenas e se movimentam continuamente nesses espaços.

Em todos os materiais constituídos por moléculas, íons ou átomos, a temperatura está relacionada com a energia associada aos movimentos dessas partículas. Nos gases e líquidos, as moléculas têm energia cinética devido aos movimentos de translação. Nesse caso, a temperatura está associada à energia cinética média de suas moléculas. No caso dos sólidos, os átomos e moléculas estão presos em suas posições de equilíbrio e só podem vibrar em torno dessas posições. Eles guardam então a energia que recebem, aumentando as amplitudes das vibrações atômicas, tanto na forma de energia cinética como na forma de energia potencial elástica. Portanto, podemos dizer que:

A **temperatura** expressa o grau de **agitação térmica** dos átomos e das moléculas de um corpo.

Quanto maior a temperatura, maior a agitação térmica desses átomos e moléculas.

A **figura 6.19** representa esquematicamente a relação entre o movimento das partículas de um corpo e sua temperatura.

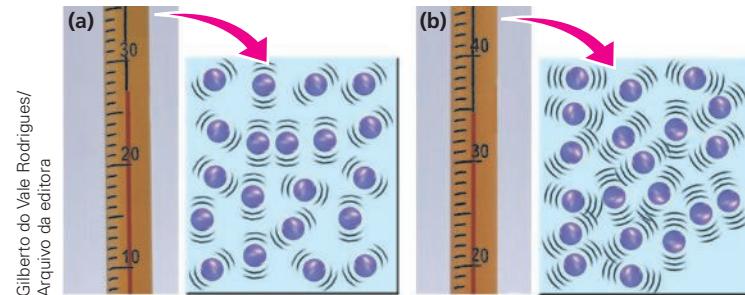


Figura 6.19 – A figura mostra duas representações para as moléculas de um corpo em diferentes temperaturas. Quando o termômetro marca a temperatura menor (a), as moléculas são representadas de forma a indicar uma menor agitação em comparação ao termômetro que marca a maior temperatura (b). Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Se relacionarmos o conceito de temperatura à energia média associada aos movimentos dos átomos e moléculas, qual é a diferença entre a energia de um sistema e sua temperatura? Para responder a essa pergunta, vamos considerar dois sistemas idênticos, com as mesmas temperaturas e energia, inicialmente separados um do outro. Quando colocamos os dois sistemas em contato, a temperatura permanecerá a mesma, mas a energia total será a soma das duas energias. A energia é, assim, uma grandeza aditiva, que depende do número de partículas, enquanto a temperatura não é aditiva: é apenas relacionada ao valor médio das energias cinética e potencial elástica das partículas.

ATIVIDADE 4

Propriedades térmicas dos materiais

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

INVESTIGAÇÃO

Além da condutividade térmica estudada anteriormente, os materiais apresentam outras propriedades relacionadas a fenômenos térmicos. Nesta atividade vamos investigar a alteração da temperatura de uma massa de água por certos materiais.

MATERIAL

Uma balança digital culinária (com precisão de 1 g), 4 peças de alumínio maciço de tamanhos diferentes, 10 pregos de ferro de 4 cm, 10 pregos de ferro de 2 cm, 3 chumbadas de pesca número 4 ou 5 (10 g a 20 g cada), um termômetro de laboratório ou termômetro digital tipo espeto, uma seringa de

10 mL, um pote de vidro de 400 mL (por exemplo, vaso de palmito), 3 pedaços de barbante de 40 cm, um bêquer de, no mínimo, 100 mL, sistema de aquecimento de água.



Figura 6.20 –
Itens necessários
para a realização
do experimento.





O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Com a balança, você vai selecionar três conjuntos de objetos de modo que cada um tenha 20 g de massa. O primeiro conjunto é composto das chumbadas de pesca; o segundo, de pregos de ferro; e o terceiro, de peças de alumínio. Certifique-se de que cada conjunto, independentemente da quantidade de objetos que o compõe, tenha massa de aproximadamente 20 g.
2. Cada um dos três conjuntos deve caber dentro do pote de vidro. No pote, coloque uma quantidade de água à temperatura ambiente suficiente para cobri-lo – aproximadamente 50 mL de água. Esse volume deve ser medido com a seringa. Anote o valor da temperatura ambiente da água.
3. Amarre cada conjunto com o barbante, deixando cerca de 20 cm de barbante livre.
4. Coloque o conjunto de peças de alumínio no bêquer com água de modo que fique totalmente

submerso, com a ponta do barbante para fora do recipiente. Utilize o sistema de aquecimento para ferver a água.

5. Pela ponta do barbante, retire as peças de alumínio amarradas da água fervente e leve-as rapidamente para dentro do pote de vidro com água. Agite a água balançando o vidro por cerca de 1 minuto. Meça a temperatura da água e registre-a.
6. Repita o procedimento dos itens 4 e 5 para os conjuntos de chumbo e de ferro. Certifique-se de utilizar sempre a mesma quantidade de água à temperatura ambiente no pote.
7. Por fim, ferva no bêquer 20 g de água. Adicione essa água ao pote, com água à temperatura ambiente. Depois de 1 minuto, meça e anote a temperatura final da água misturada. Reproduza o quadro 6.1 no caderno e complete-o com os resultados das suas medições.

Temperatura inicial da água no pote	Temperatura final da água no pote	Material introduzido no pote com a água
		alumínio
		chumbo
		ferro
		água

Quadro 6.1 – Registro dos resultados experimentais da atividade.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Por que a temperatura da água do pote se elevou com a inserção de um objeto aquecido?
2. Qual dos quatro materiais elevou mais a temperatura da água no pote: chumbo, ferro, alumínio ou água? Esse resultado experimental está de acordo com o que você imaginava?
3. Como você explica essa diferença?

6.5 Calor específico

Como cada tipo de material armazena a energia que recebe de outro mais quente? Qual é a relação entre a quantidade de energia que um sistema recebe na forma de calor Q e seu aumento de temperatura ΔT ?

Como você percebeu na Atividade 4, a quantidade de calor necessária para aquecer um objeto em 1 °C depende do material do qual ele é feito. A água, por exemplo, exige uma grande quantidade de calor para ser aquecida em 1 °C. Por outro lado, ela libera muito calor quando é resfriada em 1 °C. A quantidade de calor necessária para aquecer 1 kg de ferro em 1 °C é quase dez vezes menor do que a necessária para aquecer 1 kg de água.

A capacidade de armazenar energia térmica é uma propriedade específica de cada material e é dada por uma grandeza chamada **calor específico**, designada

por uma constante. O calor específico é uma propriedade do material, e não uma quantidade de calor. As unidades de medida comumente utilizadas para expressar o calor específico são cal/g · °C e J/kg · K, sendo esta última a empregada no Sistema Internacional de Unidades (SI).

A quantidade de calor necessária para aquecer um objeto é proporcional à variação de temperatura ΔT que se deseja produzir, à massa m do objeto e ao seu calor específico. Quanto maior for o calor específico do material, maior será a quantidade de calor necessária para aquecer uma massa m de uma quantidade ΔT . Essas conclusões são sintetizadas na equação a seguir:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$



em que Q é a quantidade de calor transferida, m é a massa do objeto, c é o calor específico e ΔT a variação de temperatura produzida.

O quadro 6.2 apresenta o calor específico de alguns materiais.

Calor específico	
Substância	c (cal/g · °C)
água a 20 °C	1,0
álcool	0,6
alumínio	0,21
ar	0,24
chumbo	0,031
cobre	0,091
ferro	0,11
gelo	0,5
mercúrio	0,03
ouro	0,032
prata	0,056
tijolo	0,2
vapor de água	0,48
vidro	0,2

GREF. Física 2:
Física térmica
e Óptica. São
Paulo: Editora da
Universidade de
São Paulo, 1998,
p. 46.

Quadro 6.2 –
Valor do calor
específico de
alguns materiais.

Como você deve ter notado na Atividade 4, entre os materiais utilizados, a água foi o que provocou maior variação de temperatura na água do pote, pois seu calor específico é mais elevado. Em seguida, foi o alumínio, depois o ferro e, por último, o chumbo.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO 

- Sabendo que 1 cal (uma caloria) é igual 4,18 J, determine quantas calorias são necessárias para elevar 1 g de água em 1 °C. Repare que a resposta para esta questão corresponde ao calor específico da água representado em unidades de J/(g · °C).
- Com base nos dados do quadro 6.2, calcule a quantidade de calor, em calorias, transferida para a água do pote da Atividade 4 para cada um dos materiais utilizados no experimento.

6.6 Calor latente de fusão e de vaporização

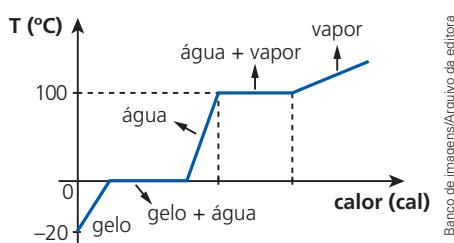
Como pudemos ver no quadro 6.2, o calor específico do gelo é 0,5 cal/(g · °C), ou seja, é necessária 0,5 cal de energia para aumentar a temperatura de 1 g de gelo em 1 °C. Assim, se tivermos 100 g de gelo a -10 °C, serão necessárias 500 cal para aquecê-lo até 0 °C. O que acontece se continuarmos a fornecer calor para o gelo?

A temperatura do gelo não aumenta, pois ele vai fundir e se transformar em água líquida. Nesse processo de fusão, a energia não vai aumentar a agitação térmica das moléculas. O calor recebido será usado para quebrar algumas interações entre as moléculas de água do gelo, permitindo que elas possam se mover umas sobre as outras. Somente após a fusão total do gelo, o calor fornecido será utilizado para aquecer a água.

Fica então a pergunta: qual é a quantidade de calor necessária para fundir o gelo? Essa quantidade depende

da massa do gelo e também de uma propriedade específica de cada material, chamada **calor latente de fusão**.

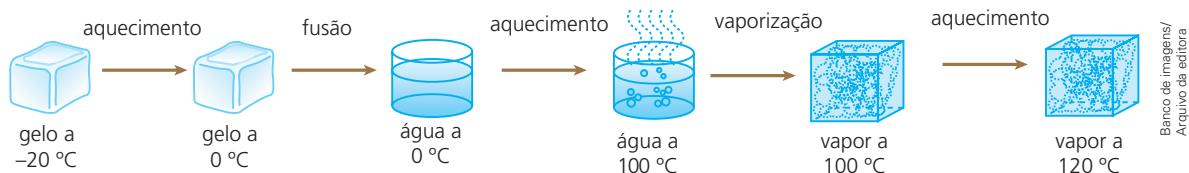
No caso do gelo é necessário fornecer 80 cal para fundir 1 g. O gráfico da figura 6.21 representa as mudanças de temperatura de uma quantidade de gelo inicialmente a -20 °C que, aquecida, se transforma em água líquida e depois em vapor de água.



Banco de Imagens/Arquivo da editora

Figura 6.21 – Curva de aquecimento de uma massa de gelo inicialmente a -20 °C.

Após a fusão, a temperatura da água aumenta em 1 °C se for fornecida 1 cal para cada 1 g. Quando a água atingir 100 °C (ao nível do mar), as moléculas precisarão de energia para escapar do líquido na forma de vapor. Assim, até que toda a água se transforme em vapor, o calor cedido não vai aumentar a temperatura da mistura. Novamente o calor fornecido será usado para quebrar ligações entre as moléculas. A figura 6.22 representa o resultado do aquecimento da massa inicial de gelo, conforme descrito.



Banco de imagens/
Arquivo da editora

Figura 6.22 – Mudanças de estado físico da massa de gelo ao receber calor de fonte externa. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

A quantidade de calor necessária para vaporizar 1 g de água é dada por seu **calor latente de vaporização**. Cada tipo de material tem o próprio calor latente de fusão e de vaporização, que corresponde à quantidade de energia necessária para fundir e vaporizar, respectivamente, 1 g desse material. O quadro 6.3 mostra os valores do calor latente de fusão e de vaporização de alguns materiais.

Material	Calor latente de fusão (cal/g)	Calor latente de vaporização (cal/g)
água	80	540
álcool	25	204
chumbo	6	209
cobre	49	1 288
enxofre	119	78
ferro	64	1 508
mercúrio	2,4	70
oxigênio	3,3	51
prata	21	559

Elaborado com base em: INSTITUTO DE FÍSICA/UFRGS. CREF. Tabelas. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/amees/tabela.html>. Acesso em: 28 maio 2020.

Quadro 6.3 – Valores do calor latente de fusão e de vaporização de alguns materiais.

6.7 Formas de propagação do calor

Vimos que calor é a energia térmica que flui de um corpo para outro quando existe uma diferença de temperatura entre eles. O calor pode ser transferido de três formas: por condução, por convecção e por radiação. Vamos analisar como ocorre a condução de calor na Atividade 5.

ATIVIDADE 5

Condução de calor em metais

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR!

INVESTIGAÇÃO



Quando você está sem sapatos e pisa em um chão de cerâmica, tem uma sensação térmica diferente da que tem ao pisar em um tapete de lã ou em um piso de madeira. O mesmo ocorre quando você segura o cabo metálico de uma panela e o cabo de madeira de outra.

Vamos estudar a propriedade dos materiais sólidos que produzem essas sensações e investigar como o calor se propaga nos líquidos e nos gases. Para iniciar

esse estudo, nesta atividade observaremos como o calor se propaga nos metais.

MATERIAL

Uma barra de metal de 30 cm de comprimento (preferencialmente, uma régua metálica), uma vela, um alicate, dois arames de metais diferentes (por exemplo, ferro e cobre) de mesma espessura e 50 cm de comprimento.





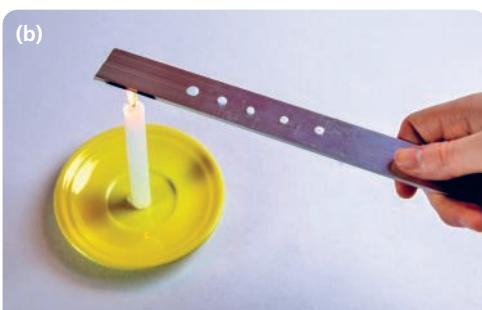
O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Acendam a vela e usem-na para produzir pingos de parafina sobre a barra metálica distanciados 2 cm uns dos outros, como na **figura 6.23a**. Segurem uma das extremidades da barra inclinando-a um pouco e levem a outra extremidade sobre a chama da vela (**figura 6.23b**).



Dotta2/Arquivo da editora



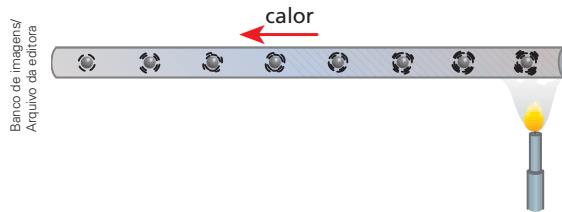
Dotta2/Arquivo da editora

Figura 6.23 – a) Pingos de parafina distanciados 2 cm um do outro. b) Barra metálica submetida à fonte de calor.

Condução

A transmissão de calor por condução ocorre nos sólidos quando dois objetos com temperaturas diferentes estão em contato.

O modelo cinético-molecular pode ser usado para explicar a transmissão de calor por condução térmica. Na Atividade 5, colocar a ponta da barra metálica na chama da vela fez aumentar a agitação térmica; portanto, a energia cinética e a energia potencial de vibração dos átomos da superfície do metal em contato com a fonte também aumentaram, como representado na **figura 6.25**.



Banco de imagens/
Arquivo da editora

- Notem a ordem em que os pingos caem. Observem a velocidade com que isso ocorre.
- Enrolem dois arames de metais diferentes, como mostra a **figura 6.24** derretendo cera ou parafina nas extremidades dos arames. Depois, coloquem-nos sob a chama da vela. Segurem a outra extremidade do arame com o alicate.



Dotta2/Arquivo da editora

Figura 6.24 – Arranjo experimental para investigar a condução térmica de dois materiais diferentes.

- Observem em qual fio a cera derrete mais rapidamente. Registrem no caderno sua observação.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

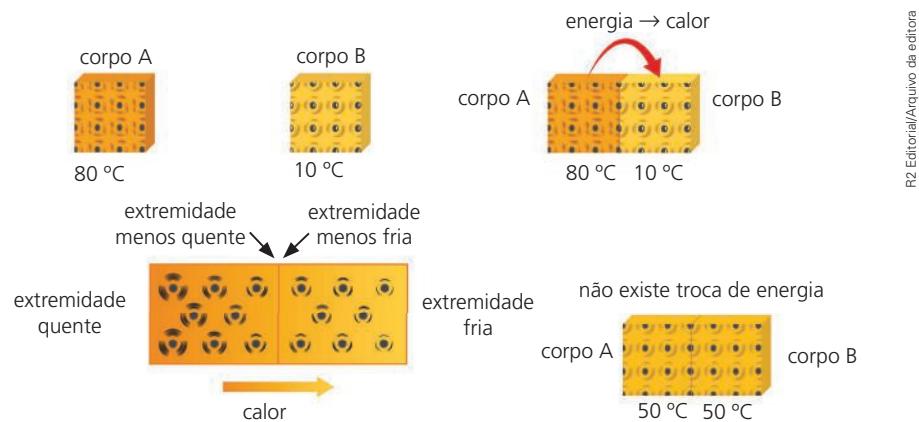
- No passo 2, qual é a ordem em que os pingos de parafina caíram? Você notaram diferenças nos intervalos de tempo gastos pelos primeiros para caírem em comparação aos últimos?
- No passo 3, qual dos materiais que vocês utilizaram derreteu primeiro a parafina? O que vocês podem concluir a respeito?

Por meio do movimento de vibração dos átomos na rede cristalina do metal, parte da energia cinética dos átomos da região aquecida é transferida para os átomos da região vizinha, e assim sucessivamente, até atingir todos os átomos de toda a barra. Por isso as gotas de parafina foram derretendo gradativamente da extremidade da barra até a mão da pessoa que a segurava.

Nesse processo, o calor é transmitido de átomo para átomo sem que eles sofram deslocamentos em todo o metal. Em outras palavras, a energia é transferida sem que haja transporte de matéria. De forma semelhante, uma panela transmite o calor para os alimentos em seu interior.



A figura 6.26 é a representação de dois sólidos A e B com temperaturas diferentes salientando as vibrações moleculares de cada um; o sólido A apresenta maior agitação molecular. Ao serem colocados em contato, passa a ocorrer uma transferência de calor do sólido quente para o sólido frio até que atinjam o equilíbrio térmico e não exista mais troca de energia térmica entre eles.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Figura 6.26 – Representações para as moléculas de dois cubos sólidos em diferentes temperaturas. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Já estudamos o calor específico dos materiais, que é a propriedade de cada material de armazenar energia térmica. A capacidade de conduzir calor é dada por outra propriedade de cada material, a **condutividade térmica**. O quadro 6.4 apresenta os valores de condutividade térmica de alguns materiais.

Material	Condutividade térmica (J/s · m · K)
água (a 20 °C)	0,6
alumínio	205,0
ar	0,024
cobre	385,0
concreto	0,8
ferro	79,5
gelo	1,6
madeira	0,12-0,04
mercúrio	8,3
prata	406,0
tijolo vermelho	0,6
vidro	0,8

Elaborado com base em: HYPERPHYSICS. Thermal Conductivity. Disponível em: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Tables/thrcn.html>. Acesso em: 28 maio 2020.

Quadro 6.4 – Valores de condutividade térmica para alguns materiais.

Na Atividade 5, os dois arames de cobre e de ferro mostraram que a condução do calor nos dois metais ocorreu de forma diferente. Com maior condutividade térmica (quadro 6.4), o cobre fez a cera derreter mais rapidamente que o ferro.

Conhecer a condutividade térmica dos materiais é fundamental para a realização de diversas atividades humanas. O desenvolvimento de novos materiais com alta condutividade térmica, como o grafeno, cuja condutividade pode chegar a 5 000 W/(m · K), possibilita a redução da energia dissipada em dispositivos eletrônicos. Já na construção civil, a condutividade térmica dos materiais empregados determina o conforto térmico das edificações. A maioria das habitações indígenas, como a da figura 6.27, por exemplo, é construída com madeira e argila, isolantes térmicos que garantem uma temperatura adequada no interior da construção.



Lucília Zavarce/Pulsar Imagens

Figura 6.27 – Habitação indígena na Aldeia Piuylaga, da etnia Wauja, na Terra Indígena Xingu, Gaúcha do Norte (MT), 2019.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO 

1. Estudamos duas propriedades térmicas apresentadas pelos materiais: o calor específico e a condutividade térmica. A partir dos quadros 6.2 e 6.4, compare o calor específico e a condutividade térmica da prata e da água. Essas duas propriedades podem ser relacionadas uma com a outra?
2. Que materiais do quadro 6.4 você utilizaria para a construção de moradias? Escolha três deles, justifique sua escolha com base nas propriedades térmicas dos materiais e pesquise as vantagens e desvantagens de utilizar esses materiais. Considere o impacto na produção e no descarte: os materiais que você escolheu são opções sustentáveis?

ATIVIDADE 6

Propagação do calor na água

INVESTIGAÇÃO

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR 

Ao aquecer água ou qualquer outro líquido na chama de um fogão em uma panela, como o calor transferido pelo fogo chega até a superfície superior da água? Nesta atividade, você vai entender melhor o processo de transferência de calor nos líquidos.

MATERIAL

Um tubo de ensaio de 15 cm, um prendedor de madeira para tubo de ensaio, um pouco de serragem fina de madeira, um sistema de aquecimento.

O QUE FAZER

1. Coloquem água no tubo de ensaio e um pouco de serragem. Aguardem até que a serragem desça até o fundo do tubo, como na figura 6.28a.
2. Segurem o tubo com o prendedor e aqueçam-no, como mostra a figura 6.28b. Observem o que ocorre com a serragem durante o aquecimento da água.

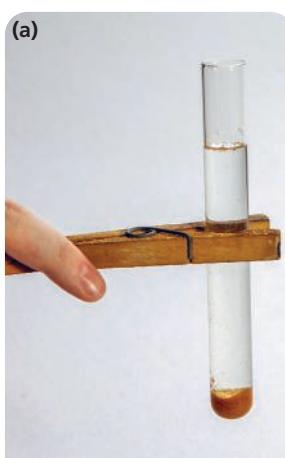


Figura 6.28 – a) Serragem assentada no fundo do tubo.
b) Tubo sobre sistema de aquecimento.

3. Agora aqueçam a água na parte superior do tubo inclinando-o, conforme a figura 6.29, até que ela ferva. Observem o que ocorre com a serragem.



Dotta2/Arquivo da editora

Figura 6.29 – Tubo inclinado sobre o sistema de aquecimento.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO 

1. Por que a serragem subiu na situação representada na figura 6.28b?
2. A temperatura na parte superior da água é a mesma da água no fundo do tubo de ensaio na situação representada na figura 6.28b?
3. Na situação representada na figura 6.29, o que ocorre com a serragem durante o aquecimento da água até ela ferver?
4. Elaborem hipóteses para explicar a diferença do comportamento da serragem na situação representada na figura 6.28b e na figura 6.29.

Convecção

A transmissão de calor por convecção ocorre nos fluidos (líquidos e gases) quando a parte inferior do fluido está mais quente do que a parte superior.

Quando a parte inferior está mais quente, as partículas que constituem o fluido se movem mais rapidamente, ficando mais separadas umas das outras. Por causa disso, essa parte do fluido se expande (dilata) e fica menos densa. Num fluido, as partes menos densas sobem e as partes mais densas descem. Quando misturamos óleo e água, por exemplo, o óleo, que é menos denso, sobe e a água, mais densa, desce.

Quando aquecemos água em um fogão, ocorre o fenômeno da convecção. A água da parte de baixo da panela fica quente, dilata e, como se torna menos densa, sobe. A água da parte de cima, que está mais fria e, portanto, mais densa, desce. Esse movimento, chamado **corrente de convecção**, pode ser observado ao misturar pequenas partículas na água (serragem), como na Atividade 6. A **figura 6.30** ilustra as correntes de convecção.

Assim, a convecção é um modo de transmissão de calor por meio do movimento das partes do fluido, em que a parte quente sobe e a parte fria desce. Na Atividade 6, ao aquecer a água da parte superior do tubo de ensaio, ela se mantinha mais quente e, portanto, menos densa. Com isso, a parte de baixo em que estava a serragem não recebia calor da água superior. Nesse caso, o calor poderia ser transportado para a porção inferior por condução; porém, como a água tem baixa condutividade térmica, isso não ocorreu.



Figura 6.30 –
Representação esquemática de correntes de convecção em líquido. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Por que nas geladeiras que contêm apenas uma porta as prateleiras são grades?

Nas geladeiras convencionais, com uma porta, o congelador é localizado na parte superior, onde as camadas de ar são resfriadas, pois cedem calor ao congelador por condução. Assim, o ar dessa região torna-se mais denso e dirige-se para a parte inferior da geladeira, enquanto as camadas de ar dessa parte se deslocam para cima. As prateleiras são grades para permitir a passagem das correntes de convecção dentro da geladeira. Essa circulação de ar, representada na **figura 6.31**, faz com que a temperatura seja, aproximadamente, a mesma em todos os pontos do interior da geladeira.

Atualmente, existem diversos tipos de refrigerador: com congelador *frost-free*, com congelador invertido, com sistema de resfriamento central, etc. Nesses casos, a manutenção da temperatura no interior do equipamento é realizada por outros processos.

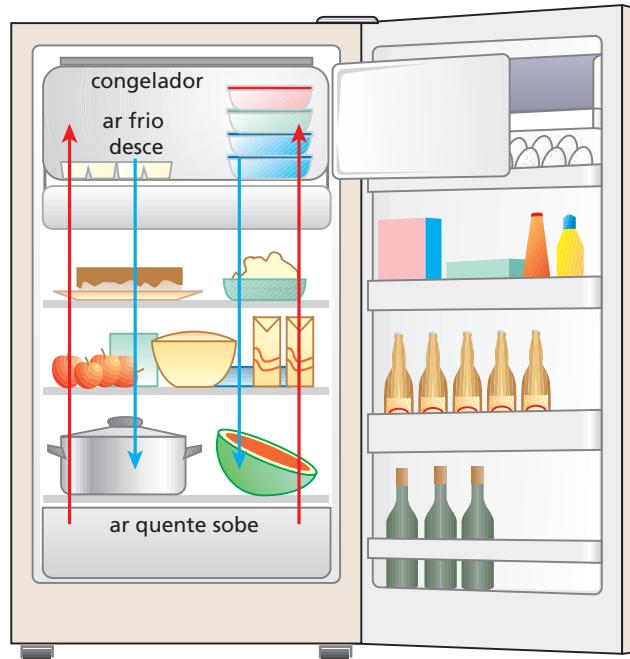


Figura 6.31 – Correntes de convecção no interior de um refrigerador convencional. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. A partir do que você estudou sobre as correntes de convecção, determine a posição ideal para a instalação de um aparelho de ar condicionado e de um aquecedor em um cômodo.
2. Sabendo que a areia da praia tem calor específico muito inferior ao da água, explique por que a brisa marinha sopra do mar para a praia durante o dia e da praia para o mar durante a noite.

ATIVIDADE 7

Radiação térmica

INVESTIGAÇÃO

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

Na propagação do calor por condução e por convecção, vimos que é necessária a existência de um meio material para que ela ocorra. Mas você já notou que, quando estamos expostos ao Sol, nossa pele sente uma elevação de temperatura? Essa elevação de temperatura é causada pelo recebimento de calor; porém, como o calor se propaga pelo vácuo, do Sol até nosso planeta? Nesta atividade, veremos uma forma de propagação do calor que nos ajuda a responder a essa questão.

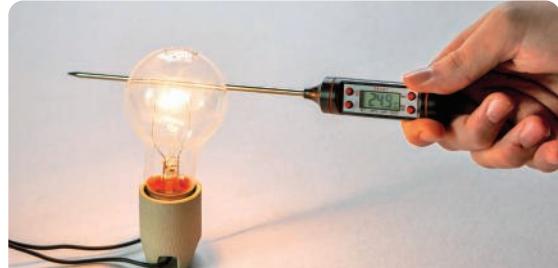
MATERIAL

Uma lâmpada halógena de filamento de 60 W ou 100 W, 1 boquilha, fios condutores, 1 termômetro.

O QUE FAZER

- Monte a lâmpada na boquilha e acenda-a. Aproxime vagarosamente um termômetro da lâmpada,

ao longo da linha preta indicada na **figura 6.32**. Observe a temperatura medida pelo termômetro.



Dotta2/Arquivo da editora

Figura 6.32 – Aparato experimental.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Como você explica as mudanças nos valores de temperatura lidos no termômetro?
- É possível que o calor esteja chegando ao termômetro por condução? E por convecção?

Radiação

Até aqui, estudamos a transmissão de calor por condução e por convecção. Ambos os processos ocorrem devido à movimentação de partículas do meio em que o calor se propaga. No caso da condução, o movimento corresponde à vibração das partículas e, no caso da convecção, ao deslocamento das massas de fluido. Ou seja, sempre é necessário um meio de propagação para que o calor seja transmitido por esses processos. Há, entretanto, um processo de transferência de calor, denominado radiação, que não depende de um meio material.

De fato, todos os corpos e objetos irradiam ondas eletromagnéticas. Objetos com temperaturas próximas da temperatura ambiente, como nosso corpo, emitem radiação na região do infravermelho, enquanto objetos com temperaturas acima de 1 000 °C também emitem radiação na região do visível (**figura 6.33**).

Dizemos que um objeto está em equilíbrio térmico com o ambiente se a quantidade de energia que ele irradia para o ambiente é igual à quantidade de energia que ele recebe do ambiente na forma de radiação eletromagnética.

Na Atividade 7, a lâmpada acesa emitia radiação luminosa e térmica em todas as direções e o termômetro posicionado na linha horizontal acusava uma elevação de temperatura quando ele se aproximava da lâmpada. A transferência de calor nesse caso ocorreu por radiação térmica, e não por convecção ou condução. A convecção faz com que o ar aquecido em torno da lâmpada se move para cima, de modo que ele não chegaria ao termômetro. O movimento do ar para cima impediria também a transferência de calor por condução. Se você inverter verticalmente a lâmpada e colocar o termômetro abaixo dela, verá também uma elevação de temperatura devido à radiação.



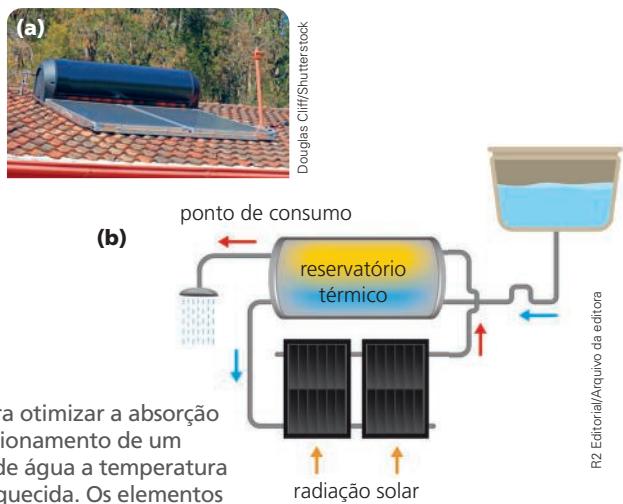
Alexander Pogozhev/TASS/Getty Images

Figura 6.33 – Objetos muito quentes, como essas garrafas de vidro a temperatura acima de 1 000 °C, emitem radiação na região do espectro visível.



Corpos de cor escura absorvem mais radiação térmica do que corpos de cor clara. Os aquecedores solares de água, como os da figura 6.34a, usam painéis pretos para absorver a radiação solar. Nesses aquecedores, a água dentro da tubulação exposta ao Sol sobe até o reservatório por convecção e a água fria desce pelo outro lado da tubulação para ser aquecida na caixa, criando um fluxo contínuo de água. A tubulação usada dentro da caixa geralmente é de cobre, pois esse metal apresenta maior condutividade térmica e o calor é transferido por condução de forma mais rápida. A figura 6.34b representa o funcionamento de um aquecedor solar.

Figura 6.34 – a) Os painéis do coletor solar são pretos para otimizar a absorção da radiação solar. b) Representação esquemática do funcionamento de um coletor solar, em que as setas azuis representam o fluxo de água a temperatura ambiente e as vermelhas representam o fluxo de água aquecida. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.



R2 Editorial/Arquivo da editora

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

1. Com base no que você aprendeu sobre radiação, explique por que as vestimentas dos povos que habitam regiões desérticas quentes costumam ser de tons claros.
2. Descreva os processos de propagação de calor que ocorrem ao aquecer uma massa de água em um fogão elétrico, como o da figura 6.35.
3. Qual é a importância do efeito estufa para a manutenção da vida na Terra? Quais são os efeitos da intensificação do efeito estufa? Como as causas dessa intensificação podem ser mitigadas?

R2 Editorial/
Arquivo da editora



Figura 6.35 – Água sendo aquecida em panela sobre fogão elétrico. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

6.8 Dilatação térmica

Outro efeito da variação de temperatura em um material é a alteração de suas dimensões. No caso do líquido, seu volume aumenta quando ele é aquecido, como ocorre em um termômetro de laboratório. Os metais se dilatam quando aquecidos. Mas há também alguns materiais que se contraem quando são aquecidos, como alguns plásticos e o couro.

Dizemos que alguns materiais têm expansão positiva (se expandem quando aquecidos) e outros têm expansão negativa (se contraem quando aquecidos). A água, por exemplo, tem o coeficiente de expansão térmica negativo entre 0 °C e 4 °C, ou seja, seu volume diminui nesse intervalo de temperatura, sendo o mínimo a 4 °C. A partir de 4 °C, o coeficiente de expansão térmica da água passa a ser positivo. Esse comportamento anômalo da água é o que possibilita a manutenção da vida marinha em lagos congelados, como o da figura 6.36.

Essa propriedade dos materiais é caracterizada por uma constante denominada **coeficiente de dilatação linear**. Ela nos permite saber qual será a variação do comprimento de um objeto se sua temperatura for alterada em 1 °C.

Se tivermos uma barra de comprimento L_0 , como a da figura 6.37, o aumento de seu comprimento ΔL devido a uma variação de temperatura ΔT pode ser escrito como:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

em que α é o coeficiente de dilatação linear do material do qual a barra é feita.



Peter Vladičanov/Alamy/Fotoarena

Figura 6.36 – Durante o resfriamento, a água da superfície do lago, ao atingir 4 °C, vai para o fundo. Isso ocorre até que toda a água do lago esteja a 4 °C. A partir desse ponto, o resfriamento faz com que uma camada de gelo se forme e, sendo o gelo um bom isolante térmico, a água abaixo dessa camada se mantém a 4 °C.

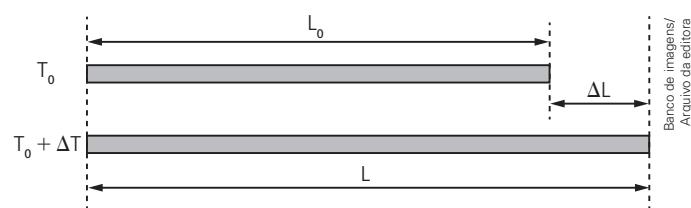


Figura 6.37 – Expansão térmica de uma barra.

O quadro 6.5 apresenta os valores do coeficiente de expansão térmica para alguns materiais.

Material	Coeficiente de dilatação linear ($10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)
água a 20°C	7,0
alumínio	17,85
cobre	16,8
ferro	11,4
gelo	51,0
madeira	3,0
mercúrio	61
prata	18,9
vidro	9,0

Elaborado com base em: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). *Leituras de Física. Física Térmica: para ler, fazer e pensar*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 1998. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo1.pdf>. Acesso em: 30 maio 2020.

Quadro 6.5 – Valores do coeficiente de dilatação linear para alguns materiais.

No caso de um líquido com volume V_0 , o aumento de seu volume ΔV devido a uma variação de temperatura ΔT pode ser escrito como:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

em que γ é o coeficiente de dilatação volumétrico do material, que é aproximadamente três vezes maior do que o coeficiente de dilatação linear, ou seja, $\gamma = 3 \cdot \alpha$.

A dilatação térmica deve ser considerada na construção de estruturas como pontes, prédios, entre outras. Para acomodar a dilatação térmica de seus componentes, algumas pontes são construídas com juntas de dilatação.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO 

1. Ao colocar água em garrafas de vidro no congelador, é recomendável não enchê-las completamente. Justifique essa recomendação.
2. Todos os materiais se expandem quando são aquecidos?
3. Descreva uma situação na qual a dilatação térmica é relevante.

(EXERCÍCIOS)

NÃO ESCREVA NO LIVRO 

1. Considere a situação em que você põe a mão dentro de um forno quente para retirar uma fôrma de bolo de alumínio e queima os dedos ao tocar na fôrma. Explique por que o ar de dentro do forno, que está à mesma temperatura da fôrma, não queima a sua mão.
2. Explique por que os dedos de uma pessoa aderem à fôrma de gelo de metal quando ela a retira do congelador.
3. Considere que um anel de ouro, à temperatura do corpo (37°C), foi jogado em um copo com $20,0\text{ g}$

de água a 10°C . Após certo tempo, mede-se a temperatura do sistema e se obtém 11°C . Qual é a massa do anel? Dados: o calor específico do ouro é $0,032\text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ e o da água, $1\text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$.

4. Considere que uma peça de ferro, de massa 25 g e à temperatura de $14,9^\circ\text{C}$, tenha sido colocada em contato com uma peça de ouro de massa 35 g à temperatura de $64,1^\circ\text{C}$. Admitindo que o sistema não perde calor, qual será a temperatura final? Dados: o calor específico do ouro é $0,032\text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ e o do ferro, $0,11\text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$.

PARA SABER +

- Para aprofundar seus conhecimentos sobre o funcionamento dos termômetros de rua, sugerimos a matéria “Tensão elétrica indica a temperatura nas ruas”. Disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/tensao-eletrica-indica-a-temperatura-nas-ruas/>. Acesso em: 30 ago. 2020.

CAPÍTULO 7

Competências gerais: 1, 2, 5 e 9 Competências específicas: 1 e 3

Habilidades: (EM13CNT102), (EM13CNT301), (EM13CNT302) e
(EM13CNT307)

Leis da Termodinâmica e máquinas térmicas

No capítulo anterior, vimos que os fenômenos térmicos estão presentes no nosso cotidiano. Esses fenômenos foram investigados e utilizados pela humanidade para construir máquinas que auxiliam na realização de tarefas. Em usinas termelétricas, como a da [figura 7.1](#), o calor é utilizado para vaporizar água, que movimenta as turbinas do gerador elétrico. Nessas instalações, a energia térmica é transformada em energia mecânica, que, por sua vez, é transformada em energia elétrica.



Delfim Martins/Pulsar Imagens

Figura 7.1 – Usina termelétrica que utiliza bagaço da cana-de-açúcar como combustível. Usina Santa Adélia, I Jaboticabal, SP, 2018.

Neste capítulo, vamos debater o conceito científico da expressão "trabalho" e verificar que podemos fornecer energia a um sistema realizando trabalho sobre ele. Veremos que a energia interna de um sistema pode ser alterada pela transferência de calor ou pela realização do trabalho. Além disso, vamos conhecer as máquinas térmicas, que são dispositivos que transformam calor em trabalho. Finalmente, vamos estudar de que forma o conceito de entropia se relaciona à eficiência das máquinas térmicas e à irreversibilidade de processos termodinâmicos.

ATIVIDADE 1

Aquecimento da água sem fonte de calor

INVESTIGAÇÃO

O físico britânico James P. Joule (1818-1899) estudou a natureza do calor e descobriu sua relação com o trabalho mecânico. Nesta atividade vamos realizar um experimento semelhante ao proposto por Joule para demonstrar essa relação.

MATERIAL

Um recipiente de vidro de 500 mL (por exemplo, um pote de maionese com tampa de plástico), uma haste de madeira (por exemplo, um palito de churrasco), um palito de sorvete de madeira, barbante, cola branca, um pedaço de madeira que caiba no fundo do pote de vidro, um termômetro com precisão de 0,1 °C para valores de temperatura próximos à temperatura ambiente.



Figura 7.2 – Elementos necessários para a realização do aparato experimental.

O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO 

1. Corte o palito de sorvete em duas partes e fixe-as na haste de madeira, amarrando com barbante ou colando (figura 7.2). Certifique-se de que o conjunto formado pela haste e pelas partes do palito está firme.
2. Faça um furo no pedaço de madeira e na tampa do pote. O diâmetro dos furos deve ser um pouco maior que o da haste.
3. Coloque o pedaço de madeira no fundo do recipiente e encaixe a ponta da haste nele. Adicione cerca de 300 mL de água, meça a temperatura da água e registre-a. Passe a haste pela tampa e enrosque-a no vidro.

4. Gire a haste colocada entre suas mãos, esfregando-as para a frente e para trás durante 10 minutos (figura 7.3). Para não se cansar, reveze com os colegas. Ao final dos 10 minutos, retire a tampa, meça novamente a temperatura da água e registre o resultado.



Figura 7.3 – Gire a haste para agitar a água no interior do pote.

5. **Aparato experimental alternativo:** se for possível, você pode realizar a agitação da água com um liquidificador. Coloque a mesma quantidade de água (300 mL) no copo do liquidificador. Meça e registre a temperatura inicial do líquido. Conecte o equipamento à rede elétrica e acione-o por um minuto. Ao final, desligue-o da tomada, meça e registre a temperatura do líquido.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO 

1. Você observou alguma mudança entre as temperaturas inicial e final da água? Em caso afirmativo, o que ocorreu? Compartilhe com a turma e verifique se há concordância nas observações.
2. Elabore hipóteses para explicar os resultados experimentais obtidos. Represente em um esquema as transformações de energia que ocorreram durante a realização do experimento.

7.1 Trabalho, energia interna e calor

Na atividade anterior, foi possível identificar que a temperatura do sistema aumentou sem a necessidade de uma fonte de calor externa, ou seja, a energia interna das moléculas de água aumentou em consequência da agitação à qual o líquido foi submetido.

A transformação da energia mecânica (movimento da haste) em energia térmica (aumento da agitação das moléculas de água) foi comprovada por Joule em um experimento com um aparato semelhante ao da **figura 7.4**. O experimento consistia em medir a variação de temperatura da água em um calorímetro (recipiente isolado termicamente) decorrente da rotação das pás movidas pela queda de pesos. Com isso, Joule pôde estabelecer a relação entre o trabalho realizado pelo peso (a queda das massas) para mover as pás e o aumento da energia interna da água (indicada pela variação de temperatura).

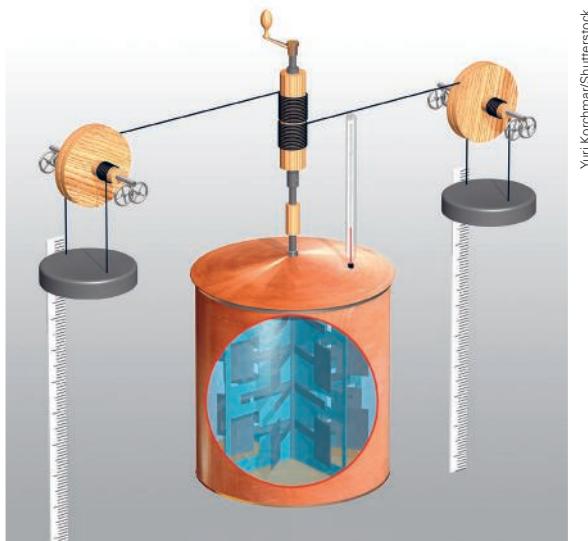


Figura 7.4 – Aparato utilizado por Joule em seu experimento sobre o equivalente mecânico do calor. Ao caírem por causa da força peso, as massas giravam a haste acoplada ao calorímetro, fazendo com que as pás agitassem a água, resultando no aumento de temperatura do líquido. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

A seguir, vamos estudar as grandezas necessárias para a descrição das transformações termodinâmicas em sistemas físicos. São elas: o trabalho, a energia interna e o calor.

Trabalho

Assim como o termo **calor**, que, embora tenha diferentes significados no nosso dia a dia, apresenta uma definição científica precisa, o termo **trabalho**, apesar

de seus diversos significados na linguagem coloquial, também representa um conceito científico preciso.

No estudo sobre o calor, vimos que ele não é propriedade de um sistema, e sim a transferência de energia térmica de um corpo para outro decorrente da diferença de temperatura entre eles – o calor flui espontaneamente do corpo quente para o corpo frio. Da mesma maneira, o trabalho corresponde à transferência de energia mecânica decorrente da ação de uma força que causa o deslocamento de um corpo, como no exemplo da **figura 7.5**.



Figura 7.5 – Ao aplicarmos força para mover as malas, realizamos trabalho. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Para determinar o trabalho realizado por uma força, além de saber o valor da força e do deslocamento, precisamos saber qual é o ângulo entre o sentido da força e o sentido do deslocamento, uma vez que ambos são grandezas vetoriais, com módulo e sentido. A expressão para o trabalho, designado pela letra W , pode ser escrita como:

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

em que θ corresponde ao ângulo entre a força e o deslocamento.

O símbolo F na expressão acima representa apenas o módulo da força, assim como d representa o módulo do deslocamento. Repare que o trabalho é igual a zero se a força aplicada for perpendicular ao deslocamento ($\cos 90^\circ = 0$). Por outro lado, em situações nas quais a força atua no mesmo sentido do deslocamento, o ângulo θ é igual a zero, $\cos \theta = 1$, e o trabalho é apenas dado por:

$$W = F \cdot d$$

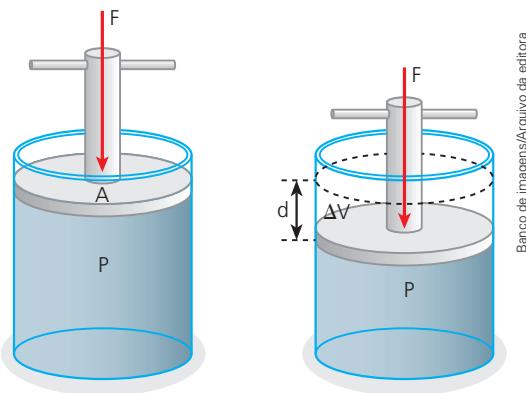
A força e o deslocamento são grandezas vetoriais, isto é, são caracterizadas por módulo (número e unidade de medida), direção e sentido. No nosso estudo sobre o trabalho, vamos nos referir ao módulo dessas grandezas.

Ao pegarmos um livro que caiu no chão e colocá-lo sobre uma mesa, por exemplo, realizamos trabalho. O trabalho corresponde à energia necessária para colocar o livro sobre a mesa.

Para mover o êmbolo de uma seringa de uma distância d , como o da [figura 7.6](#), precisamos aplicar uma força que seja, no mínimo, a força que o ar dentro da seringa exerce sobre o êmbolo. Essa força F é dada por:

$$F = P \cdot A$$

em que P é a pressão do ar no interior da seringa e A é a área da seção reta do êmbolo.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Figura 7.6 – Força aplicada para mover o êmbolo de uma seringa. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Quando a pressão é constante, o trabalho realizado ao empurrar o êmbolo é dado por:

$$W = P \cdot A \cdot d$$

em que d é o deslocamento do êmbolo. Repare que o produto da área A da seção reta pelo deslocamento d corresponde à variação de volume ΔV que ocorre na compressão. Assim, podemos escrever que o trabalho na compressão, à pressão constante, é dado por:

$$W = P \cdot \Delta V$$

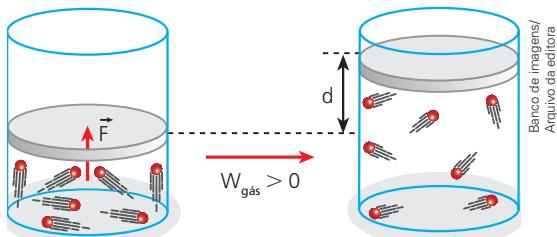
A expressão para o trabalho em processos nos quais a pressão varia durante a compressão requer um tratamento matemático mais complexo e, por isso, não será trabalhada neste capítulo.

O sinal do trabalho

Com base nos exemplos anteriores, é possível identificar que o trabalho é a transferência de energia de um sistema para outro. Para definir o sinal do trabalho – positivo ou negativo – considere a situação na qual você aperta o êmbolo de uma seringa fechada.

Do seu ponto de vista, o trabalho é positivo, pois a força aplicada e o deslocamento têm o mesmo sentido. No entanto, adotando-se como referencial as par-

tículas do ar no interior da seringa, o trabalho foi negativo, pois o sentido do deslocamento do êmbolo é contrário ao sentido da força aplicada pelas partículas do gás no interior da seringa sobre o êmbolo. Sob essa perspectiva, o trabalho seria positivo se o ar da seringa empurrasse o êmbolo, como pode ser observado na [figura 7.7](#).



Banco de imagens/Arquivo da editora

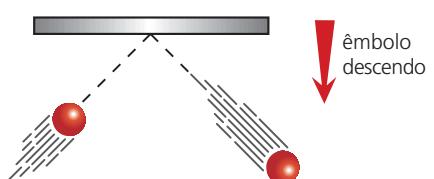
Figura 7.7 – O trabalho realizado pelo gás na expansão é positivo, pois a força aplicada pelas partículas do gás e o deslocamento do êmbolo ocorrem no mesmo sentido. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Portanto, a escolha do sinal atribuído ao trabalho depende do sistema físico adotado como referencial. Podemos considerar o trabalho exercido sobre o sistema, escrito como W_s , que é positivo no caso da compressão de um gás. No entanto, podemos também considerar o trabalho exercido pelo sistema, escrito como W_p , que é negativo no caso de uma compressão. Temos então que $W_s = -W_p$. Se usarmos apenas a letra W , precisamos definir se estamos considerando o trabalho exercido sobre o sistema ou o trabalho exercido pelo sistema.

Energia interna e calor

A energia interna de um sistema corresponde à soma das diversas formas de energia apresentadas por ele, como energia cinética de translação, de rotação e de vibração das moléculas, energia potencial de agregação dos átomos, etc.

Ao empurrar o êmbolo de uma seringa fechada, as partículas têm um aumento de velocidade ([veja a figura 7.8](#)) e, consequentemente, de temperatura. Dessa maneira, aumenta-se a energia interna do ar de ΔU .



Banco de imagens/Arquivo da editora

Figura 7.8 – Enquanto o êmbolo desce, ele exerce um trabalho mecânico sobre as partículas, resultando no aumento da energia interna das partículas, $\Delta U > 0$. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Vamos considerar inicialmente que não há transferência de calor entre a seringa e o ambiente. Se considerarmos que o trabalho exercido sobre o sistema foi positivo, podemos escrever que $\Delta U = W_s$, em que o índice s designa o trabalho realizado sobre o sistema. No entanto, se considerarmos que o trabalho positivo foi aquele realizado pelo sistema, o trabalho na compressão será negativo e, assim, $\Delta U = -W_p$, em que o índice p designa o trabalho feito pelo sistema.

Da mesma maneira, ao fornecer calor (Q) ao sistema, aumenta-se a sua energia interna (ΔU), pois aumenta-se a energia de agitação térmica das partículas que constituem o gás (figura 7.9). Atribui-se valor positivo ao calor Q fornecido ao sistema e valor negativo a Q se o calor for fornecido pelo sistema para a vizinhança.

A primeira lei da Termodinâmica

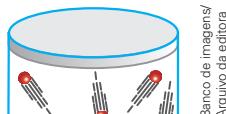
Vimos na seção anterior que podemos variar a energia interna de um sistema por meio da transferência de calor e da realização de trabalho. É possível aumentar a energia interna de um sistema fornecendo-lhe calor e realizando um trabalho sobre ele (W_s). Podemos escrever a expressão a seguir:

$$\Delta U = Q + W_s$$

Se estivermos considerando o trabalho realizado pelo sistema ($W_p = -W_s$), a expressão anterior ficará assim:

$$\Delta U = Q - W_p$$

As expressões anteriores sintetizam a **primeira lei da Termodinâmica**, que pode ser entendida como a lei da conservação de energia para transformações termodinâmicas.



Banco de imagens/
Arquivo da editora

fonte de calor

Figura 7.9 – A energia ΔU do sistema aumenta ao receber calor Q de uma fonte externa. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO



1. Considere as seguintes situações:

- a) Durante a mudança, uma pessoa empurra um guarda-roupa, mas não consegue movê-lo.
- b) Uma jogadora de futebol chuta a bola e faz um gol.
- c) A cada 27,3 dias, a Lua completa uma volta ao redor da Terra em razão da força gravitacional que o planeta exerce sobre ela.

Analise as situações e indique se há a realização de trabalho em cada uma delas. Justifique a sua resposta.

2. Determine o trabalho necessário para colocar um livro de 1 kg sobre uma mesa com medida de altura de 0,7 m. (Considere a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$.)
3. Considerando uma seringa que contém determinado gás, utilize a primeira lei da Termodinâmica para descrever duas maneiras de aumentar a energia interna desse gás.

ATIVIDADE 2

Relação entre pressão, volume e temperatura de um gás

**REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR**

INVESTIGAÇÃO

Tenha cuidado ao manipular sistemas de aquecimento, pois há o risco de queimaduras.

Os gases em um ambiente fechado podem ser caracterizados por algumas grandezas macroscópicas chamadas de variáveis termodinâmicas, entre elas, a pressão, o volume e a temperatura.

Nesta atividade, vamos investigar a relação entre essas grandezas nas transformações gasosas.

MATERIAL

Uma seringa sem agulha (de qualquer volume), uma garrafa de vidro, um balão e um sistema de aquecimento.



O QUE FAZER

1. Tampe a seringa e comprima o ar no interior dela pressionando o êmbolo. Compare o volume e a pressão, antes e depois de pressionar o êmbolo.
2. Coloque um balão cheio de ar na boca de uma garrafa. Aqueça o ar da garrafa e verifique o que acontece com o volume do ar do balão.
3. Quando fechamos uma panela de pressão e ligamos a chama do fogão, o que acontece com a pressão do ar no interior da panela quando a temperatura aumenta?

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Para estabelecer a relação entre grandezas, é comum utilizar os termos grandezas diretamente proporcionais (que mudam na mesma proporção, por exemplo, quando uma aumenta, a outra também aumenta) e grandezas inversamente proporcionais (que mudam na proporção inversa, por exemplo, quando uma aumenta, a outra reduz). Responda às perguntas a seguir.

1. Com base na investigação com a seringa, pode-se concluir que a pressão e o volume são grandezas diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais?
2. Considerando a investigação com o balão, pode-se concluir que a temperatura e o volume são grandezas diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais?
3. Sobre o funcionamento da panela de pressão, pode-se concluir que a temperatura e a pressão são grandezas diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais?

Figura 7.10 – Utilize uma seringa sem agulha.



prapann/Shutterstock

ATIVIDADE 3

Gás ideal

INVESTIGAÇÃO

Nesta atividade, vamos investigar as propriedades dos gases.

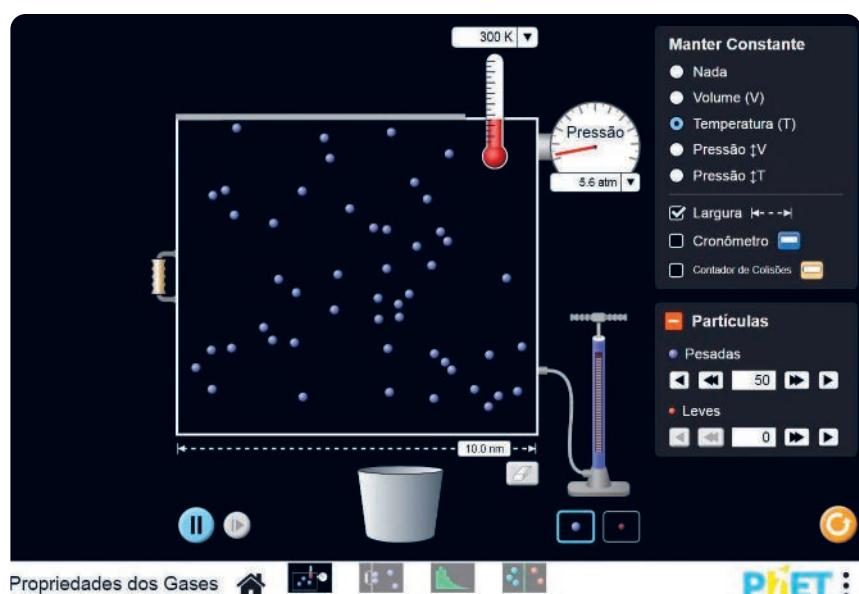
MATERIAL

Simulação “Propriedades dos gases”, disponível no site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gas-properties (acesso em: 16 jun. 2020).

O QUE FAZER

1. Selecione a opção “Ideal” para chegar à tela da figura 7.11.

NÃO ESCREVA NO LIVRO



Reprodução: <https://phet.colorado.edu>

Figura 7.11 – Tela do simulador.

Propriedades dos Gases



Ideal



Explorar



Energia



Difusão

PHET





2. Marque as opções “Volume (V)” e “Largura”. Na parte inferior da tela, aparecerá uma escala em nanômetro (nm). Usando o mouse, você deve suspender e abaixar a alça da bomba para lançar, dentro do reservatório quadrado, 50 partículas na cor lilás. Acione o (+) na cor verde para verificar o número de partículas. O termômetro acusará a temperatura de 300 K (Kelvin) e a pressão no barômetro ficará oscilando entre 5,4 e 6,2 atm (atmosferas), cuja média será 5,8 atm. Isso acontece porque a pressão medida pelo barômetro está relacionada ao número de colisões das partículas com as paredes do recipiente, e esse número oscila porque elas se movem aleatoriamente.
3. Marque então a opção “Temperatura”, e ela será mantida constante pelo programa. Automaticamente aparecerá um puxador ao lado esquerdo da caixa para que você possa mudar o volume do recipiente. Nessa simulação, estudaremos a transformação isotérmica verificando a relação entre a pressão e o volume de um gás ideal. Construa, no caderno, uma tabela com 4 valores de volume e os 4 valores correspondentes de pressão. Verifique se há alguma relação matemática entre cada par de valores que se mantém constante. Tente, por exemplo, $P + V$, depois $V - P$, V/P e $P \cdot V$.
4. Marque agora a opção “Pressão (V)”, que então será mantida constante. Nesta simulação você estudará a transformação isobárica, isto é, a relação entre o volume e a temperatura. Para mudar a temperatura você acionará um retângulo azul-claro colocado sobre um balde abaixo do recipiente em que o gás se encontra: para cima aparece uma chama fazendo o gás se aquecer e para baixo aparecem cubos de gelo fazendo o gás se esfriar. Repare que, quando a chama é acionada, o volume do recipiente cresce; quando o gelo surge, o volume diminui.
5. Se você marcar a outra opção – “Pressão (T)” –, o volume é que será alterado por meio de um puxador e será medida, então, a temperatura

correspondente. Construa, no caderno, uma tabela com 4 valores de temperatura e os 4 valores correspondentes de volume. Verifique se há alguma relação matemática entre cada par de valores que se mantém constante. Tente, por exemplo, $T + V$, depois $V - T$, V/T e $T \cdot V$.

6. Marque agora a opção “Volume (V)”, que então será mantido constante. Nesta simulação você estudará a transformação isovolumétrica, isto é, a relação entre a pressão e a temperatura. Construa, no caderno, uma tabela com 4 valores de temperatura e os 4 valores correspondentes de pressão. Verifique se há alguma relação matemática entre cada par de valores que se mantém constante. Tente, por exemplo, $T + P$, depois $P - T$, P/T e $T \cdot P$.
7. Você também poderá pesquisar todas essas três transformações estudadas anteriormente colocando um gás com partículas mais leves. Para fazer isso, acione o círculo amarelo embaixo, à direita, para zerar o aparelho, que ficará sem gás. Clique então na bolinha alaranjada abaixo da bomba, que, quando for acionada, lançará na câmara partículas com massa menor. Verifique se alguma delas muda a relação entre as variáveis termodinâmicas: volume, temperatura e pressão.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Na transformação isotérmica, qual relação matemática ficou constante quando variaram a pressão e o volume?
2. Na transformação isobárica, qual relação matemática ficou constante quando variaram a temperatura e o volume?
3. Na transformação isovolumétrica, qual relação matemática ficou constante quando variaram a pressão e a temperatura?
4. Nas três transformações que você pesquisou, houve alguma alteração nas relações entre P , T e V ao inserir no recipiente partículas mais leves?

7.2 Gás ideal

As reflexões da Atividade 3 permitem concluir que a pressão de um gás é inversamente proporcional ao seu volume e diretamente proporcional à sua temperatura.

Em 1662, Robert Boyle (1627-1691) estudou o comportamento de um gás a temperatura constante e observou que o produto entre a pressão (P) e o volume (V) era constante, ou seja:

$$P \cdot V = \text{constante}$$

Em 1787, Jacques Charles (1746-1823) estudou a variação do volume em relação à temperatura de um gás à pressão constante e observou que o volume era diretamente proporcional à temperatura, ou seja:

$$V = \text{constante} \cdot T$$

Em 1808, Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) demonstrou a relação de proporcionalidade direta entre a pressão e a temperatura de um gás a volume constante, ou seja:

$$P = \text{constante} \cdot T$$



Estudos com vários tipos de gases levaram ao estabelecimento de uma expressão que relaciona a pressão, o volume e a temperatura de um gás ideal, a chamada lei dos gases ideais, que pode ser escrita assim:

$$PV = nRT$$

em que n é o número de partículas, em mols, do gás e R é uma constante única para todos os gases, denominada **constante universal dos gases**, cujo valor no Sistema Internacional de Unidades é $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$.

A expressão anterior representa o comportamento do chamado **gás ideal**, ou gás perfeito, formado por partículas que não interagem entre si, isto é, não há forças atrativas ou repulsivas atuando entre as partículas (**figura 7.12**). Portanto, a energia interna do gás é dada pela soma da energia cinética de translação e rotação das moléculas que o constituem.

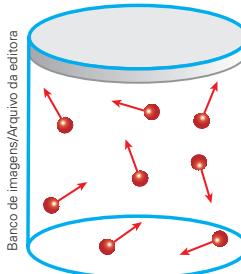


Figura 7.12 – De acordo com o modelo do gás ideal, as partículas que constituem o gás têm movimento aleatório e não interagem, e os choques entre elas é elástico (não há perda de energia). Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

O modelo do gás ideal pode ser utilizado para descrever o comportamento de gases rarefeitos e em altas temperaturas.

Essa aproximação, porém, não é válida para gases não rarefeitos ou para gases a baixas temperaturas, como na situação em que gases se condensam em líquidos quando resfriados.

A **figura 7.13** mostra a representação de medidas experimentais da pressão de três gases em função da temperatura, a volume constante. É possível extrapolar as retas que ajustam os dados experimentais para valores de temperatura muito baixos. Experiências mostraram que, para diferentes tipos de gás, as retas tendem à temperatura correspondente ao zero absoluto (aproximadamente $-273,15^\circ\text{C}$). É importante frisar que essa extrapolação não ocorre na natureza, já que um gás, ao ser resfriado, se condensa, tornando-se líquido, e depois se solidifica em temperaturas mais baixas.

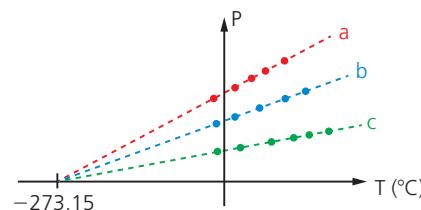


Figura 7.13 – Medidas experimentais de pressão e temperatura de três gases estão representadas pelos pontos na figura.

Banco de imagens/Arquivo da editora

ATIVIDADE 4

Máquina térmica e sociedade

PROJETO



A máquina a vapor está na origem da Primeira Revolução Industrial, que iniciou na Inglaterra por volta de 1760 e finalizou entre 1820 e 1840. As máquinas a vapor permitiram a transição de métodos de produção artesanais para a produção realizada por máquinas, alterando completamente o modo de vida das pessoas. Na Segunda Revolução Industrial, ocorrida entre 1850 e a Segunda Guerra Mundial, a automatização dos modos de produção alcançou outros países da Europa, os Estados Unidos, a Rússia e o Japão.



Granger/Fotoarena

MATERIAL

Dispositivo com acesso à internet, livros e revistas relacionados ao assunto, entre outros tipos de material de pesquisa.

Figura 7.14 – Nas fábricas têxteis, as máquinas a vapor eram utilizadas para mover os teares. A força de trabalho desses espaços era composta majoritariamente de mulheres e crianças. Em 1833, crianças representavam entre um terço e dois terços da força de trabalho nas fábricas têxteis inglesas. Cherryville, Carolina do Norte, 1908.





O QUE FAZER

Pesquisem os seguintes aspectos da Primeira Revolução Industrial:

1. Qual foi o papel das máquinas a vapor? Em quais contextos elas eram utilizadas?
2. Quais foram os impactos da transição do modo de produção artesanal para o automatizado na vida das pessoas? E na organização da sociedade?
3. Quais outros produtos, além da máquina a vapor, contribuíram para a Primeira Revolução Industrial?

4. As máquinas a vapor desempenharam papel importante no processo de industrialização do Brasil?

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Escolham um dos usos da máquina a vapor pesquisados e produzam um material de divulgação sobre seu funcionamento nesse contexto, informando como ela modificou o processo no qual foi inserida (vantagens e desvantagens), quais foram os impactos socioeconômicos de seu uso e se esse uso perdura. Determinem o público que vocês querem atingir e produzam o material na mídia adequada: pode ser um cartaz, um vídeo, um post em redes sociais, etc.

DIALOGANDO COM AS CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS APLICADAS

Revolução Industrial e trabalho infantil

Na época da Revolução Industrial, era comum que crianças – provenientes principalmente das famílias mais pobres – fossem enviadas para trabalhar nas fábricas, operando máquinas que colocavam em risco sua integridade física. O teórico alemão Friedrich Engels, em *A situação da classe trabalhadora na Inglaterra* (1845), denunciou a situação de insalubridade a que meninos de menos de 10 anos eram submetidos, com extensas jornadas de trabalho fabril. Na literatura, essa dura realidade foi exposta por Charles Dickens (1812-1870) em *Oliver Twist* (1838), história de um garoto órfão que trabalha como limpador de chaminés.

Atualmente, o trabalho infantil é proibido por lei na maior parte do mundo. O primeiro marco desse entendimento foi a Convenção da Organização Internacional do Trabalho (OIT) de 1919, da qual participaram nove países. Com o decorrer dos anos, estabeleceu-se como consenso dos organismos internacionais de direitos humanos que o trabalho de crianças e adolescentes pode ser prejudicial ao seu desenvolvimento, segurança e bem-estar físico e emocional.

No entanto, a erradicação do trabalho infantil permanece sendo um desafio em todo o mundo. Em 2016, estimava-se que 152 milhões de crianças e adolescentes de 5 a 17 anos trabalhavam no mundo, sendo 10 milhões delas vítimas de escravidão. O problema é mais disseminado na África e na Ásia, e a agricultura concentra 70% dos indivíduos nessa situação.

No Brasil, o principal documento que regula esse tema é o Estatuto da Criança e do Adolescente, promulgado em 1990. Até os 13 anos de idade, o trabalho é totalmente proibido (salvo em situações excepcionais, como a do trabalho artístico, e sob autorização judicial). Dos 14 aos 16 anos, a legislação permite que o adolescente trabalhe na condição de aprendiz e, entre 16 e 17, há permissão do trabalho desde que não seja em atividades noturnas ou em condições insalubres e perigosas. Apesar de contar com uma legislação considerada avançada, o Brasil ainda tem muitas crianças e adolescentes trabalhando em condições não adequadas. De acordo com dados do IBGE, em 2017 estimava-se que 1,8 milhões de pessoas com idade de 5 a 17 anos trabalhavam em atividades proibidas pela legislação.

Elaborado com base em: ESTATÍSTICAS: trabalho infantil no Brasil e no mundo. Rede Peteca - Chega de Trabalho Infantil. Disponível em: <https://www.chegadetrabalho-infantil.org.br/trabalho-infantil/estatisticas/>. Acesso em: 31 ago. 2020.

7.3 Máquinas térmicas

Um fator determinante para o desenvolvimento das sociedades é a habilidade de utilizar diversas formas de energia para realizar tarefas. No contexto das navegações marítimas, por exemplo, eram utilizadas a energia do vento e a energia mecânica humana até a invenção dos navios movidos por caldeiras. Nesses navios, chamados de barcos a vapor, o calor resultante da queima de um combustível (**figura 7.15a**) é utilizado para gerar vapor, que, por sua vez, aciona um sistema mecânico que move a embarcação. Esse sistema é utilizado até hoje, como no navio da **figura 7.15b**.



Figura 7.15 – a) Trabalhador coloca carvão na caldeira de uma embarcação a vapor em Auckland, Nova Zelândia, agosto de 2019. b) Navio a vapor em Dresden, Saxônia, Alemanha, maio de 2019.

Fadi Al Attar/Shutterstock
Robert Michael/picture-alliance/dpa/AP Images/Glow Images



Esse tipo de máquina é denominado máquina térmica e pode ser caracterizado da seguinte maneira:

Máquinas térmicas transformam energia térmica, oriunda da queima de um combustível, em trabalho, utilizado para auxiliar na realização de uma tarefa humana.

ATIVIDADE 5

O poder da condensação

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

INVESTIGAÇÃO

MATERIAL

Uma latinha de refrigerante de alumínio, água, uma lamparina, uma bacia, um pano.

O QUE FAZER

- Coloque uma pequena quantidade de água na lata e aqueça-a por meio da lamparina até que o vapor comience a sair por seu orifício superior ("boca").

- Use o pano para retirar rapidamente a lata do fogo, invertê-la com a "boca" para baixo e colocá-la dentro de uma bacia com água. Observe o esmagamento da lata.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Explique a razão de a lata ser esmagada. Pense na diferença de pressão dentro e fora da lata.
- Numa turbina a vapor existe um condensador do lado oposto da fonte quente e entre eles está a turbina. Qual é o papel desempenhado pelo condensador nessa turbina?

UM POUCO DE HISTÓRIA

O desenvolvimento da máquina a vapor

A primeira máquina a vapor de uso efetivo para a substituição da "energia humana" foi inventada por Thomas Savery (1650-1715), em 1698, e utilizada para realizar uma tarefa complicada: retirar água das minas de carvão. A máquina, mostrada na figura 7.16, tinha um reservatório fechado, cheio de água, e uma série de válvulas.

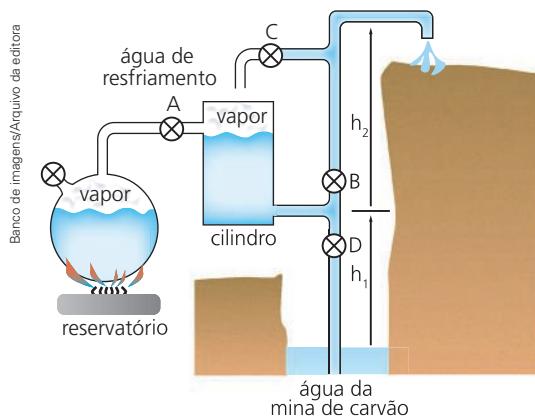


Figura 7.16 – Quando as válvulas A e B estão abertas e C e D estão fechadas, o vapor produzido na caldeira faz com que a água suba à altura h_2 . Com o cilindro preenchido de vapor, as válvulas A e B são fechadas e C e D, abertas. Com isso, a água que estava no cano cai sobre o cilindro, condensando o vapor e reduzindo a pressão. O vácuo resultante no cilindro faz com que a água suba à altura de h_1 no cano. Em seguida, o processo é reiniciado. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Quando o vapor era introduzido no reservatório, sua pressão empurrava a água para fora até esvaziá-lo completamente de água líquida e deixá-lo somente com vapor. A água era então espalhada em cima do reservatório, condensando o vapor dentro dele e criando um vácuo. Com isso, a pressão atmosférica elevava a água. Como o vácuo não era perfeito, a quantidade de água que podia ser elevada pela pressão atmosférica era limitada. Além disso, a eficiência da máquina era muito baixa, aproximadamente 1%, ou seja, de toda energia térmica utilizada para transformar a água em vapor, apenas 1% era convertida em trabalho útil.

Muitos engenheiros investiram no aperfeiçoamento das máquinas a vapor, entre eles o escocês James Watt (1736-1819), que ficou conhecido como o inventor da máquina a vapor. Watt percebeu que poderia melhorar a eficiência das máquinas utilizando um condensador. Com esse componente, o vapor retornava ao estado líquido e poderia ser utilizado novamente. Esse pequeno aperfeiçoamento possibilitou a Watt aumentar enormemente a eficiência das máquinas a vapor.



O esquema da [figura 7.17](#) mostra uma máquina a vapor simplificada. A turbina gira porque a pressão exercida sobre as partes superiores das pás da turbina, por onde o vapor aquecido entra a alta temperatura, é maior do que a pressão exercida sobre as suas partes inferiores, com vapor a baixa temperatura. Sem essa diferença de pressão, causada pelo resfriamento no condensador, a turbina não giraria e não forneceria energia a um aparelho externo, como a roda de moinho.

Novos avanços e aplicações foram surgindo, e no auge da Revolução Industrial existiam muitos tipos de máquina que utilizavam o carvão como fonte de energia ([Figura 7.18](#)). Elas realizavam as mais diversas tarefas. No entanto, certamente, o transporte de cargas e pessoas, com a invenção da locomotiva a vapor, impulsionou grandes mudanças, alterando profundamente a relação das pessoas com longas distâncias.

Banco de imagens/Arquivo da editora

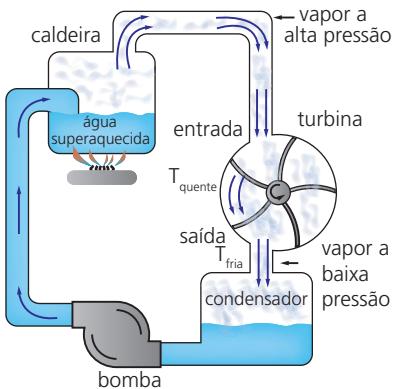


Figura 7.17 – Representação esquemática da máquina a vapor com condensador. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.



João Prudente/Pulsar Imagens

Figura 7.18 – No Brasil, as locomotivas a vapor foram apelidadas de marias-fumaça por causa da densa nuvem de fumaça que emitiam. Na imagem, passeio turístico em Campinas (SP), 2020.

Eficiência de máquinas térmicas

Em 1803, o matemático francês Lazare Carnot (1750-1823) publicou o trabalho *Princípios fundamentais do movimento e do equilíbrio*, no qual introduziu a discussão sobre a eficiência das máquinas usadas para realizar trabalho. Ele mostrou que o atrito e os choques entre partes móveis resultam na perda da chamada potência motriz, ou seja, parte da energia fornecida à máquina para realizar trabalho era dissipada.

Sadi Carnot (1796-1832), filho de Lazare, deu continuidade aos estudos do pai e publicou em 1824 o livro *Reflexões sobre a potência motriz do fogo*. Nesse trabalho Sadi Carnot propôs um sistema que corresponderia ao mecanismo ideal de conversão de calor em trabalho, ou seja, o de maior eficiência possível. Essa máquina térmica ideal, que não teria nenhuma imperfeição de uma máquina real, operaria apenas com dois reservatórios de calor, um a uma temperatura quente T_Q (por exemplo, uma caldeira com vapor de água a 100 °C), e o outro a uma temperatura fria T_F (por exemplo, o ar ambiente), como esquematizado na [figura 7.19](#).

Outra contribuição de Sadi Carnot foi a proposta de processos ideais reversíveis. Dessa maneira, ele introduziu o conceito da reversibilidade termodinâmica, que é uma condição idealizada, mas que pode ser utilizada para modelar o comportamento de determinados processos. Sadi mostrou que mesmo numa máquina térmica ideal, operando entre os reservatórios nas temperaturas T_Q e T_F , sempre haveria perda na potência motriz, ou seja, dissipação de energia.

A eficiência (η), ou rendimento, dessa máquina ideal é definida como a razão entre o trabalho W realizado pela máquina e a quantidade de calor Q_Q retirado da fonte quente. Se fosse possível transformar todo o calor recebido em trabalho, a eficiência η seria igual a 1. No entanto, Carnot mostrou que mesmo a eficiência máxima de uma máquina térmica ideal, em que seria possível eliminar todas as formas de atrito, é sempre menor do que 1 e se relaciona com as temperaturas T_F e T_Q das fontes fria e quente, respectivamente, pela expressão:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

Os valores das temperaturas na expressão anterior devem ser expressos na escala Kelvin.

Banco de imagens/Arquivo da editora

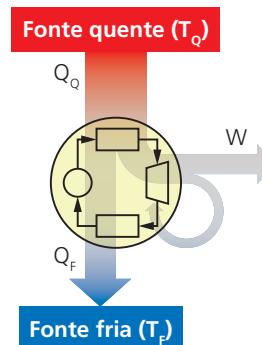


Figura 7.19 – Representação esquemática de uma máquina térmica. Na fonte quente, a queima de um combustível fornece uma quantidade de calor Q_Q . Parte de Q_Q é utilizada pela máquina térmica para realizar o trabalho W , e parte Q_F é devolvida à fonte fria. Cores fantasia.



A eficiência igual a 1 (100%) corresponde à situação em que todo o calor recebido da fonte quente é transformado em trabalho. Nesse caso, a temperatura da fonte quente (T_Q) deve ser infinita ou a temperatura da fonte fria (T_F) deve ser o zero absoluto. Como as temperaturas são sempre finitas e não é possível construir uma fonte fria que opere à temperatura de zero absoluto, não existe máquina, real ou ideal, cuja eficiência seja igual a 1.

Motor a combustão interna

O motor a combustão interna apresenta o mesmo princípio de funcionamento da máquina de Watt. Entretanto, uma pequena modificação possibilitou o aumento no rendimento desse tipo de máquina.

Na máquina de Watt, o pistão é movido pelo vapor oriundo do aquecimento da água em uma caldeira externa, na qual ocorre a queima do combustível, em geral, carvão. Já no motor a combustão interna, a queima do combustível ocorre dentro do próprio cilindro com o pistão. Dessa maneira, o pistão é movido pela expansão dos gases produzidos com a explosão. Isso reduz significativamente as perdas de energia devido ao transporte do combustível e à manutenção da caldeira, já que a queima é realizada internamente e ocorre apenas no momento necessário. Esse tipo de máquina ficou conhecido como motor a combustão interna.

Jean-Joseph Étienne Lenoir (1822-1900) foi o primeiro a utilizar esse tipo de motor para bombear água em minas de carvão na França e na Inglaterra. A combustão interna era realizada com uma mistura de vapor de carvão e de ar. Com a disseminação dos derivados do petróleo, passou-se a utilizar como combustível uma mistura de vapor de gasolina e ar, cuja capacidade de combustão é bem maior que a do vapor de carvão. Porém, o detalhe sobre como injetar a mistura no cilindro no momento adequado não estava estabelecido. Esse problema foi resolvido em 1893, quando August Wilhelm Maybach (1846-1929) inventou o carburador, dispositivo que, por diferença de pressão, faz com que a mistura de vapor de gasolina e ar seja “sugada” pelo cilindro no momento em que sua pressão interna diminui, tornando-se menor que a pressão externa. Reunindo o carburador de Maybach com a ideia de Nikolaus August Otto (1832-1891) de fazer um motor de combustão interna de quatro tempos, foi possível construir motores que desenvolviam grandes velocidades, inaugurando assim a era das grandes indústrias automobilísticas.

A figura 7.20 representa o funcionamento do motor de quatro tempos.

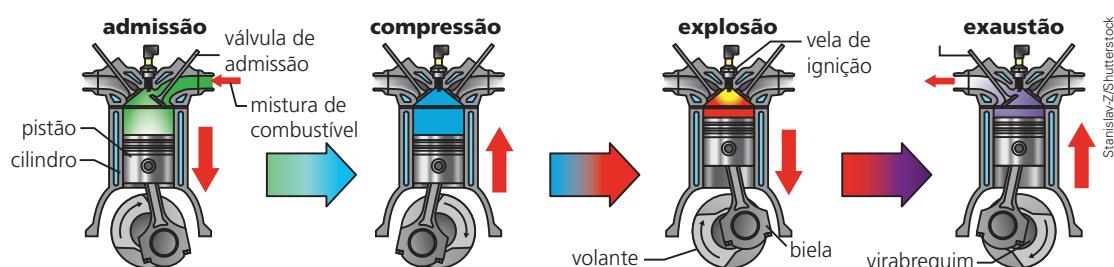


Figura 7.20 – Representação do funcionamento do motor de quatro tempos. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

- 1. Admissão:** no momento em que o pistão desce, movido pela biela, a válvula de admissão é aberta e, devido à diferença de pressão, a mistura gasolina-ar penetra no cilindro.
- 2. Compressão:** devido ao movimento do pistão, a mistura gasolina-ar é comprimida. Para que o combustível não vaze, todas as válvulas do sistema ficam fechadas.
- 3. Explosão:** momento no qual há a efetiva transformação de calor em trabalho. Quando o combustível está comprimido no alto do cilindro, uma centelha elétrica produz a sua queima, resultando na explosão que empurra o pistão para baixo.
- 4. Exaustão:** à medida que o pistão continua a se mover, agora para cima, a válvula de escape é aberta e o gás proveniente da combustão é empurrado para fora, para o sistema de descarga.

Em um motor a combustão interna, esses quatro tempos funcionam em ciclos contínuos. Para aumentar a eficiência, o motor é fabricado com quatro sistemas cilindro-gás-émbolo interligados, de modo que, em um dado instante, cada um deles está em um tempo diferente, como mostra a figura 7.21.

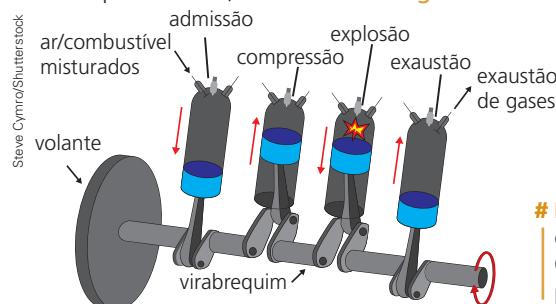


Figura 7.21 – O motor de quatro tempos é o mais utilizado nos automóveis de passeio. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.



Dessa maneira, em diversos instantes ocorre a explosão em algum pistão, transformando energia térmica em trabalho útil. Devido à existência desses quatro sistemas interligados, esse motor é chamado de motor de quatro cilindros. Existem também os motores de seis, oito ou mesmo doze cilindros. Os motores dos automóveis de Fórmula 1 são, em geral, de doze cilindros, pois devem ter maior potência e atingir grandes velocidades.

Além da quantidade de cilindros de um motor, outra caracterização comum é dizer que o motor é 1.0 ou 2.0. Essa designação corresponde à capacidade dos cilindros do motor. Por exemplo, um motor 1.0 apresenta capacidade de 1,0 litro, e um motor 2.0, de 2,0 litros. Um motor com maior cilindrada, como é chamada essa característica, é mais potente, mas consome mais combustível.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Defina máquina térmica e dê exemplo de uma máquina térmica que faz parte do seu cotidiano.
2. Com o desenvolvimento tecnológico, é possível construir motores de automóveis com eficiência de 100%? Justifique a sua resposta.
3. Pesquise os motores elétricos de automóveis e compare-os, em relação à eficiência e à autonomia, com os motores a combustão interna. Quais são as vantagens e as desvantagens desses tipos de motor?

7.4 Entropia

Um grande avanço na compreensão da eficiência das máquinas térmicas se deu com os trabalhos do físico e matemático alemão Rudolf Clausius (1822-1888), que correspondem a um dos pilares da Termodinâmica.

O calor Q não é um atributo, ou uma propriedade, do sistema, mas a temperatura T é. Clausius constatou que a razão $\frac{Q}{T}$ entre o calor Q e a temperatura T era, de fato, um novo tipo de propriedade de um sistema, à qual associou uma variável que chamou de **entropia**. Clausius escolheu esse nome, que em grego significa “transformação em um ambiente fechado”, e a letra S para designar essa grandeza. Assim, se um corpo a uma temperatura T recebeu uma certa quantidade de calor Q , sua entropia varia de uma quantidade ΔS dada por: $\Delta S = \frac{Q}{T}$.

Portanto, em processos reversíveis, a variação de entropia de um sistema é positiva quando ele recebe calor ($\Delta S > 0$), e negativa quando ele cede calor ao meio externo ($\Delta S < 0$).

Clausius demonstrou que, na máquina térmica ideal de Carnot, mostrada na figura 7.19, a diminuição da entropia da fonte quente deve ser igual ao aumento da entropia da fonte fria, de modo que a soma total das variações de entropia é nula, ou seja:

$$\Delta S = -\frac{Q_Q}{T_Q} + \frac{Q_F}{T_F} = 0$$

Assim, em uma máquina térmica ideal e reversível, que funciona com dois reservatórios de calor, quente e frio, temos que $\frac{Q_Q}{T_Q} = \frac{Q_F}{T_F}$.

A parte da máquina térmica representada pelo elemento amarelo na figura 7.19 constitui um processo cíclico – no qual o estado final do sistema, depois de passar por transformações, retorna ao seu estado inicial. A variação da entropia desta parte da máquina em um ciclo é, portanto, igual a zero. Repare que a entropia é uma propriedade do estado termodinâmico do sistema, assim como a pressão, o volume e a temperatura, e independe de processos de transferência de energia por calor ou por trabalho.

A segunda lei da Termodinâmica

Dizemos que um sistema é isolado, ou fechado, se ele não troca matéria ou energia – de qualquer forma – com a vizinhança, seja por meio de calor, seja de trabalho. Mesmo sendo uma idealização, o conceito de sistema isolado é uma boa aproximação para sistemas delimitados por uma fronteira rígida e fechada e isolado termicamente.

A **segunda lei da Termodinâmica** estabelece que a entropia total de um sistema isolado nunca pode diminuir ao longo do tempo. A variação da entropia total será nula se os processos forem reversíveis e maior do que zero se os processos forem irreversíveis.



Para sistemas que passam por processos reversíveis, como na máquina ideal de Carnot, a entropia é constante. Em processos reais, irreversíveis, a entropia total do sistema sempre aumenta.

Para um sistema isolado, o estado de equilíbrio termodinâmico corresponde à situação em que a entropia será máxima, se a energia total for constante (como ocorre em um sistema isolado).

É importante notar que a entropia de um sistema ou de uma parte dele pode diminuir se ele não estiver isolado. No caso da máquina ideal de Carnot, por exemplo, vimos que a entropia da fonte quente diminuiu de uma quantidade $-\frac{Q_Q}{T_Q}$, pois a fonte quente cedeu calor para a máquina. Essa diminuição da entropia da fonte quente não viola a segunda lei da Termodinâmica, pois a fonte quente não é um sistema isolado. O sistema fechado na [figura 7.19](#) inclui a máquina térmica, os dois reservatórios térmicos e o sistema de realização de trabalho. Portanto, a diminuição da entropia da fonte quente é compensada pelo aumento da entropia da fonte fria. A segunda lei da Termodinâmica pode ser escrita como: "Não existe uma máquina térmica perfeita, que transforme todo o calor recebido em trabalho. Sempre haverá energia dissipada na forma de calor para a fonte fria."

Numa situação ideal e reversível, a soma das duas variações de entropia seria zero. Porém, para sistemas reais, o aumento da entropia da fonte fria é maior do que a diminuição da entropia da fonte quente, fazendo com que a variação da entropia total seja maior do que zero.

De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, a variação de entropia total de um sistema fechado é dada por:

- $\Delta S_{\text{total}} = 0$ para processos reversíveis; e
- $\Delta S_{\text{total}} > 0$ para processos irreversíveis.

Processos reversíveis e irreversíveis

Um **processo reversível** é um processo idealizado no qual seria possível inverter o sentido do tempo, ou seja, é aquele que seria igualmente possível se o tempo pudesse andar para a frente ou para trás.

Se conseguíssemos filmar um processo reversível, o filme pareceria plausível se fosse exibido de trás para a frente. Por exemplo, o registro das imagens de alguns segundos de uma bola de bilhar se movendo na mesa pode ser exibido de frente para trás, e alguém que assistisse ao filme não saberia se é real ou invertido. Obviamente, uma análise cuidadosa do atrito da bola com a mesa permitiria distinguir o sentido correto de exibição do filme. No entanto, superficialmente, podemos dizer que o movimento da bola de sinuca parece reversível.

Se filmarmos um copo de vidro caindo da mesa e quebrando e exibirmos o filme de frente para trás, ele parecerá absurdo, pois não é possível que os cacos de vidro se juntem espontaneamente e pulem até o topo da mesa. Esse é um claro exemplo de um processo irreversível. A segunda lei da Termodinâmica explica, então, a assimetria entre o passado e o futuro, ou seja, por que o tempo anda somente para a frente. Em geral, as mudanças nos processos irreversíveis são abruptas, enquanto nos processos reversíveis elas seriam infinitamente lentas e suaves.

Apesar de ser uma idealização, os processos reversíveis podem representar razoavelmente bem algumas situações reais.



Kaisynet Studio/Shutterstock

Figura 7.22 – O estilhaçamento de um copo de vidro devido à queda é um processo irreversível.

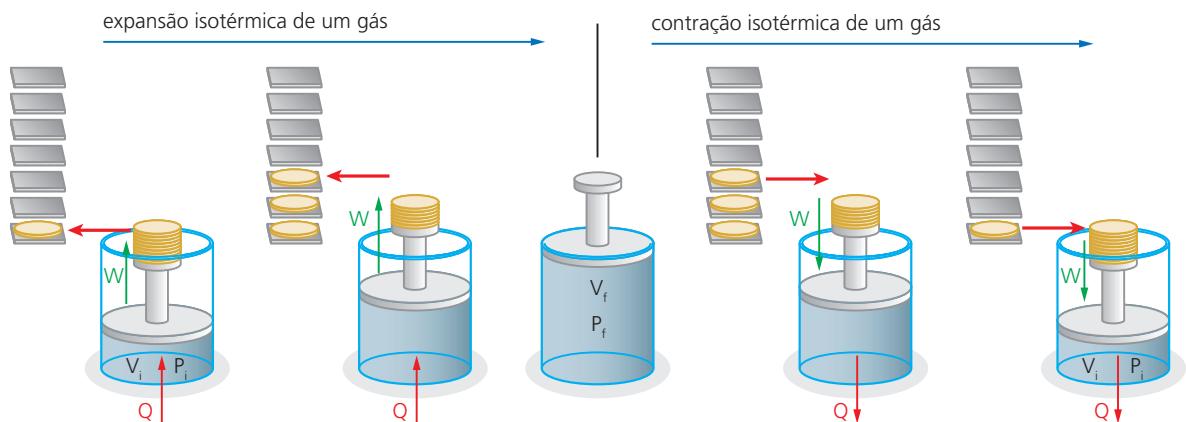
Processos reversíveis em um gás ideal

De acordo com a primeira lei da Termodinâmica, a energia interna de um sistema pode ser alterada pela transferência de calor ou pela realização de trabalho. No caso de um gás, podemos fornecer calor colocando o sistema em contato com um reservatório quente, como a chama do fogão, ou realizar trabalho, por exemplo, movendo o êmbolo ou agitando o gás.

A seguir, vamos caracterizar algumas transformações, que podem ser consideradas como processos reversíveis, às quais o gás pode ser submetido.

- **Transformações isotérmicas:** varia-se a pressão e o volume do gás, mas a temperatura permanece constante.
- **Transformações isovolumétricas** (ou isocóricas): varia-se a pressão e a temperatura do gás, mas o volume permanece constante.
- **Transformações isobáricas:** varia-se o volume e a temperatura do gás, mas a pressão permanece constante.
- **Transformações adiabáticas:** não há troca de calor entre o sistema e a vizinhança. Essas transformações são modelados idealizados, uma vez que não existe nenhum material em que a condutividade térmica é igual a zero.

Um processo ideal reversível de particular interesse é a expansão e contração isotérmica de um gás ideal, representado na **figura 7.23**. Consideremos um gás contido num cilindro com um êmbolo e sobre um reservatório de calor a temperatura constante T . O volume e a pressão inicial do gás são V_i e P_i . Na parte de cima do êmbolo, há várias chapas de metal, que são retiradas uma a uma, muito lentamente.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Figura 7.23 – Expansão e contração isotérmica de um gás ideal em condições para as quais é possível considerar que os processos são reversíveis. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

A cada chapa retirada, o sistema absorve uma pequena quantidade de calor Q que move o êmbolo para cima. Podemos considerar também a situação de outra maneira: cada vez que uma pequena quantidade de calor Q é absorvida pelo sistema, a temperatura deveria aumentar, mas, para mantê-la constante, uma chapa é retirada. Como esse processo idealizado é extremamente lento, todo o calor absorvido é transformado em trabalho mecânico (deslocamento do êmbolo). Esse processo é realizado até que todas as chapas sejam retiradas. Na situação final, o volume e a pressão inicial do gás são V_f e P_f . Como todo o calor absorvido da fonte quente foi transformado em trabalho, a energia interna do gás permanece constante.

Em seguida, as chapas são colocadas, uma a uma, sobre o êmbolo, lentamente. Ao ser colocada sobre o êmbolo, cada chapa realiza trabalho sobre o gás, que é transferido ao reservatório térmico na forma de calor. Esse processo é realizado até que todas as chapas estejam de volta sobre o êmbolo, fazendo com que o sistema retorne ao estado inicial, com volume V_i e pressão P_i .

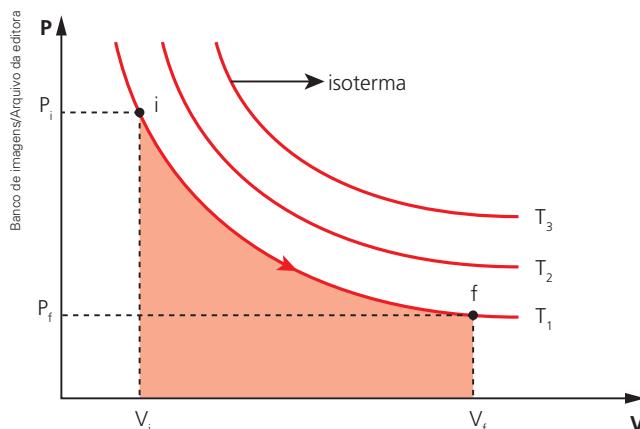


Figura 7.24 – Curva correspondente à transformação isotérmica no gráfico $P \times V$ para três temperaturas diferentes, $T_1 < T_2 < T_3$.

Se considerarmos um gás ideal, cuja relação entre a pressão, o volume e a temperatura é dada pela equação do gás ideal $PV = nRT$, num processo em que a temperatura (T) e o número de mols (n) são constantes, o produto da pressão pelo volume será uma constante, ou seja, $PV = \text{constante}$.

A figura 7.24 mostra o gráfico que representa a pressão em função do volume para uma expansão isotérmica, para três diferentes temperaturas, $T_1 < T_2 < T_3$. A expressão matemática para a curva do gráfico é:

$$P = \frac{nRT}{V}$$

Na expansão isotérmica, o volume aumenta e a pressão diminui, de maneira que:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Cite dois exemplos de processos irreversíveis diferentes dos investigados no texto.
- Formule a segunda lei da Termodinâmica utilizando o conceito de máquina térmica
- As situações representadas na figura a seguir serão investigadas na próxima seção.

- a) A figura 7.25a mostra dois blocos do mesmo material e de mesma massa, inicialmente separados e com temperaturas T_Q e T_F , respectivamente. Ao colocá-los em contato, o calor flui do corpo quente para o corpo frio e cessa quando eles entram em equilíbrio térmico, na temperatura média $\frac{(T_Q + T_F)}{2}$. Esse é um processo irreversível. De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, a entropia da situação final é maior do que a soma das entropias de cada bloco na situação inicial. Explique por que esse é um processo irreversível e elabore hipóteses para explicar o aumento de entropia.
- b) Considere um recipiente com duas partes separadas por uma película muito fina (veja a figura 7.25b). A parte esquerda do recipiente está preenchida com um gás, e a outra parte está vazia (vácuo). Se uma agulha estourar a película, o gás vai se expandir e ocupar a parte vazia. Esse processo, denominado expansão livre do gás, é irreversível. De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, a entropia da situação final é maior do que a entropia da situação inicial. Explique por que esse é um processo irreversível e elabore hipóteses para explicar o aumento de entropia.

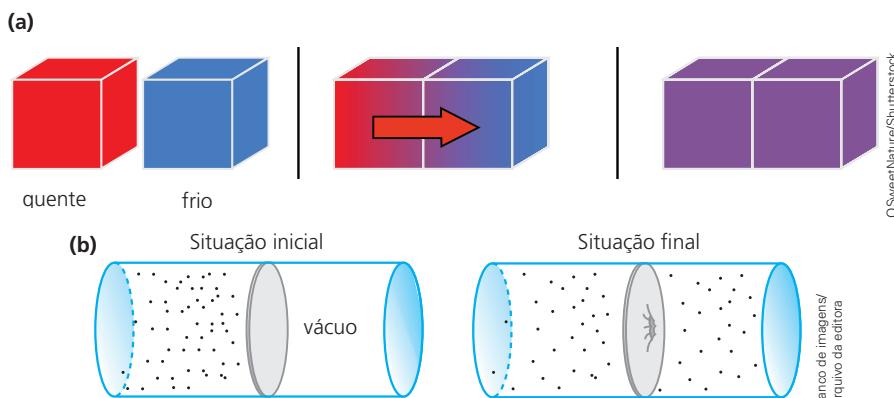


Figura 7.25 – a) Blocos idênticos, a temperaturas diferentes, colocados em contato. b) Expansão livre de um gás. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

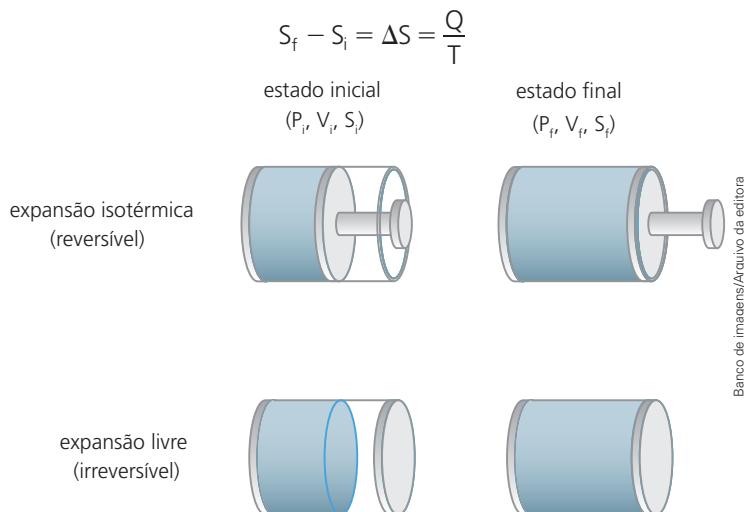
Variação da entropia em expansões reversíveis e irreversíveis

Estudamos que a variação de entropia em um processo reversível pode ser obtida pela expressão $\Delta S = \frac{Q}{T}$.

Portanto, a variação da entropia numa expansão isotérmica é a razão entre a quantidade de calor transferida ao sistema pelo reservatório térmico e a temperatura do gás.

De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, sabemos que a entropia aumenta em um processo irreversível, porém não podemos calcular diretamente a variação da entropia. Podemos, no entanto, determinar essa variação se considerarmos um processo reversível cujos estados inicial e final sejam os mesmos do processo irreversível. Uma vez que a entropia S é uma variável de estado termodinâmico, ou seja, que tem um valor para cada configuração, a entropia do estado final é a mesma, independentemente do processo, reversível ou irreversível, que levou o gás a esse estado.

A figura 7.26 representa os processos de expansão isotérmica (ideal e reversível) e de expansão livre (irreversível) de um gás. Nos dois casos, os estados iniciais são os mesmos (P_i , V_i , T). Portanto, a entropia também é a mesma (S_i), já que ela é uma propriedade daquele estado. Da mesma maneira, o estado final do gás é o mesmo (P_f , V_f , T), assim como a entropia (S_f). Portanto, pode-se concluir que a variação de entropia é a mesma na expansão livre e na expansão isotérmica, dada pela mesma expressão:



Banco de imagens/Arquivo da editora

Figura 7.26 – Expansão isotérmica reversível e expansão livre irreversível. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Na expansão isotérmica, o aumento da entropia vem do calor absorvido nessa expansão. Já no caso da expansão livre, em que não ocorreu transferência de calor, o aumento da entropia vem do fato de o processo ter sido irreversível.

ATIVIDADE 6

Funcionamento de refrigeradores

PROJETO



Nos nossos estudos de máquinas térmicas, vimos que o calor que flui espontaneamente da fonte quente para a fonte fria é utilizado para realizar trabalho. Porém, há máquinas nas quais o fluxo do calor é o inverso: retira-se calor da fonte fria e injeta-se calor na fonte quente.

Nesta atividade, você vai investigar o funcionamento desses tipos de máquina, os refrigeradores.

MATERIAL

Vídeos, revistas, páginas da internet, entre outros tipos de material de pesquisa.

Selezione fontes confiáveis e não deixe de indicá-las.



richardjohnson/Shutterstock

Figura 7.27 – Existem diversos modelos de geladeira. Porém, o princípio de funcionamento deles é o mesmo: realizar trabalho sobre um gás para retirar calor da fonte fria.





O QUE FAZER

Pesquise as partes e o funcionamento de um refrigerador.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Identifique, no funcionamento de um refrigerador, qual parte corresponde à fonte quente e qual parte corresponde à fonte fria.
- Identifique em que parte do refrigerador é realizado trabalho sobre o gás.
- Quais são os estados da matéria envolvidos no material que circula na tubulação? Em cada mudança de fase desse material, verifique se ele absorve ou cede calor.

7.5 Geladeira

Apesar da sua presença em três quartos dos lares do planeta, a geladeira como máquina térmica surgiu somente no fim do século XIX, nos Estados Unidos. Até então, os alimentos eram conservados com o uso de equipamentos que atuavam como isolantes térmicos, como o da [figura 7.28](#), ou com o uso de sal e outras substâncias que retardam o crescimento de microrganismos.



Figura 7.28 – Antes dos refrigeradores atuais, os alimentos eram conservados em equipamentos como este, praticamente um armário revestido de material termicamente isolante.

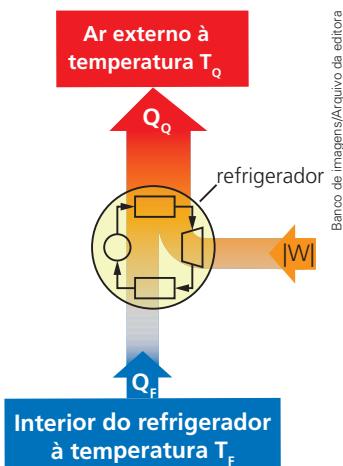
A finalidade da geladeira é retirar calor de um reservatório frio (interior do refrigerador) e jogar calor para um reservatório quente, que é o ambiente externo.

Imagine uma geladeira que pudesse jogar para o exterior toda a quantidade de calor que absorveu do interior, sem a necessidade de elementos externos, como a rede elétrica. Nesse caso, a quantida-

de de calor Q seria retirada do interior da geladeira, a uma temperatura T_F e transferida para o exterior, a uma temperatura T_Q . A entropia do reservatório frio diminuiria de $-\frac{Q}{T_F}$, e a entropia do reservatório quente aumentaria de $\frac{Q}{T_Q}$. Nesse caso, a variação total da

entropia seria: $\Delta S = \frac{Q}{T_Q} - \frac{Q}{T_F}$. Como $T_F < T_Q$, a variação

da entropia seria negativa, violando a segunda lei da Termodinâmica. Para que isso não ocorra, a quantidade de calor Q_Q transferida ao reservatório quente deve ser maior do que a quantidade de calor Q_F retirada da fonte fria. Para que isso aconteça, é necessário que uma fonte externa de trabalho forneça energia para o sistema. A segunda lei da Termodinâmica pode ainda ser escrita como: "Não existe um refrigerador perfeito, que apenas retire o calor de uma fonte fria e jogue-a para a fonte quente". A [figura 7.29](#) esquematiza o funcionamento de uma máquina frigorífica.



Banco de imagens/Arquivo da editora

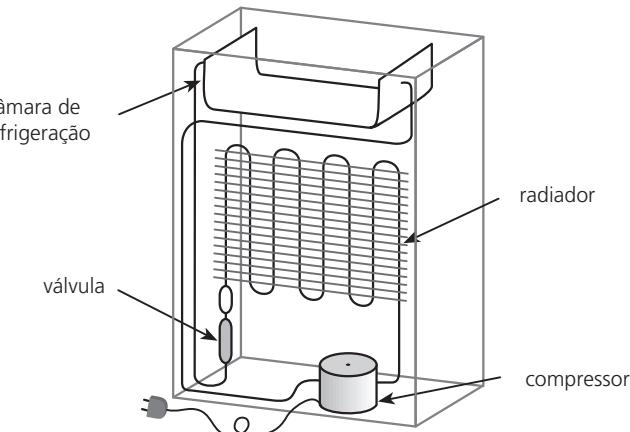
Figura 7.29 – Representação esquemática do funcionamento de uma máquina frigorífica. Cores fantasia.

Num refrigerador, o trabalho externo é realizado pelo compressor, um componente elétrico da geladeira. Nele, um gás, geralmente freon, é condensado e, devido à compressão, é submetido a alta pressão.



Ao passar pela válvula, a pressão do líquido é reduzida e, consequentemente, o seu volume aumenta, vaporizando-o. No radiador, a troca de calor com o meio externo faz com que o vapor se liquefaça. Finalmente, o gás liquefeito absorve calor na câmara de refrigeração, vaporizando-se novamente. O vapor segue para o compressor, onde o processo se reinicia. A **figura 7.30** mostra os componentes do mecanismo de refrigeração.

Figura 7.30 – Componentes do mecanismo de refrigeração. Os elementos não estão representados em proporção.



Banco de Imagens/Arquivo da editora

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Nos refrigeradores, o fluxo de calor é espontâneo entre a fonte quente e a fonte fria? Explique como esse fluxo ocorre e o que é necessário para que ele ocorra.
2. Explique por que a grade na parte de trás das geladeiras costuma ficar quente. Justifique a recomendação de não utilizar essa grade para secar peças de roupa.

7.6 Um pouco mais sobre entropia

A segunda lei da Termodinâmica está relacionada a uma assimetria nas transformações que ocorrem na natureza, com a qual estamos, de certa forma, bastante familiarizados: objetos mais quentes do que o ambiente esfriam-se, mas objetos à temperatura ambiente não se tornam quentes espontaneamente. Não observamos o movimento contrário dos cacos de um copo quebrado ou dos pedaços da casca de um ovo. Da mesma forma, se um pedaço de papel se queima na chama de um fósforo produzindo gás carbônico, água, cinzas e liberando energia na forma de calor, não será possível ver o papel se recompor ao juntarmos gás carbônico, água e cinzas e aquecermos. Se o gás de cozinha vaziar de um botijão espalhando-se por toda a casa, nunca presenciaremos, no entanto, o gás se reunindo num canto da casa. Portanto, a segunda lei da Termodinâmica estabelece a direção natural da mudança da qualidade da energia que pode ser convertida em trabalho, algo que é totalmente independente de sua quantidade total de energia, que sempre se conserva. A segunda lei da Termodinâmica diz respeito à direção na qual as mudanças ocorrem espontaneamente.

Essas observações são resumidas na segunda lei da Termodinâmica, que pode ser interpretada da seguinte maneira: embora a quantidade de energia seja conservada em sistemas fechados, a possibilidade de usá-la diminui de maneira irreversível.



giedre vaitkuhe/Shutterstock

Figura 7.31 – O processo de queima do papel não é reversível.

Entropia e desordem

É muito comum a associação do conceito de entropia à ideia de desordem. Um monte de caços de vidro é um arranjo mais desordenado de partículas do que o arranjo dessas partículas em um copo de vidro. A distribuição homogênea das moléculas de ar da sala é mais desordenada do que uma distribuição fictícia em que todas as moléculas do ar ficariam apenas em uma metade da sala. Quando jogamos uma gota de tinta em uma quantidade de água, como mostra a figura 7.32, a tinta se mistura com a água, e a mistura fica mais desordenada do que a tinta e a água na situação inicial, sem se misturar.

Nestes exemplos, podemos associar o aumento da entropia ao aumento da desordem. No entanto, em algumas situações, essa associação não é correta. Quando misturamos óleo e água e agitamos a mistura, com o passar do tempo o óleo e a água se separam espontaneamente (figura 7.33). De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, a entropia sempre aumenta em um processo espontâneo. Assim, apesar de a situação final, em que o óleo e a água ficam separados, ser aparentemente mais ordenada, ela corresponde a um estado de maior entropia.

Portanto, é necessário tomar cuidado ao relacionar entropia a desordem, pois esse é um conceito que necessita de uma definição precisa em Física.



Figura 7.32 – Na situação final, a desordem está relacionada à dificuldade de distinguir regiões com moléculas de água e moléculas de tinta.



Figura 7.33 – A mistura de água e óleo, depois de ser chacoalhada, separa-se em uma configuração aparentemente mais ordenada.

Entropia e os estados físicos da matéria

A ideia de desordem pode ser utilizada para caracterizar variações de entropia quando comparamos os arranjos atômicos e moleculares de uma mesma substância nos estados sólido, líquido e gasoso.

No sólido cristalino, os átomos ou as moléculas estão próximos uns dos outros e ocupam posições definidas num retículo cristalino. Dizemos que a posição dos átomos é ordenada em uma estrutura cristalina. Em um líquido, as moléculas permanecem próximas umas das outras, mas não ocupam posições precisas. Podemos dizer que, do ponto de vista das posições das moléculas, o líquido é um sistema desordenado. No estado gasoso, as moléculas estão bem mais separadas umas das outras e podem ocupar qualquer posição. A configuração das moléculas em um gás é ainda mais desordenada do que no caso de um líquido.

Portanto, podemos concluir que a entropia S aumenta quando a substância passa do estado sólido para o líquido e do líquido para o gasoso, ou seja, $S_{\text{sólido}} < S_{\text{líquido}} < S_{\text{gás}}$ (figura 7.34).

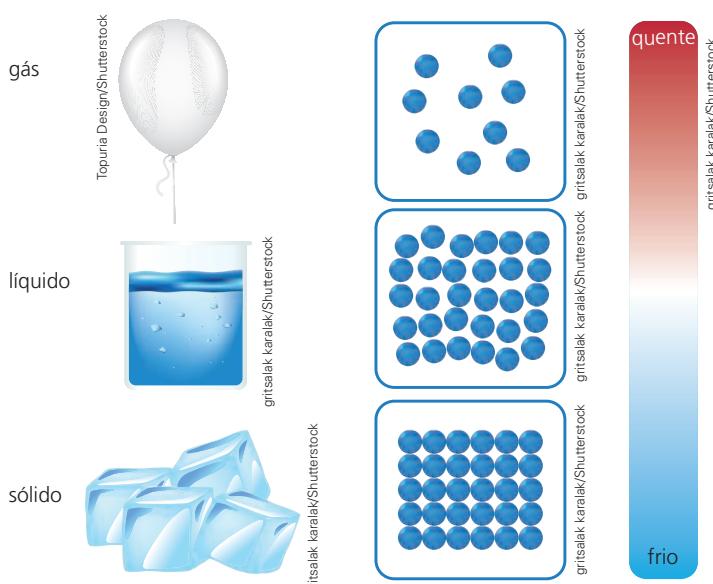


Figura 7.34 – Representação do arranjo das partículas de uma substância nos estados sólido, líquido e gasoso. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.



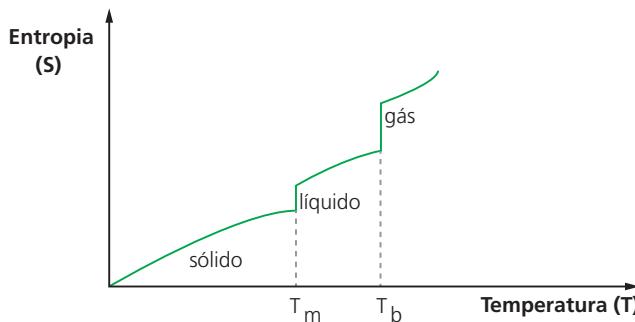
A figura 7.35 mostra o gráfico da entropia de uma substância em função da temperatura. Pode-se notar que a entropia aumenta continuamente nas fases sólida, líquida e gasosa e apresenta saltos nas transições de fase. O aumento contínuo da entropia em cada fase quando o material é aquecido deve-se ao aumento da agitação térmica das partículas. Já o aumento descontínuo nas transições de fase se dá em função do calor que foi necessário para fundir e vaporizar a substância. Como vimos no capítulo anterior, o calor necessário para fundir determinada massa m de um material é dado pelo calor latente de fusão (L_F) desse material multiplicado pela massa m , e o calor necessário para evaporá-la é o calor latente de vaporização (L_V) multiplicado pela massa m . Assim, considerando a definição macroscópica da entropia para processos reversíveis, podemos escrever que os saltos de entropia nas duas transições de fase são:

$$\Delta S_{\text{sólido-líquido}} = \frac{m \cdot L_F}{T_F}$$

e

$$\Delta S_{\text{líquido-gás}} = \frac{m \cdot L_V}{T_V}$$

em que T_F e T_V são, respectivamente, as temperaturas de fusão e vaporização da substância.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Figura 7.35 – Gráfico da entropia em função da temperatura para diferentes estados físicos de uma substância.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. O plasma é um estado da matéria no qual a agitação térmica das partículas é tão grande que supera a energia de ligação entre os elétrons e o núcleo do átomo. A entropia de uma substância no estado de plasma é maior ou menor do que a mesma substância no estado líquido? Justifique a sua resposta.

PARA SABER +

- Para saber mais sobre a Termodinâmica no nosso cotidiano, sugerimos a coluna “Termodinâmica e vida”. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/termodinamica-e-vida/>.
- Para conhecer mais sobre o conceito de entropia, sugerimos a coluna “O caos e a ordem”. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/o-caos-e-a-ordem/>.
- Para se aprofundar no funcionamento do motor a combustão interna, sugerimos o vídeo *Como funciona o motor do carro?* Disponível em: <https://youtu.be/UI1XuiJE0Dw>.
- Para saber mais sobre transformações gasosas, sugerimos as simulações virtuais “Gases: introdução” (disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gases-intro) e “Propriedades dos gases” (disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gas-properties).
- Para ir além, investigue processos reversíveis e irreversíveis com o simulador virtual “Reações reversíveis”. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/reversible-reactions.

Acesso em: 30 maio 2020.

CAPÍTULO 8

Competências gerais: 1, 2, 4 e 9

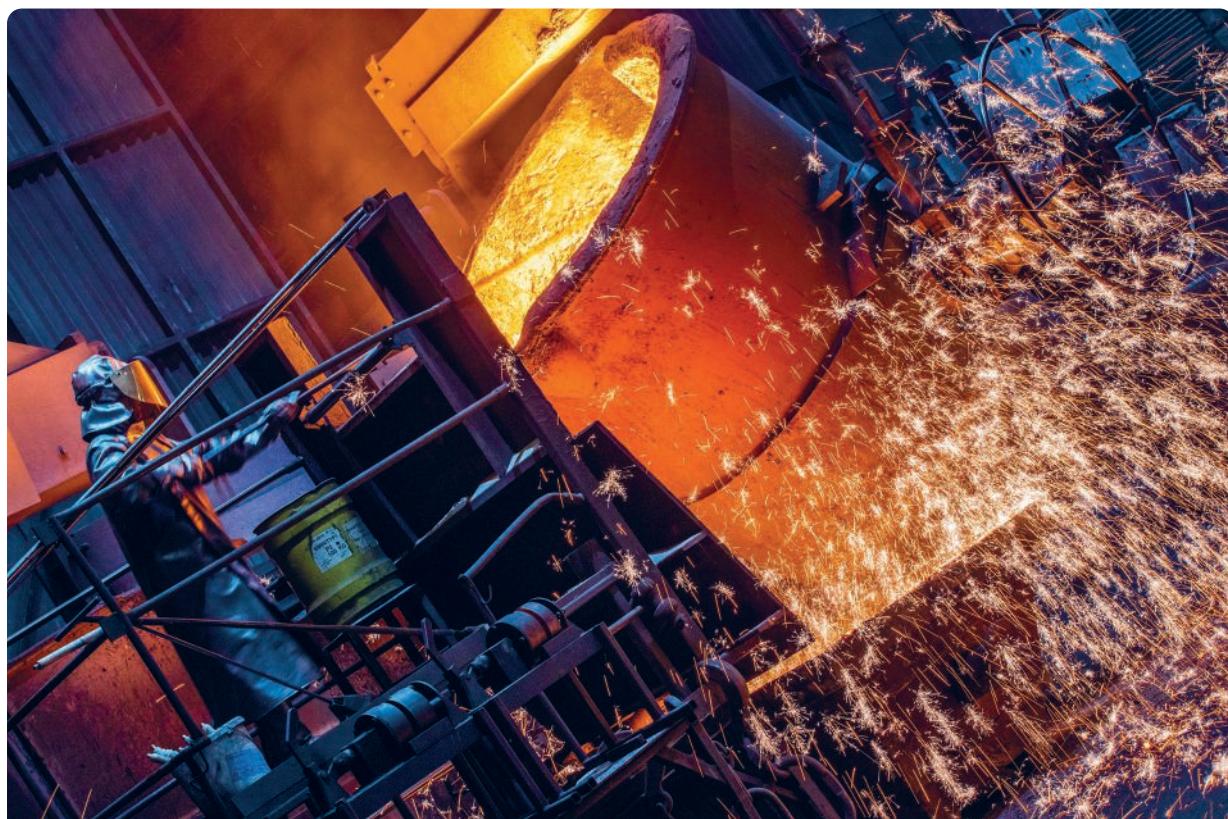
Competência específica: 1

Habilidade: (EM13CNT106)

Armazenando energia elétrica

As transformações dos materiais podem envolver diversos tipos de reações químicas. Como já estudamos, as transformações químicas estão relacionadas à formação de novos materiais. Existem transformações nas quais coexistem reagentes e produtos mesmo depois de cessarem as alterações macroscópicas no sistema: são os sistemas em equilíbrio químico. As reações químicas que estudamos podem ocorrer com diferentes velocidades e envolvem transformações de energia. Já aprendemos também como a energia, na forma de calor, se transforma nessas reações.

Neste capítulo, estudaremos as transformações químicas que envolvem a **transferência de elétrons** entre as espécies reagentes, ou seja, analisaremos como a energia, na forma de energia elétrica, se transforma nas reações químicas.



dpa/picture alliance/Getty Images

Figura 8.1 – O processo de transformar o ferro-gusa em diferentes tipos de aço é uma transformação química que ocorre com o fornecimento de energia elétrica.

8.1 Introdução ao estudo das reações de oxirredução

A pilha é um artefato tecnológico de grande impacto em nossa sociedade. O uso de pilhas e/ou baterias para suprir de eletricidade aparelhos de pequeno e médio porte já é tão corriqueiro que raramente pensamos em como são fabricadas, de que são constituídas, como funcionam e se há riscos de contaminação ou agressão ao ambiente quando descartadas.

Quando nos preocupamos com as reações que ocorrem no organismo, nós nos lembramos, por exemplo, das recomendações que sempre ouvimos: “Precisamos comer alimentos que contenham vitaminas”, “Ferro é bom para anemia”, “É preciso repor sais minerais”. Seguimos a maioria delas, mesmo sem saber como essas substâncias atuam em nosso organismo.

Será, porém, que esse ferro “bom para anemia” é o mesmo que constitui pregos e parafusos? Por que, a partir de certa idade, não bastam as vitaminas dos alimentos? Por que é mais perigoso comer peixe contaminado por mercúrio do que beber a água na qual eles se contaminaram?

Há inúmeras situações que podem ser compreendidas ao estudar as transformações químicas envolvidas em tais casos. Ao nos aprofundarmos nesse estudo, constataremos o quanto é interessante conhecer o movimento de elétrons entre as espécies associadas a essas reações.

A pilha é um exemplo de transformação química que gera energia elétrica. Há transformações, entretanto, que só ocorrem com o consumo de energia elétrica. São exemplos desse último caso reações usadas para aplicar camadas de prata, ouro, cobre ou cromo em objetos metálicos, processo chamado galvanoplastia.

Outro exemplo é a produção de materiais por eletrólise, processo que também envolve o consumo de energia elétrica. Milhões de toneladas de cloro (Cl_2), hidróxido de sódio (NaOH) e alumínio (Al) são produzidas todos os anos por eletrólise.

O estudo das transformações ou reações químicas é, sem dúvida, um dos grandes eixos da Química. Há uma grande variedade de transformações, químicas e bioquímicas, que ocorrem como consequência da interação entre electricidade e materiais. Essas reações envolvem mudanças no número de elétrons de valéncia de átomos ou de íons. Isso é possível porque átomos e íons podem perder ou ganhar elétrons. Quando isso acontece, o átomo ou o íon muda seu **estado de oxidação**. Para evitar o uso excessivo das palavras átomos e íons, vamos chamar esses átomos e íons de **espécies químicas**.



Ricardo T. Nowitz/Cortis/Latinstock

Figura 8.2 – Nas pilhas existem substâncias que podem contaminar o ambiente, por isso é preciso descartá-las de forma adequada.



Jan Tadeusz/Alamy/Other Images

Figura 8.3 – Nas pilhas ocorrem transformações que geram energia.

Assim, se compreendermos o comportamento dos **elétrons de valéncia**, isto é, daqueles que estão envolvidos nas ligações químicas, poderemos fazer previsões sobre a formação e o rompimento de ligações e avançar no estudo sobre reações químicas. Há muitos exemplos desses tipos de reações disponíveis para nossos estudos. São conhecidas por **reações de oxir-redução**, ou **redox**. Isso significa que essas reações envolvem a oxidação de uma substância e a redução de outra.

ATIVIDADE 1

Vitamina C como agente redutor: interação com iodo

A vitamina C está presente em vários alimentos e até em produtos cosméticos, em virtude de sua importante característica antioxidante. Mas o que isso significa?

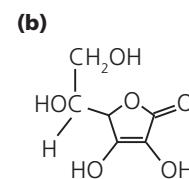
A substância iodo (I_2) é sólida à temperatura ambiente, mas, em solução alcoólica, é muito usada como agente germicida. Átomos do elemento iodo (I) podem ser encontrados em muitos compostos e apresentar-se em vários estados de oxidação.

O limão, e outras frutas cítricas, é muito rico em vitamina C. Estudaremos, nesta atividade, a ação do ácido ascórbico, que é a própria vitamina C, sobre o iodo. A

fórmula molecular da vitamina C é $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ e sua fórmula estrutural está representada na figura 8.4.



(a) Zbynek Burival/Shutterstock



(b)

Figura 8.4 – a) A vitamina C é um dos constituintes do limão. b) Fórmula estrutural da vitamina C.



INVESTIGAÇÃO



Nesta atividade, vamos observar a interação entre a vitamina C e o iodo para iniciar a discussão sobre algumas propriedades dessa importante molécula.

MATERIAL

Solução alcoólica de iodo (conhecida como tintura de iodo), um comprimido de vitamina C não efervescente, um limão de tamanho médio, três bêqueres de 100 mL (ou copos transparentes), um conta-gotas, uma faca.

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

Cuidado ao manusear a faca, pois ela pode causar ferimentos.

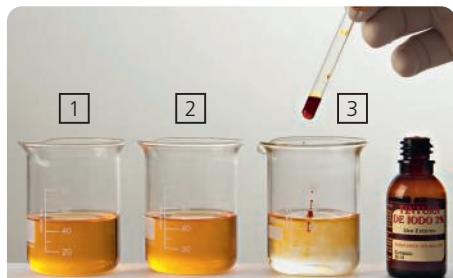


Gilberto do Vale Rodrigues/Aquivo da editora

Figura 8.5 – Material necessário para a realização do experimento.

O QUE FAZER

- Coloque água até a metade dos três bêqueres (ou copos).
- Com o auxílio do conta-gotas, transfira cerca de 10 gotas da solução alcoólica de iodo para cada um dos bêqueres. Numere-os de 1 a 3 e mantenha o bêquer 1 como referência.



Sérgio Dotta Jr./Aquivo da editora

Figura 8.6 – Coloque gotas de iodo na água.

- Coloque, no bêquer 2, meio comprimido de vitamina C. Compare com a cor do bêquer 1. Anote o que foi observado em relação à interação da vitamina C com a solução de iodo.



Gilberto do Vale Rodrigues/
Arquivo da editora

Figura 8.7 – Observe a interação da vitamina C com a solução de iodo.

- Acrescente gotas de suco de limão ao bêquer 3. Compare com a cor do bêquer 1. Anote suas observações no caderno.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Compare as cores dos sistemas finais (com vitamina C e com suco de limão) com as do sistema inicial (bêquer 1). A que vocês atribuem esse resultado?
- Considerando as observações feitas no experimento, explique por que a vitamina C é utilizada como agente antioxidante em diversos produtos.

8.2 Substâncias oxidantes e redutoras

As substâncias químicas, em certas reações químicas, podem se comportar como oxidantes ou redutoras. Uma substância que atua como **redutora** transfere elétrons para outra substância que atua como **oxidante**.

Nesse processo, a espécie redutora tem seu número de elétrons reduzido, e a espécie oxidante tem seu número de elétrons aumentado. No entanto, é importante destacar que uma mesma substância pode atuar como oxidante ou redutora, dependendo da reação de que participa. Portanto, uma substância não é redutora ou oxidante em si mesma, mas em relação à outra substância com a qual interage.

Quando uma substância se comporta como oxidante, em geral um ou mais de seus átomos ou íons **ganham elétrons**. Já no caso das substâncias que se comportam como redutoras, um ou mais de seus átomos ou íons **perdem elétrons**.

Os átomos ou íons que perdem ou ganham elétrons sofrem uma variação em sua carga. Quando temos um único átomo, a carga elétrica resultante desse processo é definida como o **número de oxidação (nox)** do átomo. Quando temos uma espécie com vários átomos, precisamos calcular o seu número de oxidação, como será visto mais adiante.

Considerando que a carga dos elétrons é negativa, o valor relativo do estado de oxidação de uma espécie que recebe elétrons em uma reação química diminuirá. Lembre-se de que um átomo neutro tem o número de pró-

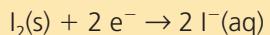


tons (de carga positiva) igual ao número de elétrons (de carga negativa). Portanto, um átomo que tem carga positiva – um cátion – perdeu elétrons e um átomo que tem carga negativa – um ânion – ganhou elétrons, já que a identidade dos átomos (ou seja, o número de prótons no núcleo) não se altera nas reações químicas.

Quando está na forma de I_2 , o nox dos átomos de iodo é zero (0). Ao ser reduzido, cada átomo de iodo ganha um elétron, de modo que ele passa a existir na forma I^- , sendo, então, -1 o valor do nox. Considerando que o I_2 é constituído de dois átomos de iodo, cada molécula de iodo recebe dois elétrons, que darão origem a duas espécies I^- .

Ao receber esses elétrons nessa reação, a substância iodo (I_2) atua como oxidante, pois outra substância, no caso a vitamina C, doa esses elétrons e oxida-se no processo.

Podemos representar o fenômeno de redução do iodo da seguinte forma:



O ânion I^- chama-se iodeto. A transformação do iodo em iodeto depende, portanto, da obtenção de elétrons de alguma fonte. No caso do experimento feito na Atividade 1, a fonte de elétrons foi a vitamina C, presente no suco de limão ou no comprimido.

Na atividade citada, quando adicionamos a solução alcoólica de iodo à água, obtivemos um líquido alaranjado. Quando introduzimos o suco de limão ou a vitamina C contida no comprimido, observamos a descoloração da solução. Essa descoloração corresponde à transformação de iodo em iodeto.

Uma última consideração é a de que se deve observar a presença de **ligações duplas** na molécula de vitamina C. As ligações covalentes simples são formadas por apenas um par de elétrons. Já as ligações duplas, que aparecem na estrutura da vitamina C, são formadas por dois pares de elétrons.

Os elétrons da ligação dupla são mais disponíveis do que os das ligações simples. Na molécula da vitamina C há também a presença de pares de elétrons que não fazem parte de ligações químicas nos átomos de oxigênio. Esses pares de elétrons, chamados **elétrons não ligantes**, são também disponíveis para as reações de oxirredução.

Durante o processo de oxirredução, esses elétrons mais disponíveis da molécula de vitamina C são cedidos aos átomos de iodo, ocorrendo a oxidação da vitamina C e a redução do iodo. Isso provoca uma mudança do estado de oxidação de um ou mais de seus átomos de carbono. Como a vitamina C tem uma estrutura complexa, não é fácil determinar, como no caso do iodo, quais átomos de carbono estão sofrendo variações em seu nox. A **figura 8.8** ilustra uma das oxidações possíveis.

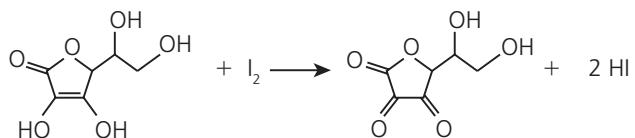
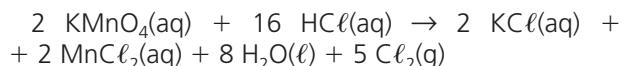


Figura 8.8 – Representação para uma das oxidações possíveis da vitamina C em interação com o iodo.

Cálculo do número de oxidação (nox)

Vejamos, por exemplo, a reação entre permanganato de potássio ($KMnO_4$) e ácido clorídrico (HCl), que pode ser expressa pela equação:



Para saber se essa equação representa uma reação de oxirredução, é necessário identificar as espécies que são oxidadas e reduzidas.

Para isso, precisamos calcular o número de oxidação (nox) dos átomos presentes para verificar que espécies sofreram mudanças nos estados de oxidação.

Vamos começar pela análise das espécies reagentes, iniciando pelo caso do $KMnO_4$.

O número de oxidação do potássio (nox_K) é +1 e o do oxigênio (nox_O) é -2 na maioria de seus compostos. A carga total do $KMnO_4$ (nox_{KMnO4}) é zero, pois não há indicação de cargas na fórmula.

Portanto, em relação ao manganês, no $KMnO_4$, temos:

$$\text{nox}_{KMnO_4} = \text{nox}_K + \text{nox}_{Mn} + 4 \text{nox}_O \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0 = (+1) + \text{nox}_{Mn} + 4(-2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0 = 1 + \text{nox}_{Mn} - 8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{nox}_{Mn} = -1 + 8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{nox}_{Mn} = +7$$

Portanto, o nox do manganês, no $KMnO_4$, é +7.

Em relação ao HCl , o hidrogênio tem nox igual a +1 na maioria dos compostos de que participa. Portanto, para que o HCl tenha carga igual a zero, o nox do Cl tem de ser igual a -1.

Vamos agora analisar as espécies que foram produzidas na reação. Note que, em relação ao KCl , o potássio tem nox +1 e o cloro, -1. Portanto, no KCl , não houve variação nos estados de oxidação do cloro e do potássio em relação ao cloro e potássio presentes nos reagentes.

O mesmo ocorre com os átomos de hidrogênio e oxigênio presentes nas moléculas de água dos produtos. O hidrogênio permanece com nox +1 e o oxigênio, com nox -2. No caso do $MnCl_2$, considerando que o nox do Cl é igual a -1, temos:

$$\text{nox}_{MnCl_2} = \text{nox}_{Mn} + 2 \text{nox}_{Cl} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0 = \text{nox}_{Mn} + 2(-1) \Rightarrow$$

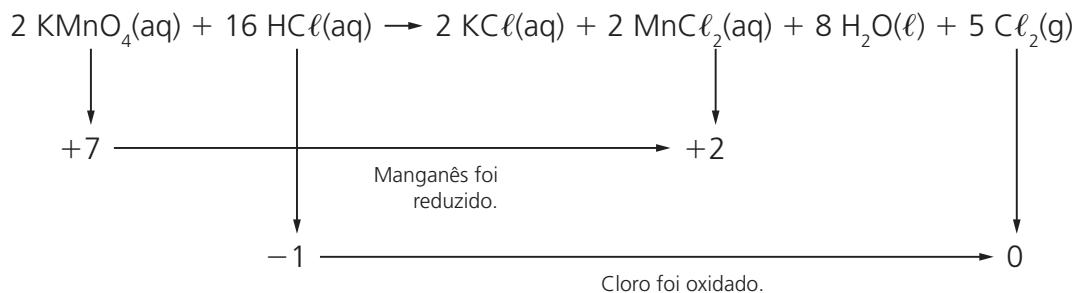
$$\Rightarrow 0 = \text{nox}_{Mn} - 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{nox}_{Mn} = +2$$

Note que o nox do manganês mudou de +7 nos reagentes para +2 nos produtos. Portanto, ele foi reduzido (ganhou elétrons), o que evidencia que o KMnO_4 se comporta como oxidante nessa reação.

O cloro aparece nos produtos na forma de íons cloreto (Cl^-), mas também na forma de gás cloro (Cl_2). Em relação ao Cl_2 , o nox dos átomos em uma substância simples é sempre igual a zero, pois os elétrons da ligação estão igualmente compartilhados entre os dois átomos. Portanto, o cloro tem nox = 0 nessa espécie.

O nox do cloro mudou de -1 nos reagentes para 0 em uma das espécies do produto. Então, ele foi oxidado (perdeu elétrons), o que evidencia que o HCl se comporta como redutor nessa reação. Resumindo, temos a seguinte equação:



Assim, nessa reação, o KMnO_4 é o oxidante e o HCl , o redutor.

A nomenclatura utilizada pode originar confusão para compreender a diferenciação dos fenômenos, pois é a espécie oxidante a que se reduz na reação, enquanto a espécie redutora é a que se oxida. Portanto, na oxidante, o valor relativo do número de oxidação diminui – afinal, essa espécie recebe elétrons, reduzindo-se –, ao passo que na espécie redutora o valor relativo do número de oxidação aumenta – pois essa espécie doa elétrons e se oxida.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Na Atividade 1, a vitamina C promoveu uma descoloração da solução de iodo (I_2). Nesse caso, a vitamina C foi oxidada e o iodo foi reduzido. Quando está na forma de I_2 , o nox do iodo é zero. Ao ser reduzido, transformando-se em I^- (iodeto), o nox do iodo passa para -1.
 - Lembrando do que foi estudado no capítulo de ligações químicas, que tipo de substância é o I_2 ?
 - Explique por que o nox do iodo na forma de I_2 é zero.
 - Explique por que o nox do iodo na forma de I^- é -1.
- Na reação entre I_2 e vitamina C, qual é o agente redutor e qual é o agente oxidante? Justifique sua resposta.
- Escreva a equação que representa a transformação do iodo (I_2) em iodeto (I^-) e indique os nox do iodo nas espécies reagente e produto.
- Existe uma substância, o hipoclorito de sódio (NaClO), que, em solução aquosa, é muito utilizada para limpeza em geral,clareamento de roupas e como bactericida. Comercialmente, é conhecida como água sanitária. O hipoclorito, que em solução aquosa fica sob a forma de ClO^- , é um agente oxidante. Quando interage com redutores, essa espécie se transforma em cloreto (Cl^-) e, em presença de água, o oxigênio se reagrupa como OH^- . Escreva a equação da transformação do hipoclorito em cloreto e indique o nox das espécies de cloro nos produtos e reagentes. O cloro foi oxidado ou reduzido?
- Considere, agora, o sistema final da reação do iodo com a vitamina C. Suponha que adicionemos, a esse sistema, solução de hipoclorito de sódio. Considerando que a reação que ocorre é a combinação desses processos, escreva a equação que representa a reação entre o iodeto e o hipoclorito, somando as equações obtidas nos itens 3 e 4. Qual é a evidência de que ocorreu essa reação?



Figura 8.9 – Interação da vitamina C com a solução de iodo.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora



Vitamina C

A vitamina C, a mais comum das vitaminas, é a substância quimicamente conhecida como **ácido ascórbico**, um ácido de natureza orgânica. Seu nome vem do termo latino *scorbutus*, que era utilizado para designar os sintomas decorrentes de sua falta no organismo.

Até cerca de duzentos anos atrás, eram comuns viagens marítimas que duravam meses no mar. Exploradores, marinheiros ou outras pessoas nelas envolvidas só comiam alimentos estocados. Não faltavam carboidratos nem proteínas, mas muitos sentiam falta de frutas frescas e vegetais que lhes forneciam vitamina C.

A falta dessa vitamina provocava sangramento nas gengivas, dor nos ossos e, quando se agravava, surgiam micro-hemorragias debaixo da pele, podendo levar à morte. Conta-se que Vasco da Gama (1469-1524), o navegador português que, em 1497, foi o primeiro europeu a contornar o cabo da Boa Esperança (sul da África), perdeu mais da metade de seus homens por uma doença que era, muito provavelmente, o escorbuto. Por volta de 1500, contudo, alguns navegantes holandeses e ingleses detectaram o poder de frutas frescas e de suco de limão na prevenção daquele mal em longas viagens. Durante muito tempo, o limão foi presença obrigatória na dieta de marinheiros e navegantes.

ATIVIDADE 2

Comprendendo o quadro de potenciais de eletrodos-padrão de redução

Será que há uma forma de prever se uma substância se comporta como redutora ou oxidante em relação a outra? Na atividade a seguir, vamos introduzir uma importante ferramenta que pode ser usada para fazer esse tipo de previsão, pelo menos em relação a muitas das substâncias simples e a muitos dos sais mais comuns: o **quadro de potenciais de eletrodos-padrão**, a 25 °C (quadro 8.1).

Potencial de oxidação E° (V)	Reação de eletrodo	Potencial de redução E° (V)
+3,09	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,045
+2,925	$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,925
+2,87	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,87
+2,714	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,714
+2,37	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,37
+1,66	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66
+0,828	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,828
+0,763	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,763
+0,440	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,440
+0,250	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,250
0,000	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,000
-0,337	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,337
-0,536	$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	0,536
-0,799	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0,799
-1,065	$\text{Br}_2 + \text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1,065
-1,229	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1,229
-1,360	$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1,360
-2,65	$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	2,65

Elaborado com base em: GENTILI, V. Corrosão. Rio de Janeiro: ItC, 1996. p. 345.

Quadro 8.1 – Potenciais de eletrodos-padrão.

O uso desse quadro permite prever se uma reação é ou não espontânea, o que não significa dizer que ela ocorre imediatamente, pois isso depende da velocidade da reação, que pode ser lenta.



INVESTIGAÇÃO



Para entendermos a lógica de organização da tabela de potenciais de redução, vamos trabalhar, inicialmente, com três metais e três soluções com íons desses mesmos metais e testar quais soluções reagem com cada metal.

MATERIAL

Placas de magnésio (Mg), zinco (Zn) e cobre (Cu); soluções 1 mol/L de cloreto de magnésio ($MgCl_2$), sulfato de zinco ($ZnSO_4$) e sulfato de cobre ($CuSO_4$); três bêqueres de 100 mL e três conta-gotas.

Evite o contato das soluções com a pele. Se isso ocorrer, lave com água em abundância.

Sérgio Dotta Jr./Arquivo da editora



Figura 8.10 – Material a ser utilizado na atividade.

O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Coloquem a placa de magnésio ao lado de uma folha de papel e escreva na folha, paralelamente ao lado mais comprido da placa, o símbolo dos íons Mg^{2+} , Zn^{2+} e Cu^{2+} , deixando algum espaço entre dois símbolos consecutivos. Observe a figura 8.11.

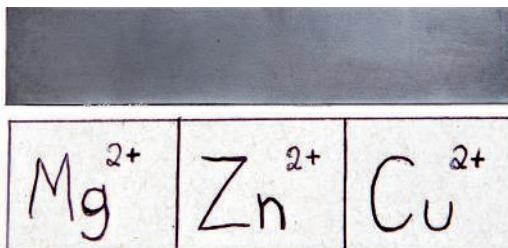


Figura 8.11 – Placa de magnésio ao lado da folha de papel.

- Usando um conta-gotas diferente para cada solução, coloquem duas gotas de cada solução sobre a placa de metal, no lugar próximo àquele onde vocês escreveram o símbolo correspondente ao íon presente na solução. Reproduzam o quadro 8.2 no caderno e anotem os resultados, utilizando um traçinho (–) para indicar que essa reação não ocorreu.

Metal ↓	Íon →		
	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}
Mg	---	---	---
Zn	---	---	---
Cu	---	---	---

Quadro 8.2 – Observações realizadas no experimento.

- Repitam os procedimentos indicados no 1º e no 2º item para as placas de zinco e cobre.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Que metal reagiu com todos os outros íons metálicos? Considerando que todas as reações deste experimento são de oxirredução, esse metal é capaz de oxidar ou de reduzir todos os íons?
- Qual dos íons em solução reagiu com todos os outros metais? Considerando que todas as reações deste experimento são de oxirredução, esse íon é capaz de oxidar ou de reduzir todos os metais?
- Escrevam no caderno as equações de todas as reações que ocorreram no experimento.

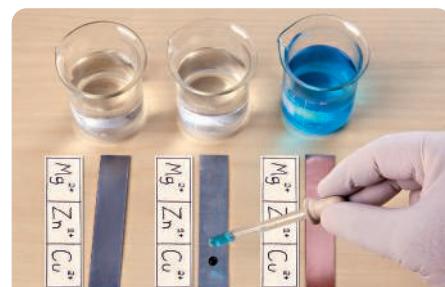
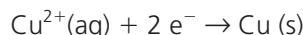


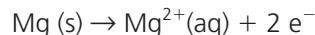
Figura 8.12 – Que soluções reagem com I cada placa metálica?

- Escrevam, agora, apenas as reações de redução que ocorreram, por exemplo:



Usando os dados obtidos, coloque essas reações em ordem, do oxidante mais “potente” para o menos “potente”. Lembrem-se de que qualquer espécie que é oxidante se reduz na reação de oxirredução.

- Registrem, agora, apenas as reações de oxidação que ocorreram, por exemplo:



Usando os dados obtidos, coloque essas reações em ordem, do redutor mais “potente” para o menos “potente”. Lembrem-se de que qualquer espécie redutora se oxida na reação.



8.3 Potenciais-padrão de redução

Na Atividade 2, verificamos que a força redutora de metais ou força oxidante de cátions metálicos é sempre relativa. No caso estudado, o magnésio metálico reduziu todos os outros cátions, sendo, portanto, o mais forte redutor de todos os metais investigados. Por sua vez, o cátion metálico Cu^{2+} oxidou todos os outros metais, sendo, portanto, o mais forte oxidante de todos os cátions investigados.

As reações de oxirredução podem ser escritas separadamente e são chamadas de **semirreações**.

O que fizemos nesta atividade para três metais e três soluções contendo cátions metálicos pode ser feito para um grande número de espécies químicas, não só as metálicas. Ou seja, é possível colocá-los em ordem, do mais redutor para o menos redutor ou do mais oxidante para o menos oxidante. Esse ordenamento das espécies em função da força redutora ou força oxidante relativas dá origem a tabelas que permitem prever quais reações de oxirredução ocorrem espontaneamente.

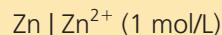
As tabelas podem trazer, além da simples ordenação, um valor para cada espécie listada. Esses valores são conhecidos como **potencial de redução** (em volts), se a tabela é de potenciais-padrão de redução, ou como **potencial de oxidação** (em volts), se a tabela é de potenciais-padrão de oxidação.

Atualmente, o recomendado pela IUPAC é fornecer tabelas com potenciais-padrão de redução, o que significa que a reação escrita para cada espécie é a reação de redução da espécie. Nas tabelas de potenciais de redução estão apresentadas as semirreações.

Como foram construídas essas tabelas? Considerando que a redução de uma espécie só ocorre quando outra espécie se oxida ao mesmo tempo, qual é o sentido em falar de potencial de redução?

O **potencial-padrão** ou **potencial normal**, medido em volts (V), é o que se obtém quando um metal é imerso em uma solução 1 mol/L de seus íons. Um elektrodo constituído de uma substância simples em contato com uma solução 1 mol/L de seus íons é chamado de **eletrodo-padrão**. No caso, por exemplo, de uma

placa de zinco metálico mergulhada em uma solução contendo cátions Zn^{2+} em concentração 1 mol/L, temos um eletrodo-padrão de zinco, que pode ser representado por:



A medida de potencial de um eletrodo-padrão, como o $\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+} (1 \text{ mol/L})$, só pode, no entanto, ser realizada em relação a um segundo eletrodo-padrão. Para o estabelecimento dos potenciais de eletrodo-padrão encontrados nas tabelas, essa medida foi realizada em relação ao eletrodo-padrão ou **normal de hidrogênio**, que foi escolhido como referência e cujo valor de potencial foi estabelecido, arbitrariamente, como igual a zero. Assim, a voltagem lida no voltímetro do dispositivo representado na **figura 8.13** corresponde ao potencial do eletrodo-padrão de zinco.

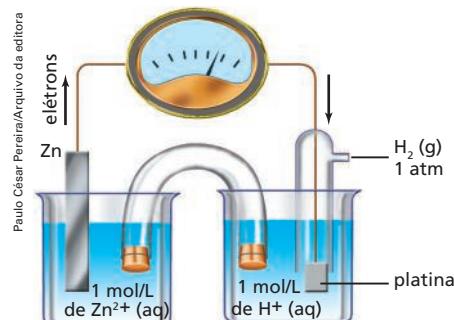


Figura 8.13 – Determinação do potencial de eletrodo-padrão para o zinco. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Assim, pode-se definir o potencial de eletrodo-padrão de um elemento químico qualquer como a **diferença de potencial**, expressa em volts, entre a substância elemental e uma solução de seus íons de concentração 1 mol/L, em relação ao eletrodo normal de hidrogênio, ao qual foi atribuído potencial igual a zero.

Esse mesmo procedimento descrito em relação ao zinco é usado para várias outras espécies. O resultado é o quadro de potenciais-padrão de redução em que são apresentadas as semirreações.

(EXERCÍCIOS)

1. (UFV-MG) Considere as semiequações e os potenciais-padrão (E^0) de redução:

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Para armazenar uma solução de sulfato de níquel (NiSO_4), poder-se-ia empregar um recipiente de:

- a) Zn apenas.
- b) Ag, Cu, Fe ou Zn.
- c) Ag apenas.
- d) Ag ou Cu.
- e) Fe ou Zn.

$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	\rightarrow	$E^0 = +0,79 \text{ volts}$
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	\rightarrow	$E^0 = +0,34 \text{ volts}$
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	\rightarrow	$E^0 = -0,25 \text{ volts}$
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	\rightarrow	$E^0 = -0,44 \text{ volts}$
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	\rightarrow	$E^0 = -0,76 \text{ volts}$





2. (PUC-RJ) É dada a seguinte célula galvânica:



Sabendo que os potenciais das semirreações são:

$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd(s)}$	\rightarrow	$E^{\circ} = -0,40 \text{ V}$
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn(s)}$	\rightarrow	$E^{\circ} = -0,76 \text{ V}$

Indique a única afirmativa correta em relação à reação espontânea que ocorre na célula:

- a) o potencial da reação é de $-1,16 \text{ V}$.
 - b) o potencial da reação é de $-0,36 \text{ V}$.
 - c) o potencial da reação é de $+1,16 \text{ V}$.
 - d) a reação é: $\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cd (s)}$.
 - e) a reação é: $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cd (s)} \rightarrow \text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn (s)}$.
3. (Ufscar-SP) Filtros de piscinas, construídos em ferro, são muito afetados pela corrosão. No processo de corrosão ocorre a dissolução lenta do metal, com a formação de íons Fe^{2+} em solução aquosa. Para a proteção dos filtros são utilizados os

chamados “eletrodos de sacrifício”. Esses eletrodos são barras de metais convenientemente escolhidos que, colocados em contato com o filtro, sofrem corrosão no lugar do ferro. Com base nos dados do quadro a seguir:

Semirreação	$E^{\circ} (\text{volt})$
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}^0$	$-2,37$
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^0$	$-0,44$
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}^0$	$-0,26$
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$	$+0,34$

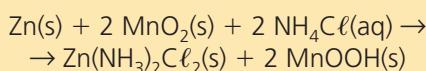
Pode-se prever que são “eletrodos de sacrifício” adequados barras de:

- a) magnésio, apenas.
- b) cobre, apenas.
- c) níquel, apenas.
- d) cobre e níquel, apenas.
- e) cobre, níquel e magnésio.

8.4 Os constituintes da pilha comum

As pilhas comuns (não alcalinas) são pilhas de dióxido de manganês e zinco. A parte externa, que tem a forma cilíndrica, é feita de zinco, envolvida na superfície com um papel plastificado, em que a marca e outras informações compõem o rótulo. O interior desse recipiente é cheio de uma pasta escura e úmida de cloreto de amônio (NH_4Cl) e cloreto de zinco (ZnCl_2). Essa pasta fica em contato com uma mistura de dióxido de manganês (MnO_2) e pó de grafita prensado, que envolve um bastão de grafita, disposto ao longo e no centro da pilha. No topo desse bastão fica uma tampinha metálica, feita de zinco, que constitui um dos contatos. Um pouco abaixo, dentro do corpo da pilha, pode existir uma arruela para manter o bastão de carbono na posição central. O fundo desse recipiente de zinco constitui o outro contato. A tampinha superior que está ligada ao carbono fica completamente isolada do cilindro externo da pilha, que é de zinco, como já informamos.

Apesar do uso generalizado desse tipo de pilha, as reações são complexas e alguns detalhes ainda não foram completamente compreendidos. A reação global principal é:

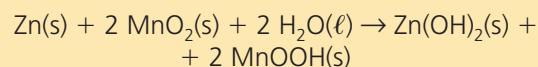


Corbis/Latinstock

Figura 8.14 – Pilha comum.

A pilha alcalina

A pilha alcalina é bem parecida com a comum. A diferença é que a pasta escura, que na pilha comum é feita de NH_4Cl e de ZnCl_2 , na pilha alcalina é constituída de uma solução aquosa de hidróxido de potássio (KOH) e óxido de zinco (ZnO). Essa pasta é altamente cáustica. A reação global para a pilha alcalina é:



ATIVIDADE 3

Explorando pilhas e baterias

Existem inúmeros formatos e tamanhos de pilhas e baterias, que vão depender de qual é sua aplicação e por quanto tempo queremos ter energia elétrica disponível. As pilhas que chamamos de “comuns” são as cilíndricas, também chamadas de pilhas zinco-carvão. Temos de diferenciá-las especialmente das pilhas alcalinas e das pilhas recarregáveis, que podem ter o mesmo formato. Esse tipo de pilha é muito utilizado em dispositivos portáteis, como rádios e brinquedos.

INVESTIGAÇÃO

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

Nesta atividade, vamos investigar como funcionam as pilhas comuns e construir outros tipos de pilha.

PARTE A – Dissecando uma pilha comum

MATERIAL

Pilha comum nova ou usada, não alcalina e não recarregável, chave de fenda e alicate de ponta de corte, jornal ou bandeja plástica, luvas grossas de borracha.

O QUE FAZER

1. Prepare, em uma mesa ou equivalente, um espaço forrado de jornal para proteger a superfície e facilitar a limpeza. Separe os materiais necessários.
2. Observe o corpo da pilha. Ele tem a forma de um cilindro com uma das bases chatas. Com a ajuda da chave de fenda e do alicate, abra a pilha e retire a capa de aço. É mais fácil começar a abrir a pilha pela sua parte oposta, que apresenta uma protuberância. Tente, com a ponta do alicate, levantar a bainha da capa metálica que contorna a pilha. Neste momento, a habilidade é mais importante do que a força.
3. Exponha as partes da pilha aberta e faça um desenho das seções que a compõem, observando rigorosamente as partes.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Com base nas informações do tópico “Os constituintes da pilha comum”, identifique todas as partes do desenho que você fez.
2. Terminada a operação, recolha separadamente as partes da pilha, colocando-as em recipientes específicos. Separe a chapa de zinco da pilha, que será usada na Parte B. Cada material deve ter um encaminhamento. Pergunte ao professor como fazê-lo.

Utilize equipamento de proteção individual (EPI) nesta prática. Cuidado ao manusear a chave de fenda e o alicate, pois podem causar ferimentos.

É importante evitar tocar em materiais desconhecidos. É preciso lembrar a natureza tóxica e perigosa da maioria das partes que compõem a pilha: o zinco é um metal pesado e a pasta residual pode conter substâncias tóxicas. No caso de contato da pele com as substâncias produzidas na pilha já usada, lave com água em abundância; se ocorrer irritação, procure um médico.

PARTE B – Moedas elétricas e pilhas de vegetais

MATERIAL

REALIZE A PRÁTICA APENAS COM
A SUPERVISÃO DO PROFESSOR

Capa de zinco separada da pilha comum na Parte A, moedas de cobre, sal de cozinha, água, papel toalha ou filtro de café de papel, tesoura, lixa fina ou palha de aço, multímetro com pontas de prova.

O QUE FAZER

1. Dissolva um pouco de sal (uma colher de café) em uma xícara de café de água. Desenhe um círculo

passando um lápis ao redor da moeda em um papel toalha ou filtro de café de papel. Corte vários círculos de papel de filtro e molhe-os na solução de sal em água.

2. Vimos na Parte A que o metal cinza que recobre a parte externa da pilha é o zinco. Prepare três discos de zinco, cortando a chapa em um círculo do mesmo tamanho das moedas de cobre. Limpe bem os discos de zinco e as moedas de cobre com uma lixa fina ou palha de aço.





3. Coloque uma moeda de cobre na mesa. Sobre a moeda, coloque um disco de zinco. Ajuste o multímetro para medir voltagem no modo de corrente contínua (DC). Encoste uma ponta de prova na moeda de cobre e a outra no disco de zinco. Observe se a voltagem medida é diferente de zero.
4. Faça um “sanduíche” com uma moeda de cobre, um pedaço de papel de filtro molhado com água e sal e o disco de zinco. O papel molhado com água e sal deve cobrir a moeda na parte de baixo completamente, evitando que ela toque a moeda de cima.
5. Usando o multímetro novamente, meça a voltagem encostando a ponta de toque vermelha na moeda de cobre e a preta no disco de zinco. Anote o valor encontrado.
6. Inverta as pontas de prova, colocando a vermelha (positiva) no zinco e a preta (negativa) no cobre. O que acontece com o valor medido? Quando medimos a voltagem colocando a ponta de prova vermelha no polo positivo da pilha, o sinal obtido será positivo. Identifique qual é o polo positivo da pilha.



Dotta2/Arquivo da editora



Dotta2/Arquivo da editora

Figura 8.15 – Construção do “sanduíche metálico”.

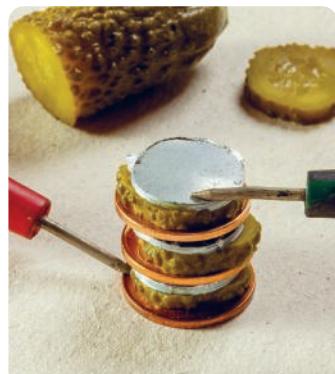
7. Prepare um segundo “sanduíche” com a moeda de cobre, papel de filtro com a solução salina e disco de zinco.
8. Coloque esse segundo “sanduíche” sobre o primeiro, de modo que a moeda de cobre fique em contato direto com o disco de zinco do “sanduíche” inferior. Meça novamente a voltagem, mas agora encostando uma ponta de prova na moeda de cobre do “sanduíche” inferior e a outra no

disco de zinco do “sanduíche” superior. O que aconteceu com a voltagem medida? O que você espera que aconteça caso coloquemos um terceiro “sanduíche metálico” na pilha?

9. Faça o experimento novamente com três “sanduíches metálicos” e meça a diferença de potencial (voltagem) entre a moeda de cobre mais embaixo e o disco de zinco no topo.
10. Substitua o papel de filtro molhado por uma rodelinha de limão ou fatia fina de batata sobre a moeda de cobre. Pepinos em conserva também funcionam muito bem e já têm o tamanho apropriado. Sobre o limão, a batata ou o pepino, coloque um disco de zinco. Ligue o multímetro e ajuste-o para medir a voltagem em corrente contínua (DC). Coloque uma ponta de teste na moeda de cobre e a outra no disco de zinco. O que você observa?



Dotta2/Arquivo da editora



Dotta2/Arquivo da editora

Figura 8.16 – | “Sanduíche metálico”.

Figura 8.17 – Pilha de | vegetais.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Quantas pilhas iguais às que você construiu no experimento seriam necessárias para acender um LED vermelho que funciona sob a tensão de 1,8 V ou fazer funcionar uma calculadora digital que utiliza uma pilha AA?
2. Na Atividade 2, sobre os potenciais-padrão de redução, vimos que alguns metais se oxidam mais facilmente do que outros. Utilize o quadro de potenciais de eletrodos-padrão para determinar, entre o zinco e o cobre, qual deles se oxida mais facilmente.
3. Para o metal selecionado na questão anterior, escreva a equação da semirreação de oxidação desse metal.
4. Consulte o quadro de potenciais eletrodos-padrão e localize o valor do potencial de oxidação do metal que está sendo oxidado nessa pilha.
5. Combine as semirreações de oxidação e de redução e escreva a equação da reação global da pilha.



8.5 Explorando pilhas e baterias

Em todas as pilhas e baterias que vemos em centenas de aparelhos, uma reação química é a responsável pela produção de energia elétrica. Carros, celulares, máquinas fotográficas, brinquedos e relógios dependem da energia fornecida por essas pilhas e baterias (uma bateria nada mais é do que uma coleção de pilhas).

O primeiro a observar que uma corrente elétrica era produzida em reações com dois metais diferentes foi Luigi Galvani (1737-1798), que percebeu o movimento de pernas de um sapo quando se encostava um bisturi de metal no músculo, que estava preso por um parafuso de bronze. Galvani atribuiu esse movimento a uma “eletricidade animal”.

Alessandro Volta (1745-1827) estudou os experimentos de Galvani e chegou à conclusão de que eram os dois metais diferentes que causavam o espasmo da perna do sapo. Em 1800, ele anunciou a invenção da pilha voltaica e demonstrou que eram os metais que produziam a eletricidade, e não o animal. O que Galvani realmente descobriu foi a natureza elétrica da condução dos impulsos nervosos.

A pilha de Volta era muito parecida com a que montamos na Atividade 3, com a diferença de que ele usou discos de zinco e prata e pedaços de papelão molhados com água e sal. É interessante notar que aquilo

que chamamos de pilha de Volta na verdade é uma bateria, isto é, uma coleção de pilhas, neste caso, muitas pilhas empilhadas.

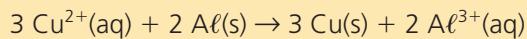
Quando colocamos uma pilha sobre a outra, estamos conectando as pilhas em série, com o polo positivo de uma encostando no polo negativo de outra, exatamente como fazemos quando um aparelho usa duas pilhas comuns. Mas, mesmo conseguindo uma voltagem maior conectando várias pilhas em série, o sistema não consegue gerar uma corrente elétrica alta o suficiente para acender uma pequena lâmpada, por exemplo. O relógio digital e o LED precisam de uma corrente muito baixa para funcionar, pois uma corrente muito alta pode até queimar seus componentes.

Como toda pilha, a que montamos também vai parar de funcionar após certo tempo. À medida que usamos a pilha, seus componentes são consumidos. Mas mesmo antes de os componentes da pilha terem se esgotado completamente, outras reações levam a pilha a parar de funcionar, pois cobrem os eletrodos com materiais que impedem a passagem de corrente, um processo chamado de polarização. As pilhas modernas contêm aditivos que prolongam sua vida útil, mas mesmo uma pilha recarregável vai parar de funcionar um dia.

8.6 Células eletroquímicas, pilhas e baterias

Um sistema no qual ocorre uma reação de oxidação e outra de redução, simultaneamente, é chamado de célula eletroquímica. Esse tipo de reação envolve trocas de elétrons. Isso pode acontecer espontaneamente, quando as espécies naturalmente mudam de estado de oxidação, gerando corrente elétrica, mas também pode não ser espontâneo. Nesses casos, a aplicação de uma corrente elétrica a um sistema promove, às vezes, as variações de estado de oxidação nas espécies, uma oxidando-se e outra reduzindo-se.

Se introduzirmos uma peça de alumínio, até mesmo um pedaço de “folha” de alumínio, em uma solução de sulfato de cobre (comercial) azul, perceberemos que, aos poucos, a solução descolora. Enquanto isso, na peça de alumínio, deposita-se uma fina camada de pó marrom-escuro, que é o cobre metálico. A equação que representa esse fenômeno é:



Chamamos de semirreação a reação de redução do cobre ou a de oxidação do alumínio, isoladamente. As semirreações estão representadas nas tabelas de potenciais de redução, mas nunca ocorrem isoladamente na natureza. Dessa maneira, só ocorre redução se houver,

simultaneamente, uma oxidação. A combinação de duas semirreações pode levar à constituição da **célula eletroquímica**.

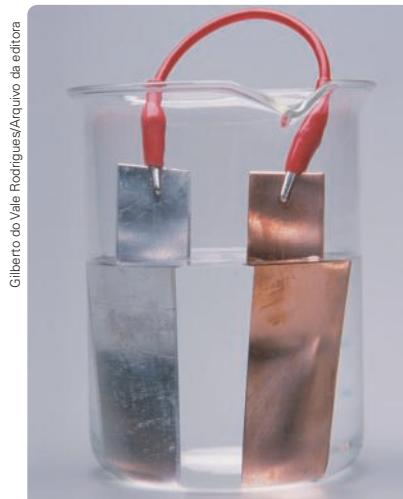


Figura 8.18
– Na célula eletroquímica ocorrem reações de oxidação e redução simultaneamente.

Chamamos de **pilha** um sistema constituído de dois eletrodos e um eletrólito, que produz energia elétrica. Esses eletrodos podem ser conectados a um aparelho elétrico. Neste caso, uma corrente elétrica flui pelo circuito. Isso ocorre porque no material de

Gilberto do Vale Rodrigues/Aquivo da editora

um dos eletrodos vai acontecer um processo de oxidação que libera elétrons. O eletrodo no qual ocorre a oxidação é denominado **anodo** ou **eletrodo negativo**. Simultaneamente, no material do outro eletrodo ocorre o processo de redução a partir dos elétrons liberados no processo de oxidação. Esse eletrodo, no qual ocorre a redução, é chamado de **catodo** ou **eletrodo positivo**. No caso de uma pilha, a reação de oxirredução é espontânea.

Se conectarmos duas ou mais pilhas, constituiremos uma **bateria**. Na prática, as duas expressões são usadas indistintamente. Originalmente, a palavra “pilha” surgiu para designar esses aparelhos justamente pela necessidade de empilhamento de várias semicélulas para gerar energia elétrica em quantidades aproveitáveis.



Figura 8.19 –
A reação entre o alumínio e o cobre é uma reação de oxirredução.

8.7 Pilha de Daniell

Como vimos no texto anterior, uma pilha é um dispositivo que produz energia elétrica.

Em 1836, John Frederic Daniell (1790-1845), um químico inglês, construiu um dispositivo que produzia energia elétrica interligando eletrodos que eram constituídos de um metal imerso em uma solução de seus íons. Esse dispositivo é a base do funcionamento das pilhas que ainda hoje utilizamos e, em homenagem a Daniell, todas as pilhas que são constituídas apenas de metais e soluções de seus respectivos sais são denominadas **pilhas de Daniell**.

Vamos descrever a constituição e o funcionamento da pilha de Daniell como referência para compreender o funcionamento de outras pilhas.

A pilha de Daniell é constituída de um eletrodo de zinco metálico (Zn) – que funciona como anodo – mergulhado em um eletrólito, uma solução aquosa de sulfato de zinco ($ZnSO_4$); e outro eletrodo de cobre metálico (Cu) – que funciona como catodo – imerso em uma solução de sulfato de cobre ($CuSO_4$). Os dois eletrodos são

unidos por um fio metálico e as duas soluções de eletrólito são unidas por uma **ponte salina**, como representado na **figura 8.20**. Na pilha de Daniell, a ponte salina é um tubo em forma de “U”, preenchido com algodão embebido em uma solução de cloreto de potássio (KCl).

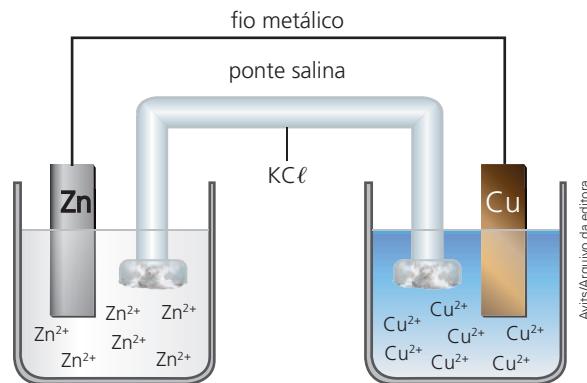


Figura 8.20 – Representação esquemática de uma pilha de Daniell. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.



Figura 8.21 –
Pilha de Daniell.

Como funciona a pilha de Daniell?

Para compreendermos como funciona a pilha de Daniell, vamos analisar cada um dos eletrodos antes que o circuito seja fechado. O eletrodo de zinco é um sistema constituído de uma placa de zinco metálico (Zn^0), mergulhada em uma solução aquosa de algum sal de zinco solúvel em água, como o sulfato de zinco ($ZnSO_4$). Essa solução contém cátions zinco (Zn^{2+}). Podemos representar o eletrodo esquematicamente pela **figura 8.22**.

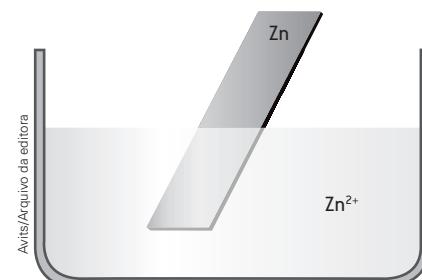
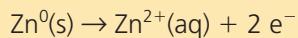
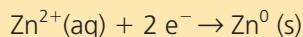


Figura 8.22 – Representação esquemática para o eletrodo de zinco, um dos constituintes da pilha de Daniell. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Nesse eletrodo, antes de o circuito elétrico ser fechado, estão presentes átomos de zinco metálico, da placa Zn^0 , e cátions zinco, da solução Zn^{2+} . Pode ocorrer a transformação do zinco metálico em cátion zinco. Essa transformação é representada pela seguinte equação:



Pode também ocorrer a transformação inversa e o cátion zinco, da solução, receber os dois elétrons do zinco metálico e se transformar em zinco metálico:



O eletrodo de cobre é um sistema constituído de uma placa de cobre metálico (Cu^0), mergulhada em uma solução aquosa de algum sal de cobre solúvel em água, como o sulfato de cobre ($CuSO_4$). Essa solução contém cátions cobre (Cu^{2+}). Podemos representar esse eletrodo esquematicamente pela figura 8.23.

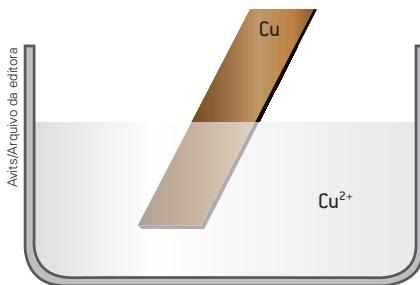
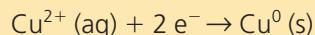
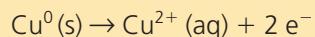


Figura 8.23 – Representação esquemática para o eletrodo de cobre, um dos constituintes da pilha de Daniell. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

De forma análoga ao que foi descrito para o eletrodo de zinco, no eletrodo de cobre as seguintes transformações podem ocorrer:



Na pilha de Daniell, os eletrodos de zinco e de cobre, mergulhados em soluções de seus respectivos íons, são conectados por um fio condutor. Assim que a conexão é feita, se estabelece a passagem de corrente elétrica pelo fio condutor e o voltímetro marca uma diferença de potencial de 1,1 V. Ao fechar-se o circuito, haverá passagem de elétrons do eletrodo de zinco para o eletrodo de cobre. Se observarmos o sistema por algum tempo, vamos perceber que:

- a placa de zinco começa a se corroer e sua massa diminui;
- a massa da placa de cobre aumenta;
- a intensidade da cor da solução azul de Cu^{2+} começa a diminuir.

A figura 8.24 representa a pilha de Daniell após o circuito elétrico ser fechado.

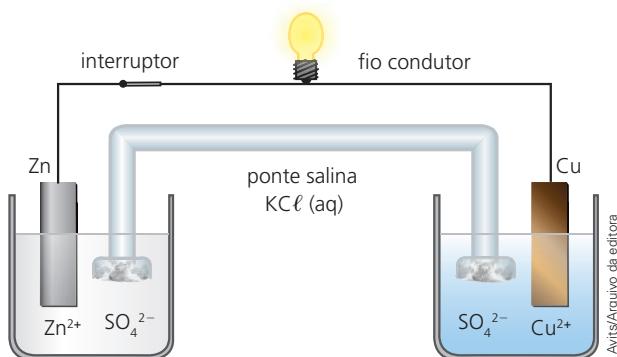


Figura 8.24 – Representação esquemática para os constituintes da pilha de Daniell: eletrodos de zinco e cobre, soluções de sulfato de zinco ($ZnSO_4$) e sulfato de cobre ($CuSO_4$), ponte salina e fio condutor, após o circuito ser fechado. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

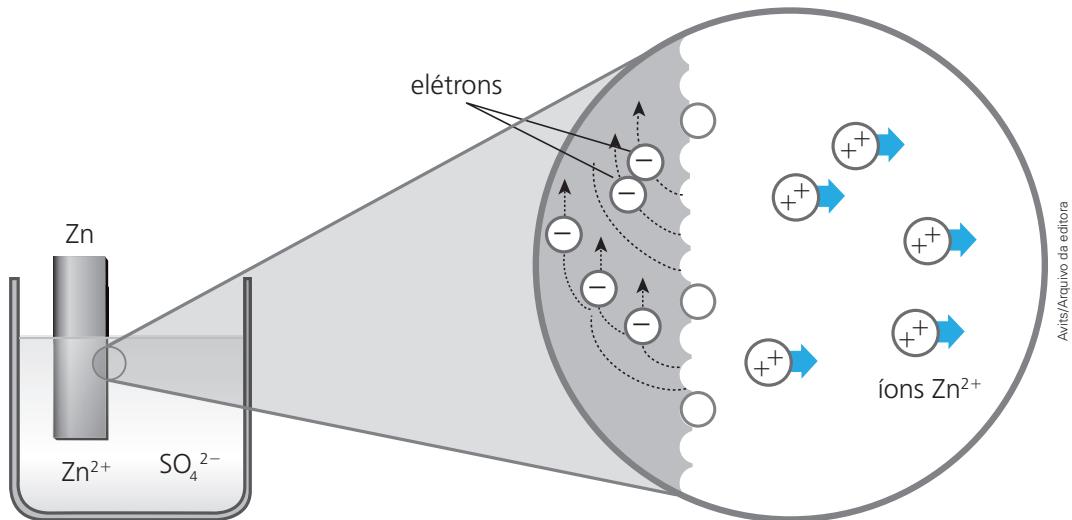
ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

1. Debata com os colegas e elabore uma possível explicação para o fato de a massa da placa de zinco diminuir. Escreva a equação química que representa o que ocorreu.
2. Apresente uma possível explicação para o fato de a placa de cobre aumentar de massa. Escreva a equação química que representa o que ocorreu.
3. Proponha uma possível explicação para o fato de a intensidade da cor da solução azul de Cu^{2+} diminuir. Escreva a equação química que representa o que ocorreu.
4. Na pilha de Daniell temos uma solução de $ZnSO_4(aq)$. Antes de o circuito ser fechado, o número de íons Zn^{2+} na solução é igual ao número de íons SO_4^{2-} . O que ocorre com a quantidade de íons, após o circuito ser fechado, à medida que o tempo passa?
5. Na pilha de Daniell temos uma solução de $CuSO_4(aq)$. Antes de o circuito ser fechado, o número de íons Cu^{2+} na solução é igual ao número de íons SO_4^{2-} . O que ocorre com a quantidade de íons, após o circuito ser fechado, à medida que o tempo passa?

Que fenômenos ocorridos na pilha de Daniell levam à produção de energia?

Quando um fio condutor é conectado aos eletrodos de zinco e cobre, o circuito é fechado. Nesse momento os átomos de zinco que constituem a placa metálica começam a perder elétrons, ou seja, tem início um processo de oxidação.

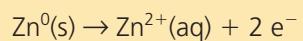
Cada átomo de zinco perde dois elétrons e se transforma no íon Zn^{2+} . Os elétrons sobem pela lâmina e vão em direção à lâmina de cobre pelo fio condutor. Os cátions zinco Zn^{2+} formados dissolvem-se na solução e aumentam sua concentração. Esse processo está representado na **figura 8.25**.



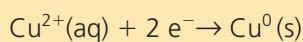
Arts/Arquivo da editora

Figura 8.25 – Representação para o processo de oxidação que ocorre no eletrodo de zinco após se fechar o circuito elétrico na pilha de Daniell. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

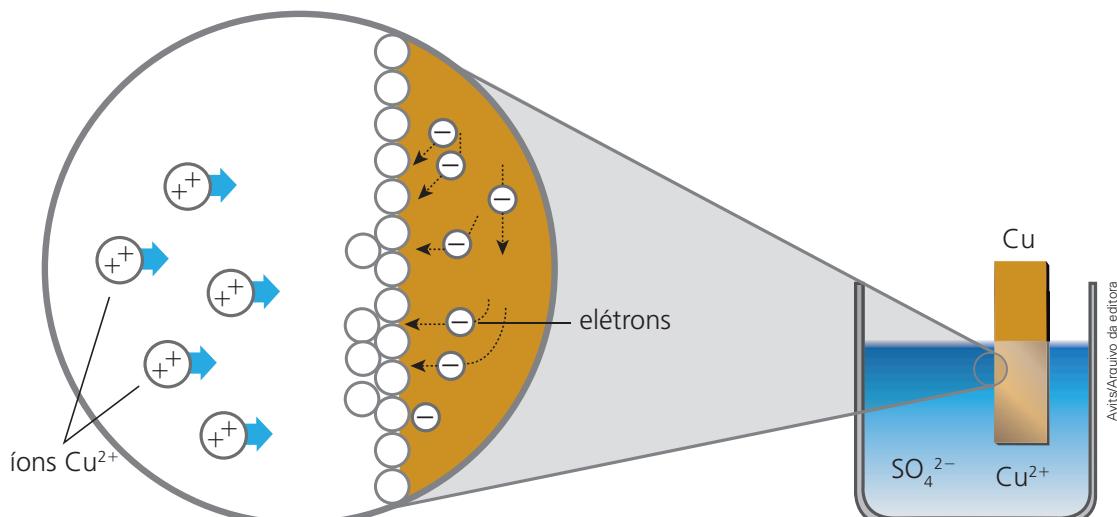
O processo de oxidação pode ser representado por:



Os elétrons liberados na oxidação do zinco chegam à placa de cobre que está imersa em uma solução de Cu^{2+} . Quando esses elétrons chegam até a superfície da lâmina de cobre, cada cátion Cu^{2+} que se aproxima dessa lâmina recebe dois elétrons, transformando-se em cobre metálico (Cu^0). Assim, no eletrodo de cobre terá início o processo de redução, que pode ser representado pela equação:



O cobre metálico (Cu^0) que vai sendo formado se deposita na lâmina. A **figura 8.26** representa o processo de redução que ocorre no eletrodo de cobre após certo tempo de funcionamento da pilha.



Arts/Arquivo da editora

Figura 8.26 – Representação para o processo de redução que ocorre no eletrodo de cobre após algum tempo de funcionamento da pilha. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.



Após algum tempo de funcionamento, poderemos representar a pilha de Daniell como mostrado na figura 8.27.

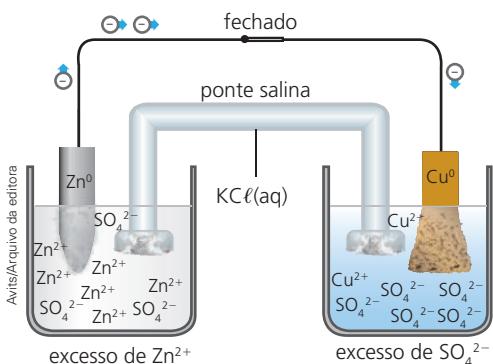


Figura 8.27 – Representação esquemática para a pilha de Daniell após algum tempo de funcionamento. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

Existe uma convenção para a representação de uma pilha. A pilha de Daniell, por exemplo, é representada por:



Nesse tipo de representação, convencionou-se posicionar os constituintes do anodo à esquerda da dupla barra e os constituintes do catodo à direita da dupla barra.

ARTICULAÇÃO DE IDEIAS

- Considerando a figura 8.27, descreva o que ocorreu com os íons que formam as soluções de sulfato de zinco (ZnSO_4) e de sulfato de cobre (CuSO_4).
- Na pilha de Daniell, a ponte salina tem a função de permitir a migração de íons de uma solução para outra, de modo que o número de íons positivos e o de íons negativos na solução de cada eletrodo permaneçam em equilíbrio. Considerando o que você descreveu sobre o que ocorre com os íons das soluções, como deve ser o movimento dos íons no interior da ponte salina?
- Represente em seu caderno uma pilha de Daniell identificando:
 - os eletrodos de zinco e cobre;
 - as soluções dos eletrólitos;
 - o sentido do fluxo de elétrons;
 - o sentido do fluxo de íons na ponte salina;
 - os polos positivo e negativo;
 - o catodo e o anodo.
- Considere um sistema no qual a lâmina de zinco seja mergulhada em solução de CuSO_4 . Esse sistema pode ser considerado uma pilha?

ATIVIDADE 4

Um procedimento para o cálculo da diferença de potencial

INVESTIGAÇÃO

Consulte o quadro 8.1 de potenciais de eletrodos-padrão para a realização desta atividade.

Nesta atividade, vamos realizar um procedimento para calcular a diferença de potencial para a pilha de Daniell. Esse procedimento também pode ser utilizado para o cálculo de diferença de potencial para outras pilhas.

O QUE FAZER

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- No caderno, escrevam a semirreação que representa o que ocorre no eletrodo de zinco.
- Em seguida, escrevam a semirreação que representa o que ocorre no eletrodo de cobre.
- Por fim, escrevam a equação total somando as semirreações. Ao escrever a equação total balanceada para a pilha de Daniell, vocês podem observar que a quantidade de átomos, a quantidade de cargas e o número de elétrons são conservados. A

diferença de potencial para essa pilha é de 1,1 V, mas como esse valor é obtido?

- Verifique no quadro 8.1 de potenciais de eletrodos-padrão, na coluna Potencial de redução, o valor para o potencial da semirreação que ocorre no catodo (processo de redução).
- Verifiquem também no quadro 8.1 de potenciais de eletrodos-padrão, na coluna Potencial de oxidação, o valor para o potencial da semirreação que ocorre no anodo (processo de oxidação).
- Para obter o valor da força eletromotriz (ΔE), façam o cálculo da diferença entre o potencial de redução do catodo e o potencial de redução do anodo.

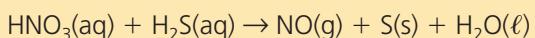
Essa diferença entre os potenciais encontrada no item 6 é chamada de **força eletromotriz** (fem). A medida da fem é feita com um voltímetro e corresponde ao valor calculado, desde que a pilha se encontre na condição-padrão. Esse procedimento pode ser utilizado também para o cálculo da força eletromotriz de outras pilhas.

8.8 Balanceamento de equações que envolvem oxidação e redução

Vocês já compreenderam como balancear equações químicas nas quais não existe variação do número de oxidação das espécies envolvidas na transformação.

Além disso, compreenderam que, em alguns tipos de reação química, o número de oxidação das espécies pode variar. Para acertar os coeficientes dessas equações, existe um procedimento um pouco diferente.

A essência desse procedimento consiste em igualar a variação total do nox da espécie que reduz com a variação total do nox da espécie que oxida. Vamos acompanhar um exemplo.



Passo 1 – Identificar os nox de todas as espécies participantes:

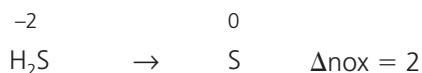
H	N	O ₃	+	H ₂	S	→	N	O	+	S	+	H ₂	O
+1	+5	-2		+1	-2		+2	-2		0		+1	-2

Passo 2 – Identificar a variação de nox das espécies que sofrem redução e oxidação:

- O nitrogênio é a espécie que sofre redução, passando de +5 para +2.



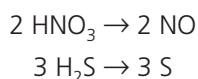
- O enxofre é a espécie que sofre oxidação, passando de 2 para 0 (zero).



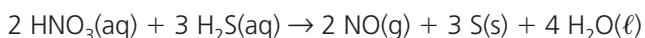
Passo 3 – Multiplicar o valor de Δnox pelo índice do elemento envolvido:

- Neste caso, o índice do nitrogênio e do enxofre é igual a 1.

Passo 4 – Inverter a variação do nox. A variação do nox do nitrogênio será o coeficiente do H₂S e a variação do nox do enxofre será o coeficiente do HNO₃:



Passo 5 – Reescrever a equação com os novos coeficientes e acertar os outros coeficientes por tentativa:



EXERCÍCIOS

1. Faça, no caderno, o balanceamento das equações a seguir:

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Pb(s) + PbO₂(s) + H₂SO₄(aq) → PbSO₄(s) + H₂O(l)
- KNO₂(aq) + KMnO₄(aq) + H₂SO₄(aq) → K₂SO₄(aq) + MnSO₄(aq) + KNO₃(aq) + H₂O(l)
- K₂Cr₂O₇(aq) + H₂SO₄(aq) + KI(aq) → K₂SO₄(aq) + Cr₂(SO₄)₃(aq) + H₂O(l) + I₂(s)
- KMnO₄(aq) + SnCl₂(aq) + HCl(aq) → KC₂O(aq) + MnCl₂(aq) + SnCl₄(aq) + H₂O(l)
- NO₂(g) + H₂O(l) → HNO₃(aq) + NO(g)
- CuS(s) + HNO₃(aq) → CuSO₄(aq) + NO(g) + H₂O(l)

ATIVIDADE 5

Um exemplo de eletrólise

A eletrólise é outro exemplo de reação de oxirredução que se passa numa célula eletroquímica, assim como ocorre com as pilhas e as baterias. Enquanto nas pilhas a energia elétrica é produzida, pois a reação de oxirredução é espontânea, na eletrólise é necessário o fornecimento de energia para que a reação ocorra, pois ela não é espontânea. Para melhorar nossa compreensão desses sistemas, vamos discutir alguns conceitos.

Uma célula eletroquímica é normalmente composta de dois eletrodos, onde vão ocorrer as duas semirreações: uma de oxidação e outra de redução.

O eletrodo no qual ocorre a oxidação é chamado de anodo; o eletrodo em que ocorre a redução, catodo.

Além desses eletrodos, a célula é composta ainda de um eletrólito, que é o meio (geralmente uma solução) em que estão imersos os eletrodos e é responsável pela condução da corrente elétrica, na forma de íons, do anodo para o catodo. Para fechar o circuito, há ainda uma ligação entre os eletrodos, por onde os elétrons migram do anodo para o catodo.

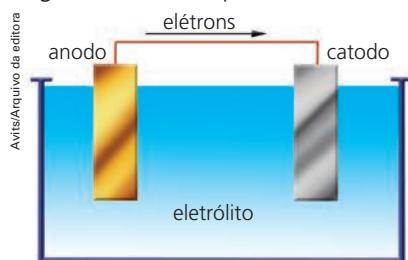


Figura 8.28 – Representação esquemática de célula eletroquímica. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

INVESTIGAÇÃO



Nesta atividade, vocês vão investigar a eletrólise de uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI) e identificar os produtos formados nos eletrodos.

Evite o contato da solução de KI com a pele. Se isso ocorrer, lave com bastante água.

MATERIAL

Um bêquer de 250 mL, dois eletrodos de grafita, uma fonte de corrente contínua (ou uma bateria de 9 V) e fios para conexão, solução de iodeto de potássio (KI) 0,5 mol/L, papel indicador universal, fenolftaleína, um conta-gotas.

O QUE FAZER

- Montem o dispositivo para a eletrólise utilizando o bêquer. Usem, como modelo, o esquema para célula eletroquímica apresentado na **figura 8.29**.

- Utilizando o papel indicador, verifiquem se a solução de KI é ácida, básica ou neutra (pH). Registrem o resultado no caderno.
- Enchem o bêquer com a solução de KI até chegar a 2 cm das bordas e adicionem 10 gotas de fenolftaleína.
- Coloquem os dois eletrodos de grafita no bêquer, de modo que fiquem em lados opostos.
- Peçam ajuda ao professor para realizar as ligações, e deixem a eletrólise se processar durante aproximadamente 15 minutos.



Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 8.29 – Alguns materiais necessários para a atividade. A fonte pode ser substituída por uma bateria de 9 V.

- Observem o processo e anotem no caderno as modificações que forem evidentes para os dois eletrodos. Descrevam o aspecto das soluções de KI antes da eletrólise, do eletrodo positivo e do eletrodo negativo, relacionando-o com o pH da solução.

REFLEXÃO

NÃO ESCREVA NO LIVRO



Consulte o quadro 8.1 de potenciais de eletrodos-padrão para a realização dessa atividade.

- Listem as espécies iônicas presentes na solução antes de o processo de eletrólise ser iniciado.
- Consultando o quadro 8.1 de potenciais de eletrodos-padrão, sugiram as possíveis reações de oxirredução que envolvem os íons presentes inicialmente.
- Considerando os resultados obtidos após a eletrólise (veja o 6º item, acima), escrevam as equações que representam os processos que ocorreram nos eletrodos positivo e negativo.
- Verifiquem o número de elétrons envolvidos em cada equação e ajustem o coeficiente das espécies para balancear as cargas e as massas em cada equação.
- Escrevam a equação que representa o processo completo da eletrólise do iodeto de potássio (KI), somando as equações obtidas para os processos de redução e de oxidação.

8.9 Alguns exemplos que envolvem o uso da eletrólise para obtenção de materiais

Todos os dias, direta ou indiretamente, nossa vida está relacionada a produtos de reações de eletrólise.

Por exemplo, na maioria das cidades em que a água é tratada, utiliza-se cloro para matar bactérias. O cloro elementar não existe livre na natureza e é obtido por um processo de eletrólise.

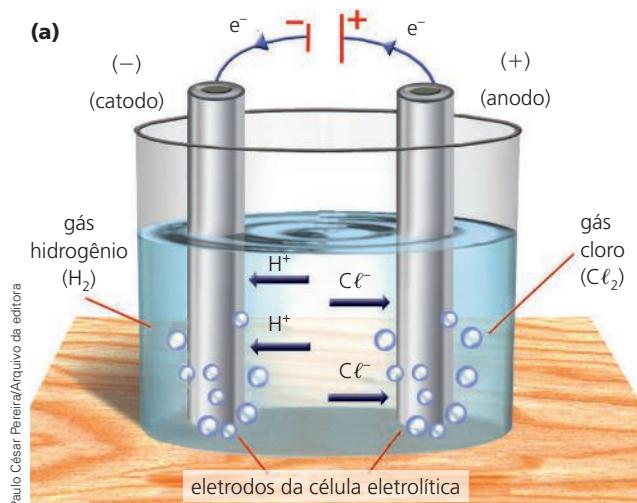


Figura 8.30 – a) O cloro é obtido por eletrólise do NaClO_3 , o sal de cozinha. Os elementos representados não estão em proporção. Cores fantasia. b) Micrografia eletrônica do cristal de NaClO_3 . Cores fantasia.

O processo de eletrólise também pode ser utilizado para cobrir uma peça metálica com outro tipo de metal (figura 8.31).



Figura 8.31 – É possível utilizar o processo de eletrólise para banhar uma colher de metal com prata.



Muitos dos metais que utilizamos são obtidos por eletrólise. Quantidades comerciais de alumínio são produzidas por meio da eletrólise de óxido de alumínio (Al_2O_3). Essa reação de obtenção do alumínio pode ser representada pela seguinte equação:

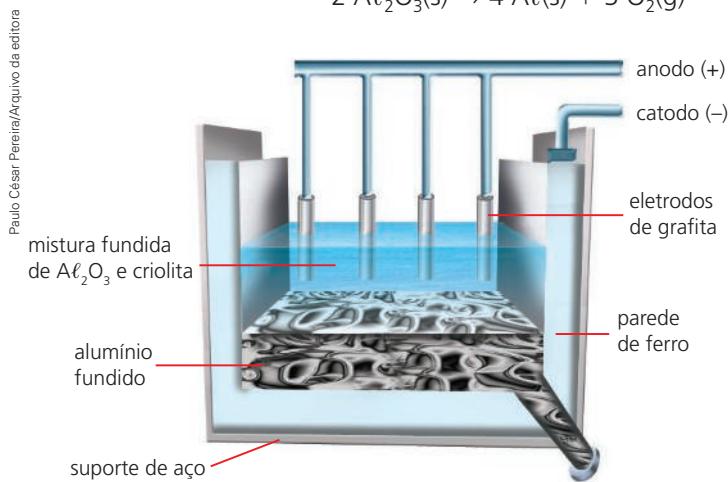
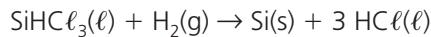


Figura 8.32 – Representação esquemática da eletrólise do alumínio. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

O óxido de alumínio é obtido pelo processamento da bauxita, um minério de alumínio.

Até há pouco tempo, na fabricação de automóveis, vários acessórios, como os para-choques de aço, eram revestidos de cromo. Esse revestimento era feito por eletrodeposição, não só para o embelezamento das peças, mas também para sua proteção contra a corrosão. As peças cromadas em para-choques de aço não são mais usadas nos automóveis modernos; elas foram substituídas por peças de material plástico. No entanto, a cromagem de peças de aço continua a ser usada para garantir a resistência à corrosão no uso em móveis, eletrodomésticos, etc.

Uma forma muito pura do silício, necessária para a produção de *chips* de computadores, também é obtida por meio de uma reação de oxirredução entre triclorosilano (SiHCl_3) e hidrogênio de alta pureza e pode ser representada pela seguinte equação:



Oleksandr Kalinichenko/Shutterstock/Glow Images

Figura 8.33 – Peças de uma moto revestidas de cromo.

8.10 Vantagens e riscos do alumínio

Nosso contato com reações que envolvem oxirredução não se limita ao uso de baterias ou agentes desinfetantes, como o hipoclorito. Considerando o poder redutor da vitamina C, muitas reações desse tipo devem ocorrer em nosso organismo.

Muitos metais são obtidos por reações de oxirredução. Como dissemos, o alumínio metálico é obtido por eletrólise.

Entre os metais, o alumínio é o mais abundante na crosta terrestre. Considerando-se todos os elementos, é o terceiro em abundância depois do oxigênio e do silício. Apesar disso, as reservas conhecidas de alumínio são menores que as de ferro.



Werner Riedel/kno.com.br

Figura 8.34 – Lingotes de alumínio que são obtidos por eletrólise.

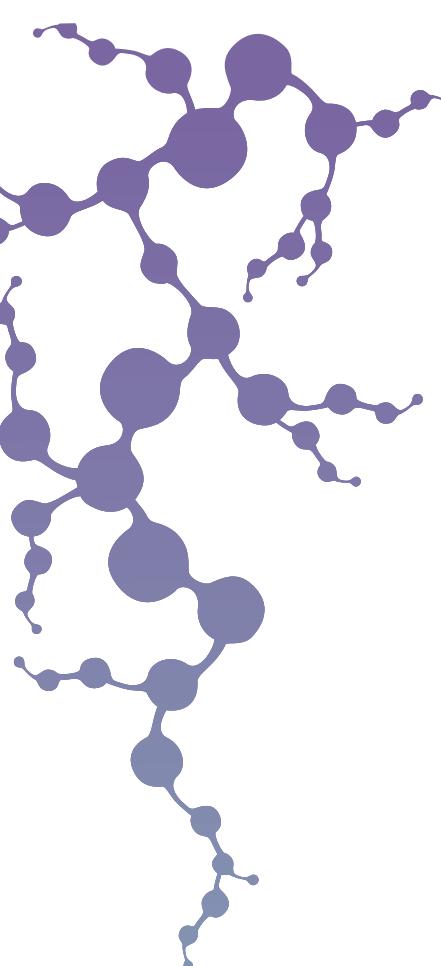
O alumínio, o sódio e o magnésio são os agentes redutores mais fortes de que se dispõe. A forte tendência dos metais, comparada aos não metais, para perder elétrons e transformar-se em íons positivos em solução aquosa resulta – em parte – do fato de seus elétrons de valência não estarem fortemente ligados e apresentarem, portanto, baixa energia de ionização.

Os três elementos citados anteriormente são sempre encontrados na natureza na forma de compostos e nunca no estado livre, pois seus átomos geralmente perdem elétrons ao reagir com átomos de outros elementos. Os três reagem com a água desprendendo gás hidrogênio (H_2). Com o sódio a reação é violenta e muito rápida, o que torna necessário acondicioná-lo em querosene para evitar o contato com a umidade do ar.

Para o magnésio e o alumínio, a reação produz uma fina camada de óxido sobre a superfície metálica, a qual adere fortemente ao metal, formando uma camada protetora que impede o contato entre ele e a água (ou o ar). Essa proteção explica a notável resistência do alumínio aos agentes atmosféricos, propriedade responsável por sua aplicação tão diversa.

Um composto de alumínio também é utilizado no tratamento de água das grandes cidades. Emprega-se sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) como agente coagulante para as impurezas em suspensão. Com a precipitação de $Al(OH)_3$, é muito baixa a quantidade de alumínio residual na água.





Se, por um lado, encontramos aplicações muito positivas do alumínio no cotidiano, por outro há os perigos decorrentes de sua produção industrial.

A instalação de fábricas de alumínio acarreta várias transformações nas regiões próximas e configura uma situação de risco para os seres vivos. O processo de produção demanda muita energia e libera, para a atmosfera, compostos de flúor (provenientes da criolita), além de outros compostos danosos à saúde humana.

Atingidas por esses e outros materiais particulados que ficam em suspensão no ar, as folhas da vegetação ficam queimadas e a qualidade do ar é prejudicada. São muito bem-vindas, portanto, as iniciativas e os estímulos ao reaproveitamento do alumínio por meio da reciclagem de latas de refrigerante e de outras bebidas.

O alumínio não é um elemento essencial ao organismo humano. Ao contrário, é altamente tóxico. Os sintomas associados à presença de alumínio no organismo foram, até o momento, detectados como anemia, distúrbios nos ossos e problemas nas funções cerebrais.



Figura 8.35 – Fábrica de reciclagem de alumínio em Pindamonhangaba, SP, 2018.

No entanto, é muito difícil não tirar proveito, atualmente, das vantagens oferecidas pelo alumínio. Ele é leve, duro, tem boa aparência e não se oxida como o ferro. É raro o planejamento de casas, prédios ou equipamentos que não inclua partes ou peças de alumínio. O mesmo acontece com outros materiais, transformados ou não, que retiramos da natureza, como o plástico e o papel. Queremos pias de mármore ou granito, bonitas e duráveis, eletrodomésticos da melhor qualidade, móveis de madeira forte. E nos esquecemos de que isso tem um custo. Ao escrever no papel ou ler o texto deste livro, por exemplo, geralmente não nos lembramos de que isso envolve a destruição de florestas. Não é fácil alcançar o equilíbrio entre o conforto, a qualidade de vida e as implicações das interferências humanas na natureza. No entanto, é importante refletir sobre como cada um de nós pode contribuir para esse equilíbrio. Como consumidores, por exemplo, podemos mudar nossos hábitos, responsabilizando-nos pelo descarte dos materiais, por meio da reciclagem, e diminuindo o consumo de embalagens descartáveis.

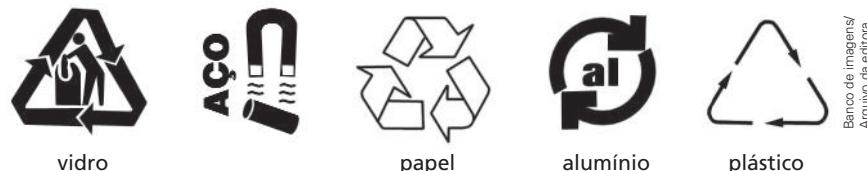


Figura 8.36 - A reciclagem de materiais é essencial atualmente. Na figura, os símbolos de reciclagem para diversos produtos.

ATIVIDADE 6

Baterias

Existem vários tipos de baterias fabricadas com metais e eletrólitos diferentes. Esses dispositivos, porém, podem representar um risco grande ao meio ambiente e à saúde se forem mal utilizados e/ou descartados de forma incorreta. Nesta atividade, vocês conhecerão alguns tipos de baterias, seus componentes, funcionamentos, algumas etapas dos processos de produção e as formas corretas de descarte.

PROJETO ▶ CONHECENDO AS BATERIAS: DOS COMPONENTES AO DESTINO FINAL



NÃO ESCREVA NO LIVRO



Apresentamos, a seguir, alguns temas para um trabalho de pesquisa sobre baterias. Vocês devem escolher um deles:

- a) **bateria chumbo/ácido:** componentes, funcionamento e principais reações do processo de gerar a carga.
- b) **bateria chumbo/ácido:** origem da matéria-prima e destino dado ao chumbo e a outros materiais.
- c) **bateria chumbo/ácido:** condições de trabalho dos empregados das fábricas e lojas que vendem e recarregam baterias.
- d) **bateria níquel/cádmio:** componentes, funcionamento e principais reações do processo de gerar a carga.
- e) **bateria níquel/cádmio:** origem da matéria-prima e destino final.
- f) **bateria de íons lítio:** componentes, funcionamento e principais reações do processo de gerar a carga.
- g) **bateria de íons lítio:** origem da matéria-prima e destino final.

O QUE FAZER

1. Apresentem ao professor um planejamento do trabalho do grupo que envolva: consulta a livros, revistas, internet, etc., visitas, entrevistas, correspondência com empresas ou instituições que estejam envolvidas com o tema.
2. Após o debate e a aprovação do planejamento pelo professor, desenvolvam o trabalho por escrito, anexando ilustrações, fotos e/ou outros materiais disponíveis. Não se esqueçam de indicar as fontes consultadas.
3. Planejem e preparem, após conversa com o professor, uma apresentação para a turma sobre o trabalho realizado pelo grupo. Caso se sintam confortáveis, preparem uma palestra para a comunidade escolar.

PARA SABER +

Para aprofundar seus conhecimentos sobre pilhas, sugerimos a seguinte sequência de vídeos produzidos pela PUC-RJ:

- Tudo se transforma – pilhas e baterias. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=YhOTy_ltu-8.
- A química do fazer – pilhas e baterias. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ghTtUVz1DQ>.
- Conversa periódica – pilhas e baterias, reações espontâneas de oxirredução. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PjhiwFvP49k>.
- A química do fazer – metais: alumínio. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=iVZBhubw8ul>.

Acesso em: 18 jun. 2020.



QUESTÕES DE EXAMES

NÃO ESCREVA NO LIVRO



CAPÍTULO 6

1. (Unespar) Depois de ministrar o conteúdo sobre calor e temperatura, o professor divide os alunos em 4 grupos para que elaborem um resumo sobre suas principais conclusões a respeito dos fundamentos desses conceitos.

I. Sabemos que calor é uma das formas de energia que se propaga na forma de ondas eletromagnéticas. Num meio material, o calor pode se propagar por condução ou convecção. Os termômetros medem o grau de agitação das moléculas, grandeza que caracteriza a temperatura do corpo;

II. O termômetro é um instrumento que quantifica o calor contido num corpo. Quanto maior a temperatura do corpo, mais calor ele tem armazenado. Quando o corpo com mais calor entra em contato com outro com quantidade menor de calor, observa-se uma troca de calor entre eles;

III. O calor é uma energia em trânsito em função da diferença de temperatura entre 2 ou mais corpos. O calor flui do corpo com menor temperatura para o corpo que apresenta maior temperatura. Os termômetros no Brasil utilizam a escala Celsius, que é dividida por 180;

IV. A temperatura absoluta do corpo, dada na escala Kelvin, é obtida através de um termômetro a gás que mede o calor propagado pelo corpo. Ou seja, apenas o termômetro a gás mede o calor absoluto do corpo.

Assinale a alternativa que apresenta o(s) resumo(s) com conceitos CORRETOS.

- a) Apenas I;
- b) Apenas II e IV;
- c) Apenas I, III e IV;
- d) Apenas IV;
- e) Todos os resumos estão corretos.

2. (Fuvest-SP) Em uma garrafa térmica, são colocados 200 g de água à temperatura de 30°C e uma pedra de gelo de 50 g, à temperatura de -10°C. Após o equilíbrio térmico,

Note e adote:

calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g;

calor específico do gelo = 0,5 cal/g °C;

calor específico da água = 1,0 cal/g °C.

- a) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 7 °C.
- b) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 0,4 °C.

c) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 20 °C.

d) nem todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 0 °C.

e) o gelo não derreteu e a temperatura de equilíbrio é -2 °C.

3. (Unespar) Com relação aos processos de variação da temperatura, qual(is) deles necessitam da existência de um meio material para que possam ocorrer?

a) Condução, convecção e irradiação;

b) Apenas a condução;

c) Condução e convecção;

d) Condução e irradiação;

e) Convecção e irradiação.

4. (PUC-SP) Em um recipiente termicamente isolado, de capacidade térmica desprezível, introduz-se um cubo de gelo a 0°C, de massa igual a 135 g. Depois, calor é fornecido ao gelo, até que ele apresente-se completamente liquefeito e a uma temperatura de 4°C. Quais são a variação aproximada do volume e a quantidade total de calor fornecido? Considere que todo o calor fornecido foi absorvido exclusivamente pela água nos estados sólido e líquido.

Dados: $d_{água} = 1,0 \text{ g/cm}^3$; $d_{gelo} = 0,9 \text{ g/cm}^3$;

calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g;

calor específico da água = 1cal/g°C e pressão atmosférica = 1 atm.

a) $13,5 \text{ cm}^3$ e 10800 cal

b) $13,5 \text{ cm}^3$ e 11340 cal

c) $13,5 \text{ cm}^3$ e 43200 cal

d) $15,0 \text{ cm}^3$ e 11340 cal

e) $15,0 \text{ cm}^3$ e 10800 cal

CAPÍTULO 7

1. (Unicamp-SP) Músculos artificiais feitos de nanotubos de carbono imbebidos em cera de parafina podem suportar até duzentas vezes mais peso que um músculo natural do mesmo tamanho. Considere uma fibra de músculo artificial de 1 mm de comprimento, suspensa verticalmente por uma de suas extremidades e com uma massa de 50 gramas pendurada, em repouso, em sua outra extremidade. O trabalho realizado pela fibra sobre a massa, ao se contrair 10%, erguendo a massa até uma nova posição de repouso, é

Se necessário, utilize $g = 10 \text{ m/s}^2$

a) $5 \times 10^{-3} \text{ J}$.

c) $5 \times 10^{-5} \text{ J}$.

b) $5 \times 10^{-4} \text{ J}$.

d) $5 \times 10^{-6} \text{ J}$.

- 2.** (Cederj) Uma amostra de gás ideal está aprisionada em uma seringa de vidro que está em contato térmico com o meio ambiente. Lentamente, o êmbolo é pressionado (sem deixar escapar gás) até que o volume do gás diminui à metade e a sua pressão é dobrada. Sobre a temperatura T do gás e o sinal do trabalho realizado por ele, nesse processo, conclui-se que
- T não muda e o trabalho é positivo.
 - T diminui e o trabalho é positivo.
 - T aumenta e o trabalho é negativo.
 - X d)** T não muda e o trabalho é negativo.

- 3.** (UFPR) Em Termodinâmica, estudamos processos importantes que fazem parte de ciclos utilizados em máquinas térmicas, alguns dos quais de grande relevância tecnológica, além de científica. Com relação ao que ocorre com um gás ideal, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas

- (V) Em todo processo isovolumétrico, também chamado de isocórico, o trabalho realizado pelo gás é nulo.
- (V) Em todo processo adiabático, a energia interna do gás é constante.
- (V) Em todo processo isobárico, não há trocas de calor entre o gás e o meio externo.
- (V) Em todo processo isotérmico, a temperatura do gás aumenta quando há realização de trabalho sobre ele.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- V – V – V – V.
 - F – V – F – F.
 - F – V – F – V.
 - d)** F – F – V – F.
 - X e)** V – F – F – F.
- 4.** (PUC-RS) Em uma máquina térmica ideal que opere em ciclos, todos os processos termodinâmicos, além de reversíveis, não apresentariam dissipação de energia causada por possíveis efeitos dos atritos internos nos mecanismos ou turbulências no fluido operador da máquina. O ciclo de Carnot é um bom exemplo de processo termodinâmico idealizado, que apresentaria a maior eficiência possível na transformação de calor em trabalho útil. A eficiência para uma máquina de Carnot operando entre as temperaturas absolutas de 300 K e 900 K seria de aproximadamente _____, e a entropia do sistema ficaria _____ durante o processo.
- 66% – maior
 - X b)** 66% – igual
 - 33% – menor
 - d)** 33% – maior
 - e)** 100% – igual

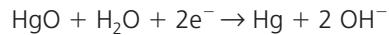
- 5.** (Enem) Até 1824 acreditava-se que as máquinas térmicas, cujos exemplos são as máquinas a vapor e os atuais motores a combustão, poderiam ter um funcionamento ideal. Sadi Carnot demonstrou a impossibilidade de uma máquina térmica, funcionando em ciclos entre duas fontes térmicas (uma quente e

outra fria), obter 100% de rendimento. Tal limitação ocorre porque essas máquinas

- realizam trabalho mecânico.
- X b)** produzem aumento da entropia.
- utilizam transformações adiabáticas.
- contrariam a lei da conservação de energia.
- funcionam com temperatura igual à da fonte quente.

CAPÍTULO 8

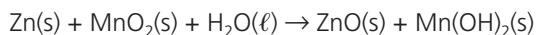
- 1.** (PUC-MG) As pilhas de mercúrio são muito utilizadas em relógios, câmaras fotográficas, calculadoras e aparelhos de audição. As reações que ocorrem durante o funcionamento da pilha são:



Sobre essa pilha, indique a afirmativa INCORRETA:

- O HgO funciona como o ânodo da pilha.
- O zinco metálico é o agente redutor.
- A reação se realiza em meio alcalino.
- O zinco sofre um aumento de seu número de oxidação.
- O oxigênio não varia seu número de oxidação.

- 2.** (Udesc) Uma importante aplicação das células galvânicas é seu uso nas fontes portáteis de energia a que chamamos de baterias. Considerando a reação espontânea de uma bateria alcalina descrita abaixo, é correto afirmar:



- Zinco metálico é o agente redutor, pois sofreu redução no ânodo, perdendo dois elétrons.
- O óxido de manganês sofre oxidação no cátodo, ao ganhar dois elétrons.
- O óxido de manganês sofre redução no ânodo, ao ganhar dois elétrons.
- Zinco metálico é o agente redutor, pois sofreu oxidação no cátodo, perdendo dois elétrons.
- X e)** Zinco metálico é o agente redutor, pois sofreu oxidação no ânodo, perdendo dois elétrons.

- 3.** (UFPR) As pilhas são importantes produtos na sociedade de hoje. Sobre as pilhas eletroquímicas, indique a alternativa correta.

- No eletrodo conhecido como cátodo ocorre a semirreação de oxidação.
- X b)** O polo positivo da pilha é cátodo.
- Para que ocorra reação química nas pilhas é necessário fornecer energia elétrica ao circuito.
- O fluxo de elétrons pela parte do circuito externo da pilha ocorre do polo positivo para o negativo.
- Nas pilhas ocorre a eletrólise.

Referências bibliográficas comentadas

A seguir, apresentamos algumas das principais referências bibliográficas que contribuíram para a elaboração deste volume.

AGUIAR, O. *Sequências de Ensino de Física orientadas pela pesquisa: experiências do Pibid e Pró-Mestre-UFMG*. Belo Horizonte: Fapemig, 2018.

Nesse livro são apresentadas reflexões sobre uma proposta de ensino de Termodinâmica com enfoque em Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA). Os autores discutem o uso dos motores a combustão associados ao problema da poluição causada nas cidades.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

Esse livro foi utilizado como referência para a unidade 1 desta obra, pois aborda conceitos importantes relacionados às reações químicas.

BOCCHI, Nerilso et al. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 11, p. 3-9, maio 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>. Acesso em: 3 set. 2020.

O artigo explica o funcionamento das pilhas mais comuns e as questões ambientais associadas ao seu descarte.

ESTRUTURA da matéria. *Química Nova na Escola*, São Paulo, maio 2001. (Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, n. 4). Disponível em: <http://qnesc.sbn.org.br/caderno.php?idCaderno=5>. Acesso em: 3 set. 2020.

Esse caderno temático contribuiu na elaboração dos conceitos da unidade 1 relacionados a moléculas, ligações químicas e interações moleculares.

MATEUS, A. L. Modelos moleculares com corte a laser. *XCiência*, [s.l.], 12 dez. 2019. Disponível em: <http://www.xciencia.org/2019/12/12/modelos-moleculares-com-corte-a-laser/>. Acesso em: 3 set. 2020.

Nessa página, o professor de Química Alfredo Luís Mateus indica como obter modelos moleculares de baixo custo usando uma máquina de corte a laser disponível em vários espaços maker e FabLabs.

MATEUS, A. L.; MOREIRA, M. G. *Construindo com PET*: como ensinar truques novos com garrafas velhas. São Paulo: Livraria da Física, 2007.

O livro apresenta passo a passo a construção de um modelo molecular utilizando garrafas PET.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Calor e temperatura no ensino da Termoquímica. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 7, p. 30-34, maio 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc07/aluno.pdf>. Acesso em: 3 set. 2020.

Esse artigo discute as concepções dos estudantes sobre calor e temperatura, sugerindo quatro atividades para explicitá-las e favorecer a construção dos conceitos científicos correspondentes, que são básicos para a aprendizagem de conceitos mais avançados de Termoquímica.

OLIVEIRA, R. J.; SANTOS, J. M. A energia e a Química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 8, p. 19-22, nov. 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc08/conceito.pdf>. Acesso em: 3 set. 2020.

Nesse artigo, questiona-se a utilização da expressão “energia química”, o que contribui para a análise de como costumamos lidar criticamente com as definições da ciência.

PERUZZO, J. *Experimentos de Física básica: Termodinâmica, Ondulatória e Óptica*. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

No livro são sugeridos diversos experimentos nos quais nos baseamos para elaborar conteúdos relacionados ao estudo de calor e temperatura.

TOLENTINO, Mario et al. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 11, p. 35-39, maio 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc11/v11a08.pdf>. Acesso em: 3 set. 2020.

O artigo relata a história da invenção da pilha elétrica por Alessandro Volta e sua controvérsia com Luigi Galvani.

YOUNG, H.; FREEDMAN, R. *Física II: Termodinâmica e Ondas*. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

A Termodinâmica é um dos assuntos tratados no livro e constituiu parte do material bibliográfico consultado para a elaboração deste capítulo.



MANUAL DO PROFESSOR



Ciências da Natureza e suas Tecnologias



Sumário

Orientações gerais	163
1. O Novo Ensino Médio	163
O contexto legislativo	163
Principais mudanças	163
Perguntas e respostas	164
Papel do professor e do estudante nesse novo contexto	164
O desenvolvimento de um estudante autônomo e ético	165
2. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)	165
Competências gerais da Educação Básica	166
O ensino por áreas do conhecimento	166
Trabalho com habilidades e competências	168
Competências e habilidades nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias	169
3. Temas Contemporâneos Transversais (TCT)	173
4. Culturas juvenis e projeto de vida	174
As culturas juvenis	174
Projeto de vida: cada jovem com o seu	174
5. Saúde dos jovens	175
6. Cultura de paz	176
7. O ensino da argumentação	176
8. Inferência nos processos de leitura	178
9. Pensamento computacional	178
10. Características da obra	179
Estrutura da obra	179
Fundamentos da nossa proposta: um ensino de Ciências da Natureza inovador	181
A avaliação	197
11. Sugestões de leitura comentadas	199
12. Referências bibliográficas comentadas	200
Orientações específicas	203
Capítulo 1 Introdução às transformações químicas	207
Capítulo 2 A massa muda? Conservação da matéria	212
Capítulo 3 Evitando desperdício nas reações: Química Verde	218
Capítulo 4 Ligações químicas e interações entre átomos	231
Capítulo 5 Interações intermoleculares	244
Capítulo 6 Calor, temperatura e propriedades térmicas dos materiais	249
Capítulo 7 Leis da Termodinâmica e máquinas térmicas	262
Capítulo 8 Armazenando energia elétrica	271

Orientações gerais

1. O Novo Ensino Médio

Você provavelmente vem acompanhando há algum tempo as mudanças que estão ocorrendo no âmbito curricular, sendo uma delas o **Novo Ensino Médio**. Além disso, há também a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), alteração que não se restringe à etapa do Ensino Médio, mas afeta todo o Ensino Básico.

O Novo Ensino Médio é motivado por algumas demandas, como a necessidade de um currículo que dialogue mais com as necessidades dos estudantes e proporcione maior poder de escolha e motivação. Nesse novo formato, os estudantes escolhem alguns percursos formativos mais específicos – os itinerários. Dessa forma, espera-se que o Novo Ensino Médio seja mais conectado ao futuro profissional e acadêmico dos jovens e permita mais autonomia na construção do projeto de vida de cada um deles.

► O contexto legislativo

Antes de entrarmos em mais detalhes sobre as mudanças que o Novo Ensino Médio traz, é importante entendermos o histórico do Ensino Médio estabelecido pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB) (Lei n. 9 394, de 20 de dezembro de 1996).

A LDB, em seu artigo 35, estabelece que a etapa do Ensino Médio deve ter como objetivos:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 6 ago. 2020.

A LDB é, de certa forma, um marco histórico e legislativo. Com ela, uma série de questões curriculares foi estabelecida tanto para a Educação Básica – como o próprio Ensino Médio – quanto para o Ensino Superior. O Novo Ensino Médio, por sua vez, foi estabelecido na forma de uma nova lei em 2017 (Lei n. 13 415/2017), que alterou justamente a LDB e outras leis, além de instituir a “Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral”, segundo o texto da própria lei.

► Principais mudanças

O Novo Ensino Médio prevê que todas as escolas do país – públicas ou particulares – adotem mudanças, que vão desde a carga horária até a oferta de disciplinas para a etapa final da Educação Básica. Pela complexidade da mudança, está previsto que a implementação completa ocorra até 2022, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) apresentadas em um documento que detalha como o Novo Ensino Médio deve ser estabelecido (BRASIL, 2018a).

A seguir, apresentamos algumas das principais mudanças:

■ Carga horária ampliada

Até 2022, a carga horária deve passar de 2 400 horas para 3 000 horas, considerando os três anos da etapa do Ensino Médio. Essa é uma das principais mudanças e visa atender à necessidade de maior carga horária para o desenvolvimento de projetos em escolas de tempo integral e à criação de espaço para o desenvolvimento dos itinerários formativos.

■ Escola de tempo integral

Uma das bandeiras do Novo Ensino Médio é a **Política de Escolas de Tempo Integral**. Embora nem todas as escolas tenham que, obrigatoriamente, passar para a modalidade de tempo integral, a lei do Novo Ensino Médio estimula que o número de escolas nessa modalidade seja progressivamente ampliado. Isso já vinha sendo proposto pelo Plano Nacional de Educação (PNE), estabelecido em 2014. O PNE tem como meta 6: “oferecer educação em tempo integral em, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) das escolas públicas, de forma a atender, pelo menos, 25% (vinte e cinco por cento) dos(as) alunos(as) da Educação Básica”. (BRASIL, 2014)

■ Itinerários formativos

Segundo o Ministério da Educação:

Os itinerários formativos são o conjunto de disciplinas, projetos, oficinas, núcleos de estudo, entre outras situações de trabalho, que os estudantes poderão escolher no Ensino Médio. Os itinerários formativos podem se aprofundar nos conhecimentos de uma área do conhecimento (Matemática e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) e da formação técnica e profissional (FTP) ou mesmo nos conhecimentos de duas ou mais áreas e da FTP. As redes de ensino terão autonomia para definir quais itinerários formativos irão oferecer, considerando um processo que envolva a participação de toda a comunidade escolar.

Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensino-medio-duvidas>. Acesso em: 2 set. 2020.

Nesse sentido, espera-se que as escolas ofereçam diferentes possibilidades de itinerários e que também dialoguem abertamente com os estudantes para que eles possam escolher, de forma consciente, os itinerários que mais lhes interessam.

■ Flexibilização da formação do estudante

Com o Novo Ensino Médio, os estudantes terão mais autonomia para tomar decisões que envolvem sua formação, como escolher as disciplinas eletivas e os projetos com os quais vão trabalhar, de acordo com a oferta de cada escola.

► Perguntas e respostas

Veja, a seguir, algumas perguntas sobre o Novo Ensino Médio e as respectivas respostas dadas pelo Ministério da Educação.

O que é o Novo Ensino Médio?

A Lei nº 13.415/2017 alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e estabeleceu uma mudança na estrutura do Ensino Médio, ampliando o tempo mínimo do estudante na escola de oitocentas horas para mil horas anuais (até 2022) e definindo uma nova organização curricular, mais flexível, que contemple a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a oferta de diferentes possibilidades de escolhas aos estudantes, os itinerários formativos, com foco nas áreas de conhecimento e na formação técnica e profissional. A mudança tem como objetivos garantir a oferta de educação de qualidade a todos os jovens brasileiros e de aproximar as escolas à realidade dos estudantes de hoje, considerando as novas demandas e complexidades do mundo do trabalho e da vida em sociedade.

[...]

Quais serão os benefícios para os estudantes com a nova organização curricular?

O Novo Ensino Médio pretende atender às necessidades e às expectativas dos jovens, fortalecendo o protagonismo juvenil na medida em que possibilita aos estudantes escolher o itinerário formativo no qual desejam aprofundar seus conhecimentos. Um currículo que contemple uma formação geral, orientada pela BNCC, e também itinerários formativos que possibilitem aos estudantes aprofundar seus estudos na(s) área(s) de conhecimento com a(s) qual(is) se identificam ou, ainda, em curso(s) ou habilidades de formação técnica e profissional, contribuirá para maior interesse dos jovens em acessar a escola e, consequentemente, para sua permanência e melhoria dos resultados da aprendizagem.

Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensino-medio-duvidas>. Acesso em: 2 set. 2020.

► Papel do professor e do estudante nesse novo contexto

E como o Novo Ensino Médio afeta você, professor? Muito além da questão curricular, é preciso que o professor e o estudante estejam sincronizados com as necessidades contemporâneas e abertos a novas formas de se relacionar, ensinar e aprender. Atualmente, sabemos que é fundamental termos o estudante no centro do processo de ensino-aprendizagem, ou seja, é preciso levar em conta as possíveis aspirações, o cotidiano dos jovens e as diferentes culturas com as quais eles convivem. É preciso, também, ser capaz de reconhecer que, no mundo da informação e das rápidas transformações, não há mais espaço para a figura do professor autoritário, aquele que sabe todas as respostas. Embora desde sempre tenha sido fundamental que o professor aprenda e dialogue com os estudantes, por questões históricas e culturais isso nem sempre foi regra nas relações escolares. Todavia, hoje a sociedade não só tem mais espaço para uma relação mais horizontal entre professor e estudante, como exige isso de ambos. Note: isso não quer dizer que a relação entre professor e estudante não seja mais de respeito. Ao contrário, é fundada na necessidade do respeito mútuo e na parceria.

Além disso, é necessário considerar as individualidades e as especificidades de cada estudante de modo que a educação não seja um processo de massificação, e sim de emancipação dos estudantes, para que possam exercer a cidadania e encontrar seu espaço na vida em sociedade.



Alexandre Beck 30/7/19
Armandinho, de Alexandre Beck/Acervo do cartunista

BECK, Alexandre. Tirinha do Armandinho. Zero Hora, Porto Alegre, 2019.

O desenvolvimento de um estudante autônomo e ético

Uma questão importante a ser levada em consideração é a formação integral. O estudante não vai à escola apenas para aprender conteúdos. Vai também para desenvolver-se como futuro adulto responsável e dotado da criticidade que o mundo de hoje exige de cada um de nós. Sendo assim, é importante contribuir com a formação dos estudantes não somente oferecendo conteúdos curriculares convencionais ou conceitos específicos de cada disciplina, mas também propostas que dialoguem com competências e habilidades que vão além de conteúdos puramente disciplinares, como a responsabilidade, a empatia, o pensamento científico, a argumentação, entre muitas outras possibilidades.

Uma das maneiras de promover a formação integral é favorecendo o desenvolvimento da autonomia por parte dos estudantes, conforme a própria proposta do Novo Ensino Médio. A sociedade sempre cobra maturidade, responsabilidade e ética dos jovens, mas para isso é necessário que eles possam fazer suas próprias escolhas e agir com autonomia. É necessário dar oportunidades para que eles aprendam a ser responsáveis e se preparem com desafios que estimularão o desenvolvimento de uma postura ética e crítica.

Os pais, mães e outros responsáveis podem dialogar com os estudantes e orientá-los nesse sentido. No entanto, a autonomia do estudante vai se constituindo com o

tempo, com escolhas e decisões do próprio jovem.

hpoliveira/Shutterstock



Os desafios incentivavam os estudantes a desenvolverem a autonomia. Na foto, jovens organizam materiais para defesa de suas ideias em evento.

Portanto, é preciso partir do pressuposto de que o estudante é um sujeito dotado de história, vontade, cultura, identidade e capacidade de reflexão. A educação integral deve considerar o estudante em sua forma integral, não como alguém que precisa apenas memorizar conteúdos para a prova. Em suma, o contexto atual exige que tanto o professor quanto o estudante percebam a etapa do Ensino Médio como uma oportunidade de desenvolvimento mútuo, que envolve e vai muito além dos conteúdos disciplinares, e não apenas como uma etapa obrigatória antes da vida profissional ou da universidade. Isso não diminui, de modo algum, a importância dos conteúdos disciplinares. Pelo contrário, são eles que contribuem com o pensamento científico, com a inovação, com os cuidados com a saúde própria e coletiva, por exemplo. Mas a percepção de que educar é um ato complexo e completo garante que estejamos atentos e contribuindo para a formação de sujeitos responsáveis e dotados de senso crítico e ética.

2. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) deve ser entendida como uma série de orientações que balizam as propostas curriculares para toda a Educação Básica. Embora não seja propriamente um currículo, é uma referência curricular cuja adoção é obrigatória e está prevista em lei. A BNCC está de acordo com o Plano Nacional de Educação (PNE) e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN). Cada etapa do Ensino Básico possui uma seção da BNCC – Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio.

Entre as diferentes motivações para a criação da BNCC está o estabelecimento de referenciais de aprendizagem para todo o Brasil, o que até então não existia. Estabelecer uma base é uma forma de incentivar que todos os estudantes brasileiros, independentemente da escola que

frequentem ou de sua classe econômica, sigam a mesma referência comum obrigatória. A BNCC traz um ganho ao garantir que determinados saberes sejam obrigatoriamente ensinados em todas as escolas.

Certamente é desafiador implantar a BNCC contemplando as regionalidades, individualidades e diferentes culturas em um país continental e diverso como o Brasil. Todavia, é justamente em virtude dessa diversidade que a BNCC deve ser vista literalmente como uma base, para que seja o ponto a partir do qual a escola e os professores estabeleçam o currículo. Ou seja,

a Base considera a diversidade nacional e permite e incentiva que os professores trabalhem com questões locais diretamente relacionadas à vida dos estudantes.

Dafim Martins/Pulsar Imagens



A escola deve respeitar aspectos regionais e culturais. Na foto, estudantes da etnia Kalapalo, aldeia Aiha, Querência (MT), 2018.

A BNCC estrutura-se em áreas do conhecimento, competências e habilidades. Há dez competências gerais que perpassam todas as quatro áreas do conhecimento. Cada área do conhecimento tem suas competências específicas e habilidades. As habilidades e as competências estão relacionadas; uma vez desenvolvidas todas as habilidades, as competências gerais e específicas também serão desenvolvidas.

Competências gerais da Educação Básica

A BNCC define as competências da seguinte forma:

[...] a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

(BRASIL, 2018b)

Isso quer dizer que competências são capacidades que uma pessoa tem de mobilizar saberes, produzir e realizar ações. Não é propriamente o conhecimento, mas a capacidade de conhecer e aplicar. Competências são

mais amplas que as habilidades, por exemplo, que tratam de conhecimentos mais específicos. Mais adiante discutiremos essas diferenças e apresentaremos como as competências gerais são desenvolvidas nesta obra.

O ensino por áreas do conhecimento

No Ensino Médio, há quatro áreas do conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

O trabalho com áreas do conhecimento não implica a extinção das disciplinas. A BNCC reconhece a importância de trabalhar com a perspectiva integrada dos saberes, com as inter-relações dos conceitos de cada disciplina e também incentiva a interdisciplinaridade desde a concepção do currículo. Isso permite que o estudante possa reconhecer melhor o sentido da educação em relação à sua vida e ao seu entorno. Dito de outra forma, a interdisciplinaridade dá mais propósito à aprendizagem, pois, nessa perspectiva, os conhecimentos se conectam e permitem ao estudante chegar a algum lugar.

Essa é também uma questão da sociedade contemporânea, pois o mundo profissional e a própria vida em sociedade exigem de todos nós a capacidade de estabelecer conexões entre as diferentes áreas do conhecimento, integrar conceitos e atuar com flexibilidade. Ainda na esteira das transformações da sociedade contemporânea, a ideia de competências gerais norteadoras tem como motivação, em parte, a ideia de uma educação integral, como já discutimos.

A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Falando mais especificamente de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, temos as seguintes competências específicas dessa área:

Competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio

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.
- 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).

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF, 2018. p. 553.

Há uma diferença e, ao mesmo tempo, uma complementaridade entre as competências gerais e as competências específicas de cada área. Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, as competências específicas referem-se a temas relacionados à Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo.

Na BNCC do Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe uma continuidade dos conceitos trabalhados no Ensino Fundamental e almeja o desenvolvimento de um pensamento científico um pouco mais elaborado, uma vez que nessa etapa do ensino os estudantes são mais maduros e já conhecem um espectro razoável de conceitos. Tais competências, porém, continuam a ter uma relação estreita com as competências gerais, na medida em que estão sendo trabalhadas em um processo que deve contemplar em maior ou menor medida as dez competências gerais.

As diretrizes da BNCC para essa área trazem algumas premissas importantes:

- A expressão da ciência por meio da divulgação e o reconhecimento da linguagem científica:** Isso quer dizer que não somente o conhecimento científico deve ser valorizado, mas também a capacidade de explicar e de comunicar as informações científicas.
- A contextualização e o desenvolvimento de questões sociocientíficas:** Com isso, espera-se que uma percepção crítica da ciência seja favorecida, bem como seu entendimento como uma construção social e, portanto, não neutra e puramente objetiva. Essa é uma percepção importante, pois ajuda os estudantes a perceber que o conhecimento científico é uma construção coletiva e tem impacto na sociedade. Como a própria BNCC enuncia, espera-se que a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias discuta “o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.” (BRASIL, 2018b)

- O conhecimento e o letramento científico da população como forma de assegurar a qualidade de vida, o desenvolvimento sustentável e a tomada de decisões bem orientada:** Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, essa ideia vem associada aos processos de investigação científica. Ou seja, há o estímulo à pesquisa, estudos de situações-problema, coleta e análise de dados usando instrumentos e métodos científicos. Além disso, é dada uma ênfase especial à capacidade de os estudantes interpretarem e atuarem nas questões locais, de perceberem questões que afetam a vida da própria comunidade deles.

O estímulo à pesquisa contribui para capacitar o estudante a atuar em questões que envolvem sua vida.

Na foto, estudantes da Escola Estadual Professora Leila Mara Avelino, Sumaré (SP), 2014.



João Prudente/Pulsar Imagens

Estabelecendo relações entre as Ciências da Natureza e as Ciências Humanas

Indo além daquilo que pertence tipicamente à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC possibilita algumas relações importantes com a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Para ficar mais claro como isso acontece, tomemos como exemplo algumas competências específicas da área das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas:

- Analizar 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.
- [...]
- 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 visitas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional, nacional e global.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF, 2018. p. 570.

Em relação a essas duas competências específicas, embora sejam da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, é evidente uma interseção com a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, uma vez que os “processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais” também são observados na construção das Ciências da Natureza. Além disso, tanto nas competências específicas quanto nas habilidades da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, as relações com a natureza, as questões sobre o consumo e o uso de recursos naturais e os impactos socioambientais são colocados em pauta. Isso é feito para estimular o estudante a pensar em soluções e desenvolver o pensamento sustentável.

Reiteramos aqui uma proposição importante presente na BNCC e ao longo de toda esta obra. Na formação do pensamento científico bem orientado e compromissado com um ensino de Ciências de qualidade, é preciso que as questões que envolvem a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente sejam colocadas em conjunto.

Ao longo dos volumes desta obra, você vai encontrar uma série de oportunidades para explorar esse

diálogo com as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Destacam-se os boxes *Dialogando com as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas* e *Um pouco de história*; ambos ocorrem em todos os volumes. No primeiro, há discussões que retratam as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, sob o ponto de vista de diferentes áreas que dialogam com as Ciências Humanas. No segundo, há discussões que visam contextualizar, do ponto de vista sócio-histórico, a produção do conhecimento científico, proporcionando a elaboração de visões mais amplas e complexas das Ciências da Natureza.

Trabalho com habilidades e competências

Já apresentamos o que são as competências, pois temos falado até então das competências gerais da BNCC e das competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Mas, e as habilidades? O que elas têm a ver com as competências?

Segundo a BNCC, a definição de habilidade é a seguinte: “As habilidades expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos estudantes nos diferentes contextos escolares” (BRASIL, 2018b. p. 29). Em geral, elas estão mais relacionadas aos conteúdos, envolvendo temas de cada área do conhecimento.

As habilidades possuem um código. Veja a seguir:

EM13CNT101

Indica a etapa: **Ensino Médio**.

Indica o número da habilidade: **01**.

Indica que a habilidade pode ser desenvolvida em qualquer série do Ensino Médio.

Indica a competência específica **1**.

Indica a área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Agora, para entender a relação entre competência e habilidade, tomemos como comparação uma competência geral, uma competência específica da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e uma habilidade da mesma área:

COMPETÊNCIA GERAL	COMPETÊNCIA ESPECÍFICA DE CNT	HABILIDADE DE CNT
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 .	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 .	(EM13206CNT206) 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 .

No quadro, evidenciamos alguns pontos em comum entre os três elementos escolhidos. Como você pode ver, a competência parte de algo mais amplo, que é mais direcionado na competência específica e, por sua vez, é mais detalhado na habilidade. Trouxemos aqui apenas uma habilidade, mas é fundamental notar que um conjunto de habilidades permitirá trabalhar a competência específica em sua totalidade. Da mesma forma, é o conjunto de competências específicas de todas as áreas que permitirá o desenvolvimento pleno das dez competências gerais da Educação Básica.

Um último ponto a destacar é sobre o limite de cada habilidade e competência. Embora sejam representadas de forma esquemática e separada, é preciso ficar claro que é esperada uma interseção entre elas. Além disso, como dissemos anteriormente, a BNCC estabelece uma base das aprendizagens esperadas para a Educação Básica – um ponto de partida. Extrapolar, combinar e fazer aproximações são muito bem-vindos. A sugestão é para que realmente essa base seja vista de forma holística, e não dividida.

Essa proposta está de acordo também com os volumes desta coleção, que possui, desde sua concepção, a proposta interdisciplinar de articular conhecimentos das áreas de Física, Química e Biologia a uma série de competências e habilidades que sustentam a investigação de fenômenos diversos de interesse das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a resolução de problemas da vida cotidiana, o uso de argumentação para defender pontos de vista que se baseiam em evidências científicas, a defesa do meio ambiente, o exercício do pensamento crítico, o uso de linguagens científicas para expor os conhecimentos, o conhecer-se para cuidar da saúde física e emocional, enfim, uma série de ações que articulem conhecimentos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias a um fazer crítico, participativo e eticamente responsável que resulte em desenvolvimento de cidadãos conscientes e preparados para o exercício da cidadania, para o trabalho e para progredir nos seus estudos.

► Competências e habilidades nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Vamos apresentar, neste item, como as dez competências gerais da BNCC, as três competências específicas e, por meio de exemplos, as habilidades das Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio são abordadas na obra.

As competências gerais mobilizam, como o próprio nome indica, conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que se relacionam ao objetivo geral de garantir direitos de aprendizagem a todos os estudantes da Educação Básica. Já as competências específicas delimitam objetivos das diferentes áreas do conhecimento para as etapas da Educação Básica. No Ensino Médio, as competências e

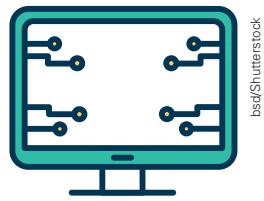
as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias se relacionam com conhecimentos conceituais que o estudante deve construir nas unidades temáticas

Matéria e Energia e Vida, Terra e Cosmos e nos fenômenos naturais e processos tecnológicos envolvidos. As competências específicas se relacionam também com conhecimentos de procedimentos que o estudante deve saber fazer, que envolvem resolver situações-problema fazendo uso da abordagem investigativa. E, finalmente, elas sinalizam, por exemplo, que o estudante deve ter proficiência na linguagem científica, o que inclui saber apresentar e sustentar argumentos envolvendo o emprego de diferentes modos por meio dos quais essa linguagem se apresenta – textos, gráficos, diagramas, equações, etc. – e transitar por diferentes textos de divulgação científica.

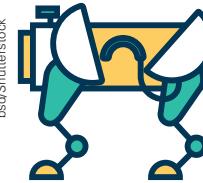
Segundo a BNCC:

Por meio da indicação clara do que os alunos devem “saber” (considerando a constituição de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) e, sobretudo, do que devem “saber fazer” (considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho), a explicitação das competências oferece referências para o fortalecimento de ações que assegurem as aprendizagens essenciais definidas na BNCC. (BRASIL, 2018b)

Essas competências específicas vão se traduzir em uma variedade de 26 habilidades que cobrem um amplo campo de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores ligados às Ciências da Natureza e suas Tecnologias.



bsd/Shutterstock



bsd/Shutterstock



bsd/Shutterstock



bsd/Shutterstock

As dez competências gerais nesta obra

As dez competências gerais da BNCC se traduzem nos pressupostos gerais da obra e são desenvolvidas ao longo dos volumes da coleção. Elas implicam condições fundamentais para que sejam garantidas as competências e habilidades específicas das áreas do conhecimento. Tomemos como exemplo as competências gerais 1, 2 e 3:

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural. (BRASIL, 2018b)



Os jovens usam a dança como forma de expressão artística.
Rio Grande do Sul, 2019.

A competência **1** envolve reconhecimento de valor e disposição para ação, expressos pelos verbos “valorizar” e “utilizar”. Em diversos momentos, o estudante vai utilizar os conhecimentos construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para colaborar na construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, e isso implica que a nossa obra é útil a esses propósitos o tempo todo. A competência **2** também é desenvolvida em diversos momentos da obra, visto que os estudantes são incentivados a exercitar a curiosidade e recorrer à abordagem das ciências em inúmeras oportunidades.

Essa integração se expressa na forma como os conteúdos são abordados e como as propostas de atividade são estruturadas nos diferentes volumes com o conhecimento conceitual contextualizado, o uso da linguagem científica e o desenvolvimento de processos e práticas científicas seguindo uma abordagem investigativa. Da mesma forma, a competência **3** tem uma abordagem ampla na obra: há diversos contextos e atividades que valorizam principalmente manifestações culturais.

O mesmo raciocínio se aplica às competências gerais 6, 9 e 10:

6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários. (BRASIL, 2018b)

Essas competências são abordadas em uma diversa gama de atividades presentes na obra, que vai garantir que as pessoas possam fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação e agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação.

Também em relação à competência 4, reproduzida a seguir, não determinamos momentos específicos nos quais ela possa ser reforçada. Ela está presente na obra inteira, pois, a todo momento, estamos insistindo que aprender ciências envolve aprender a usar a linguagem científica, com todos os seus modos de expressão.

04. 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. (BRASIL, 2018b)

A competência geral 5, por outro lado, pode ser delimitada a certos capítulos e volumes nos quais as tecnologias digitais estão mais presentes.

05. 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. (BRASIL, 2018b)

Em relação à competência geral 7, devemos introduzir uma distinção importante:

07. 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. (BRASIL, 2018b)

A distinção importante quando falamos em argumentação em sala de aula se dá entre **argumentação** e **explicação**.

A **argumentação** visa dar suporte a uma forma de ver e compreender o mundo, entre muitas outras, e isso sempre acontece quando está em discussão uma questão sociocientífica para a qual não se tem uma

resposta única, certa ou errada, mas um conjunto de opções que envolvem diferentes custos e benefícios. Trata-se, portanto, de uma opção que sempre trará a abordagem **dialógica**, pois o estudante terá que dar conta de múltiplas perspectivas e vozes e escolher e argumentar sobre uma delas. Questões sociocientíficas são parte da sociedade, em que políticos, grupos de interesse e cientistas se engajam em debates e oferecem perspectivas que quase sempre estão em conflito. Veja, por exemplo, a questão do uso de agrotóxicos. Esse assunto é tão polêmico que, dependendo do grupo de interesse, muda-se até o nome dado ao objeto: alguns chamam de “agrotóxicos” enquanto outros usam a expressão “defensivos agrícolas” para se referir ao mesmo produto. Portanto, para lidar com questões sociocientíficas, sempre será usada uma abordagem dialógica que incorpora várias perspectivas, visões de mundo e vozes. Enfim, argumentar aqui tem o sentido de defender um ponto de vista e saber opinar, criticar e trazer argumentos que refutem outros pontos de vista. Essa competência é explorada de forma mais sistemática em alguns capítulos e volumes desta coleção.

Já a **explicação** é diferente. Ela envolve um único ponto de vista, o científico. Portanto, saber explicar, neste caso, é saber relacionar os dados que dão suporte a determinada explicação. Ainda que, no início do processo de ensino-aprendizagem de qualquer tema científico, possam existir diferentes visões acerca desse tema, a tendência é que prevaleça um único ponto de vista, o científico. Veja, por exemplo, a lei da conservação das massas, de Lavoisier, que nos permite balancear equações químicas e operar cálculos estequiométricos a partir dessas equações. Não há opção quando se trata de aprender essa lei: as massas sempre se conservam em reações químicas e sem a compreensão dessa lei não há como progredir na aprendizagem de química. Mas, no início da aprendizagem dessa lei, pode ser que os estudantes duvidem dela pelo fato de parecer não se aplicar a certas experiências, como quando um monte de lenha queima e resta uma pequena porção de cinzas. Portanto, ainda que, no início do processo de ensino-aprendizagem dessa lei, possam ser levantadas objeções e refutações a ela, numa abordagem inicialmente dialógica, logo que isso for resolvido não haverá como progredir na aprendizagem da Química sem considerá-la correta. Passada a parte inicial em que cabe o diálogo, a lei da conservação das massas torna-se um único ponto de vista, uma **abordagem de autoridade**. Da mesma forma, parte dos livros pode ser considerada argumentativa, no sentido de que se procura relacionar a cada explicação um conjunto de dados que dão suporte a ela, e ainda levantar e descartar possíveis refutações.

Por último, a competência geral **8** também pode ser localizada em nossa obra:

08. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocritica e capacidade para lidar com elas. (BRASIL, 2018b)

A competência **8** é desenvolvida sobretudo em Unidades de alguns volumes, por exemplo, na Unidade *Drogas, cigarro e bebidas alcoólicas*: uma perspectiva interdisciplinar, em que são debatidos temas como drogas, álcool e vulnerabilidades das juventudes, e na Unidade *Corpo, saúde e nutrição*, em que são abordados aspectos da nutrição humana.

As três competências específicas de CNT nesta obra

Ao tratar das competências e habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC do Ensino Médio define algumas prioridades. A primeira são os **conhecimentos conceituais**:

Na definição das competências específicas e habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram privilegiados conhecimentos conceituais considerando a continuidade à proposta do Ensino Fundamental, sua relevância no ensino de Física, Química e Biologia e sua adequação ao Ensino Médio.

(BRASIL, 2018b)

Ao mesmo tempo, a BNCC:

[...] propõe um aprofundamento nas temáticas Materia e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

(BRASIL, 2018b)

Em nossa obra, coerentemente com o proposto na BNCC, os conhecimentos conceituais são elaborados num processo em que se propõe que os estudantes se engajem ativamente em investigações de situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais. Na nossa interpretação, esses dois pilares – o conhecimento conceitual e os contextos socioculturais – têm sido privilegiados nas reformas de ensino brasileiras do século XXI, aí incluída

a BNCC. Desde os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) valoriza-se a **contextualização sociocultural** para dar sentido ao **conhecimento científico conceitual na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais**.

Podemos identificar, nas três competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (apresentadas nas páginas 166 e 167 deste Manual), três grandes campos, dois deles claramente conceituais – **Materia e Energia**, na primeira competência e **Vida e Evolução, Terra e Universo** na segunda competência. O terceiro campo está relacionado à natureza da ciência como **processos e práticas de investigação**, que inclui a **abordagem investigativa** e as **linguagens específicas** das Ciências da Natureza. Este campo é privilegiado na terceira competência.

Poderíamos começar a expor o conteúdo desta obra considerando os conhecimentos conceituais. No entanto, eles estão contextualizados em toda a obra, apresentados numa abordagem investigativa e fazendo uso da linguagem científica. Por isso, em vez de apresentar todas as 26 habilidades, fizemos a opção de apresentar, como exemplo, as habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT302** e **EM13CNT303**, que dizem respeito a como apresentar conhecimentos conceituais por meio de uma abordagem investigativa, que faz uso da linguagem científica. Essas habilidades, portanto, estão presentes em todos os capítulos dos seis volumes.

A habilidade **EM13CNT301** diz respeito a:

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. (BRASIL, 2018b)

Essa habilidade considera o **cerne de processos e práticas de investigação científica**. Em todos os capítulos desta coleção tais processos estão presentes para introduzir fatos, leis e teorias científicas, sempre a partir de questões que levem à construção de hipóteses que possam ser testadas experimentalmente em uma abordagem essencialmente investigativa.

A segunda destas habilidades, a **EM13CNT302**, diz respeito a:

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. (BRASIL, 2018b)

Aqui está definido o **cerne da linguagem científica**. Esta é essencialmente multimodal, pois emprega diferentes modos, como a linguagem verbal, as imagens (gráficos, símbolos, códigos, sistemas de classificação) e as equações matemáticas. Para dar sentido a essa linguagem é necessária uma orquestração entre esses diferentes modos, reconhecendo as potencialidades e limitações de cada um deles. Nossa coleção concebe o estudante como um participante ativo das práticas científicas, que se torna cada vez mais capaz de empregar os multimodos dessa linguagem científica.

A terceira destas habilidades, a **EM13CNT303**, diz respeito 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.

Esta habilidade introduz a argumentação e a construção de estratégias de seleção de fontes confiáveis de informação à interpretação da linguagem científica multimodal.

A argumentação tem estado no centro das preocupações dos educadores em Ciências da Natureza. Para os professores de Física, Química e Biologia, a argumentação é um aspecto fundamental a ser desenvolvido em sala de aula. Uma primeira observação é que o argumento científico sempre se apoia em dados e na articulação dos conhecimentos teóricos com esses dados. Isso resulta em uma enorme responsabilidade para os professores de Física, Química e Biologia, que devem sempre tentar persuadir os estudantes com base em argumentos sólidos, explicitando claramente como as teorias da ciência articulam dados e prevenindo possíveis refutações ao argumento. Uma das tarefas fundamentais do professor é apresentar seus argumentos aos estudantes, e não impô-los com base na autoridade, que deve ser reconhecida, mas não usada para impor uma única visão. Ao utilizar um livro que orienta o professor a

usar a argumentação em suas aulas e que sempre mostra os critérios de seleção de fontes confiáveis de informação (ambos pilares para a construção do conhecimento científico), os estudantes podem estabelecer uma relação de confiança com o que é abordado no seu livro didático.

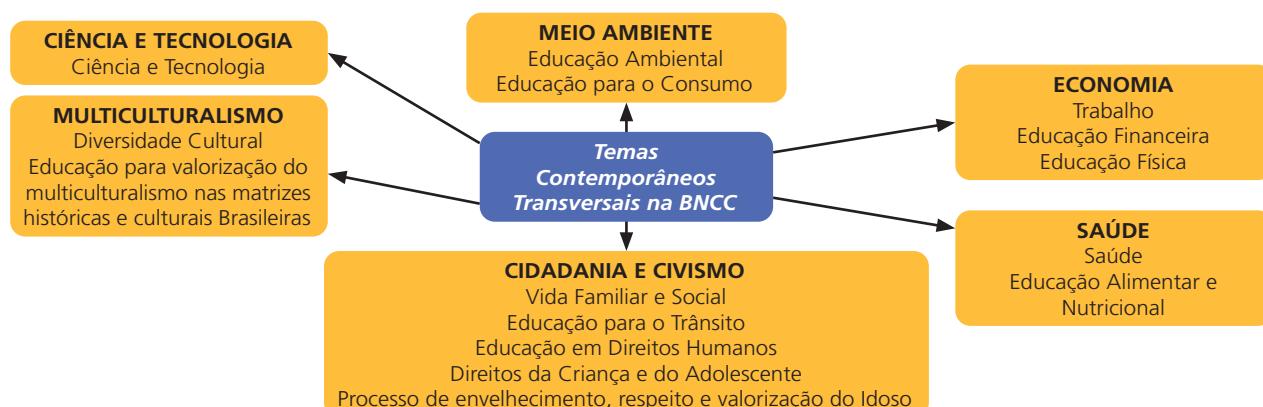
3. Temas Contemporâneos Transversais (TCT)

Além das habilidades e competências presentes na BNCC, esta obra desenvolve também os Temas Contemporâneos Transversais (TCT). De maneira simplificada, os TCT estão estabelecidos em consonância com a BNCC e visam contribuir com a maior contextualização dos conteúdos.

Ao contextualizar o que é ensinado em sala de aula juntamente com os temas contemporâneos, espera-se aumentar o interesse dos estudantes durante o processo e despertar a relevância desses temas no seu desenvolvimento como cidadãos. O maior objetivo dessa abordagem é que o estudante conclua a sua educação formal reconhecendo e aprendendo sobre os temas que são relevantes para sua atuação na sociedade. Assim, espera-se que a abordagem dos Temas Contemporâneos Transversais (TCT) permita ao estudante compreender questões diversas, tais como cuidar do planeta, a partir do território em que vive; administrar o seu dinheiro; cuidar de sua saúde; usar as novas tecnologias digitais; entender e respeitar aqueles que são diferentes e quais são seus direitos e deveres como cidadão, contribuindo para a formação integral do estudante como ser humano, sendo essa uma das funções sociais da escola.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Brasília, DF. Temas Contemporâneos Transversais na BNCC – Contexto Histórico e Pressupostos Pedagógicos. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 24 ago. 2020.

São quinze Temas Contemporâneos Transversais (TCT), distribuídos em seis macroáreas temáticas, indicados no esquema a seguir.



BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Brasília, DF. Temas Contemporâneos Transversais na BNCC – Contexto Histórico e Pressupostos Pedagógicos. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 24 ago. 2020.

Os TCT, como o próprio nome sugere, perpassam várias áreas do conhecimento e refletem questões da contemporaneidade. Tomemos como exemplo o tema *Saúde*. Este tema pode ser abordado a partir de diferentes pontos de vista, como o das políticas públicas de saúde, o dos aspectos biológicos e epidemiológicos das doenças ou o de acesso à informação sobre doenças e disseminação de notícias falsas que impactam a saúde da população – tudo isso sendo abordado ao mesmo tempo ou em uma mesma proposta, e, certamente, englobando mais de uma área do conhecimento. Basicamente, são construções como essa que tanto a BNCC quanto os TCT propõem que sejam feitas durante a elaboração do currículo e a execução das práticas em sala de aula.

Nesta obra, foram desenvolvidos os TCT das seis macroáreas. Destaca-se o trabalho com os temas: Saúde, Saúde Alimentar e Nutricional, Educação Ambiental, Educação para o Consumo e Ciências e Tecnologia.

4. Culturas juvenis e projeto de vida

No contexto da Educação Integral e das transformações curriculares que a BNCC e o Novo Ensino Médio vêm trazendo, estão presentes a ideia de culturas juvenis e a ideia da construção de um projeto de vida. Especialmente na etapa do Ensino Médio, esses temas ganham maior relevância, pois, neste período, a identidade dos jovens está em formação e eles passam por muitas experiências, descobertas e transformações.

As culturas juvenis

Em relação às culturas juvenis, não se pode conceber a juventude como uma mera fase de passagem para a vida adulta, ou seja, como uma fase temporária de rebeldia, que logo passa à medida que o jovem amadurece. Essa é a antiga noção de juventude como um problema, ideia que predominou por muito tempo entre os estudiosos no século passado (CATANI e GILIOLI, 2008). Em primeiro lugar, o amadurecimento é contínuo por toda a vida. O educador que diminui ou não considera as questões próprias da juventude acaba por negar aos jovens a própria chance de se desenvolverem, amadurecerem e se tornarem responsáveis.

Além disso, é preciso estar atento para não deslegitimar as diversas manifestações e experimentações de identidade que os jovens tendem a buscar. Ao contrário, é preciso valorizar as diferentes culturas juvenis nas distintas formas pelas quais elas se manifestam: seja no comportamento, nas redes sociais, nas mídias, na linguagem, seja em suas expressões artísticas e culturais.

Diante da miríade de culturas juvenis, a escola pode ser entendida como um território em disputa e, por isso, abrir-se para tal. Segundo Martins e Carrano (2011):

Muito além de uma fase de transição, a juventude deve ser encarada com um período de construção e experimentação de possibilidades identitárias. A instituição escolar e seus professores podem abrir campos ao entendimento adotando a investigação e a escuta como ferramentas para a compreensão das identidades e comportamentos de seus jovens alunos e de suas jovens alunas que são simultaneamente criadores e criaturas da diversidade das culturas dos grupos juvenis presentes na sociedade urbana. As culturas juvenis que se apresentam em constante ebullição nos diferentes espaços escolares podem oferecer referenciais empíricos para o entendimento da juventude enquanto categoria analítica. Podem contribuir também para transformar a escola em espaço-tempo em que o jovem reconheça como seu. Estar atento e disponível para reconhecer que as culturas juvenis não se encontram subordinadas às relações de dominação ou resistência impostas pelas culturas das gerações mais velhas pode auxiliar a construção de projetos pedagógicos e processos culturais que aproximen professores e alunos. Através da elaboração de linguagens em comum, a escola pode recuperar seu prestígio entre os jovens, bem como o prazer deles estarem em um lugar que podem chamar de seu na medida em que são reconhecidos como sujeitos produtores de cultura.

Em suma, a escola que reconhece e valoriza as culturas juvenis deve estar preparada para dar voz e voz aos jovens, situando-se ao lado deles. No que diz respeito às questões do currículo, é preciso, portanto, permitir e incentivar que o jovem se manifeste e também criar oportunidades de aprendizagem as quais o jovem possa experimentar e entrar em contato com diferentes culturas e expandir seus horizontes.

Projeto de vida: cada jovem com o seu

Segundo Danza (2019), “o projeto de vida é uma representação mental cujo objetivo é gerar e gerir o futuro de modo que ele se torne o mais compatível possível com a realidade que cada sujeito deseja criar para si e para o coletivo”. Isso quer dizer que o projeto de vida é uma elaboração que o sujeito faz para si sobre o seu futuro e os caminhos que pretende percorrer em sua trajetória e é algo desenvolvido ao longo de toda a vida.

Embora não seja de fácil percepção, é importante que o estudante entenda que sua vida não está toda definida no Ensino Médio. Todavia, ele deve apostar nesse

momento para obter os elementos que lhe permitirão traçar um projeto de vida concretizável e mais próximo das expectativas que tem para si. Por se tratar de um período no qual a vida adulta, a acadêmica e a profissional geralmente começam a bater à porta, é também um momento de maior oportunidade de ajustes e novos direcionamentos.

A etapa do Ensino Médio é, de certa forma, decisiva nessa construção. É uma época em que o jovem conhece muitas coisas novas, de intenso amadurecimento. Ademais, é um momento em que ele precisa decidir o percurso que pretende seguir depois da fase escolar. Ainda segundo Danza (2019):

Há razões em vários campos teóricos para considerar a juventude como o período privilegiado da construção dos projetos de vida. Do ponto de vista do desenvolvimento cognitivo, é nessa fase que os indivíduos estabelecem os recursos mentais necessários para criar representações complexas sobre o futuro, tais como: os raciocínios hipotético-dedutivos; o pensamento abstrato, que permite conjecturar sobre o real e o possível; a coordenação de múltiplas possibilidades de escolha; e a elaboração de teorias sobre si e sobre o mundo.

Ainda segundo a autora, a construção do projeto de vida está intimamente ligada à questão da formação da identidade. Esta, por sua vez, é elemento em comum tanto em relação ao projeto de vida quanto em relação às culturas juvenis. A construção de um projeto de vida é uma questão essencialmente de autoconhecimento.

O jovem precisa buscar o projeto de vida independentemente da expectativa de outras pessoas, pois precisa construí-lo com liberdade e autonomia para que o projeto seja seu, e não uma idealização de alguém. O professor e a família devem respeitar os planos de cada estudante e também o contexto social e cultural de cada um, contribuindo como alguém que apoia, mas não que determina o projeto de vida do estudante. Para Martins e Carrano (2011):

Os diferentes valores surgidos como consequência das mudanças estruturais nas relações sociais contemporâneas parecem entrar em choque com os valores tradicionalmente disseminados por instituições da sociedade, em especial a família e a escola. Estas, assim como outras, não se dão conta que as expectativas dos jovens com relação à vida e ao futuro não são mais as mesmas que aqueles que os seus principais representantes – os pais e professores – acreditam ser importantes para a participação em sociedade. Torna-se necessário, então, levar em conta diferentes formas de oferecer aos jovens as possibilidades de compartilhar contextos que dia-loguem com suas expectativas e interesses.

Na elaboração do projeto de vida – que não é exatamente um plano que cabe numa folha de papel –, a proposta precisa ser realista e o jovem deve buscar ter clareza sobre os passos que ele precisa seguir para que suas expectativas sejam concretizáveis. Ou seja, não basta apenas construir o projeto, ele precisa também fazer os planos para executá-lo. Para muitos estudantes pode ser difícil visualizar e planejar um projeto de vida, mas é importante que o professor os oriente e ajude-os a descobrir seus projetos de vida a partir de seus interesses e possibilidades.

5. Saúde dos jovens

A saúde dos jovens, além de ser um tema transversal, é abordada em distintas habilidades na BNCC e em diferentes âmbitos: nutrição, segurança alimentar, saúde pública, saúde física, e saúde mental em seus diferentes aspectos (a influência do *bullying*, cultura de violência, autoestima, entre outros).

Assim, é preciso desenvolver com os estudantes propostas que valorizem a atenção à saúde física, tais como a prática de esportes, o autoconhecimento e a educação alimentar, por exemplo. Dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, é possível tratar a saúde física também do ponto de vista fisiológico. O conhecimento sobre o funcionamento do corpo humano é, ao mesmo tempo, uma aprendizagem conceitual e uma forma de incentivar o cuidado com a saúde.

No que diz respeito à saúde mental, podem ser propostas atividades de combate à cultura de violência e ao *bullying*. Questões como discriminação e desrespeito afetam enormemente a saúde mental dos jovens e também devem ser trabalhadas, bem como questões que envolvem a autoestima e a ansiedade. É preciso estar atento a indícios de doenças, como depressão, anorexia, bulimia, assim como situações que indiquem risco de suicídio.

Considerando que a adolescência é um momento de descoberta, é essencial que os jovens sejam orientados com informações científicas e instruídos sobre como evitar danos ao próprio corpo e à mente. Para isso, a escola e o professor devem estabelecer propostas que deem espaço para que o jovem possa se abrir, perguntar e buscar orientação. Muitas vezes, a escola é o único espaço que o jovem encontra para isso. Permitir essa manifestação dos sentimentos, questionamentos e crises pode ajudá-lo a lidar com questões reprimidas e encontrar caminhos para uma vida saudável.

Além do cuidado individual, é possível propor aos jovens que estabeleçam campanhas, debates e produzam conteúdos que contribuam com a saúde coletiva e

conscientizem a população. Levando em conta as próprias habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC estimula que o conhecimento científico seja disseminado para a comunidade na qual os jovens se inserem, com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população e o letramento científico de todos.

6. Cultura de paz

O estabelecimento da cultura de paz na escola precisa, entre as várias funções, garantir que a escola seja percebida pelos atores nela inseridos como um ambiente que deve ser a "antítese da violência" (ABRAMOVAY; RUA, 2002, p. 92). Justamente porque tem ocorrido uma escalada da violência escolar nos últimos anos, é preciso que a própria escola como instituição se reorganize para estabelecer-se como um local seguro e de respeito. Muito longe de afetar somente os estudantes, a violência interfere bastante na vida dos educadores e na qualidade do ensino.

Segundo uma publicação da Unesco sobre a cultura de paz,

A cultura de paz está intrinsecamente relacionada à prevenção e à resolução não violenta dos conflitos. É uma cultura baseada em tolerância e solidariedade, uma cultura que respeita todos os direitos individuais, que assegura e sustenta a liberdade de opinião e que se empenha em prevenir conflitos, resolvendo-os em suas fontes, que englobam novas ameaças não militares para a paz e para a segurança, como a exclusão, a pobreza extrema e a degradação ambiental. A cultura de paz procura resolver os problemas por meio do diálogo, da negociação e da mediação, de forma a tornar a guerra e a violência inviáveis.

(DISKIN; NOLETO, 2010)

O fato é que a cultura de paz deve ser desenvolvida desde cedo com os estudantes para que possam desenvolver competências socioemocionais, como a empatia e a estabilidade emocional. Além disso, é preciso dar subsídios para que eles consigam conviver com as diferenças dos outros, agir com o senso democrático e dialogar com respeito. Ademais, a cultura de paz deve ser desenvolvida sistematicamente, pois justamente é uma cultura, não uma atividade pontual. E uma vez bem incorporada e solidificada, o estudante a disseminará em casa e na sociedade.

A cultura de paz está intimamente ligada à mediação de conflitos. É importante que os jovens saibam se posicionar quando envolvidos num conflito, seja como participantes, seja como agentes da mediação. Isso pode ser trabalhado por meio da comunicação não violenta, com

as técnicas de mediação de conflitos e atividades que desenvolvam o senso de empatia e respeito.

Nenhuma forma de violência deve ser naturalizada dentro ou fora da escola, mas isso não quer dizer que cabe à escola reprimir a violência pura e simplesmente, algo que muitas vezes é feito por meio da violência em cima da violência. Ao contrário, a escola deve ser o espaço de educação, desconstrução e prevenção. A escola deve promover debates e ações que incentivem a cultura de paz na comunidade.

A violência contra a mulher e pessoas LGBTQIA+, por exemplo, é sistêmica e cultural na sociedade, e a escola é o melhor lugar para desestruturar essa cultura. Para isso, é preciso que situações de violência de gênero, machismo e discriminação sejam atentamente observadas e utilizadas em situações de aprendizagem como exemplos de comportamentos que devem ser evitados. Esse trabalho pode ser feito por meio de debates, leituras, rodas de conversa, entre outras atividades. Além da violência de gênero, o racismo, o *bullying* e inúmeros outros temas devem ser postos em debate de forma sistemática.

7. O ensino da argumentação

As Ciências da Natureza e suas Tecnologias e os seus cientistas se pautam por um questionamento constante do que é a realidade e como ela se traduz em princípios de cada uma das suas disciplinas. A grande moeda de troca desses cientistas é a dúvida, a interrogação, a questão. É com base nessa dúvida que um cientista interroga a realidade, duvida de seus sentidos e vai além da evidência sensível, imediata. Com base nessa postura é que procuramos destacar na obra essas características das Ciências da Natureza, de forma a preparar um estudante para ser crítico, questionador, a não se conformar com o argumento de autoridade apresentado pelo professor. Ao contrário, esse estudante quer ser convencido de que esse argumento é verdadeiro e, para isso, é fundamental que o professor articule bem os fatos que sustentam o argumento. Um indivíduo que desenvolve essa perspectiva tem a possibilidade de também desenvolver a autonomia de pensamento. Para que o estudante desenvolva essa autonomia é fundamental que se capacite a argumentar.

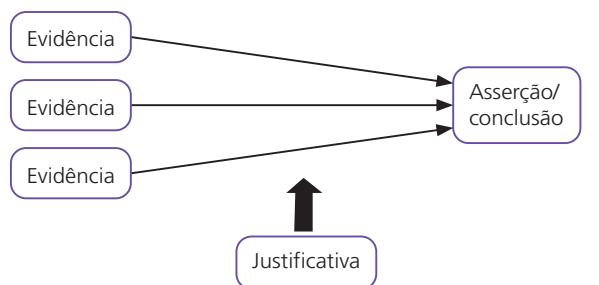
A argumentação tem estado no centro das preocupações dos educadores em Ciências da Natureza, principalmente, no Ensino Médio. Para os professores de Física, Química e Biologia, a argumentação é um aspecto fundamental a ser desenvolvido em sala de aula porque a compreensão adequada dos conceitos e teorias depende diretamente da capacidade de construir argumentos. Um primeiro aspecto a ser observado é o fato de que o

argumento científico sempre se apoia em dados e na articulação deles com os conhecimentos teóricos. Dessa forma, como já dito, os professores de Física, Química e Biologia têm a responsabilidade de sempre ensinar e tentar persuadir os estudantes com base em argumentos sólidos, construídos em cima de dados, colocando claramente como as teorias da ciência articulam esses dados e prevendo possíveis refutações ao argumento. Uma das tarefas fundamentais do professor, pois, persuadir os estudantes por meio de argumentos, e não impô-los com base na autoridade, que deve ser reconhecida, mas não usada para impor uma única visão.

Ao fazermos considerações sobre a argumentação no ensino de Química, Biologia e Física é essencial pensar em três dimensões inter-relacionadas:

- a estrutura do argumento;
- as habilidades argumentativas e
- o processo de persuasão.

Todas essas três dimensões são importantes tanto no trabalho com argumentação oral quanto com argumentação escrita. Nas Ciências da Natureza, um bom argumento apresenta uma estrutura que inclui: **uma asserção ou alegação; evidência(s) que dá(dão) sustentação à asserção e a justificativa que relaciona evidências à asserção, com base em princípios/teorias científicas** (ver figura a seguir).



(McNeil & Krajick, 2011)

Esquema ilustrando a estrutura de um argumento.

Como parte de sua aprendizagem, os estudantes precisam se apropriar dessa estrutura e dominar seu uso para compreender textos científicos e distinguir asserções científicas de afirmações não científicas, assim como para serem capazes de fazer afirmações sobre fenômenos naturais de forma científica. Nas interações orais em torno de textos escritos, apresentações orais ou de atividades práticas elementos dessas estruturas, devem ser sempre reforçados com falas (do professor, mas também de colegas): “Qual é a sua posição (ou resposta)?”; “O que te fez acreditar nisso?”, “Explique como chegou a essa conclusão”; “Quais evidências ou dados você tem para afirmar isso (ou responder assim)?”; “Quais ideias científicas (ou conceitos) permitem que você use essas evidências para sustentar sua resposta?”.

Além disso, o professor pode marcar argumentos escritos apresentados pelos estudantes e apontar as falhas em seus argumentos. Nesse sentido, mesmo estudantes com pouca proficiência em argumentar terão a chance de ver seus argumentos sendo criticados e saber o que falta neles para que se tornem argumentos consistentes.

Por exemplo, quando os estudantes estão envolvidos em argumentar a favor da construção de usinas nucleares, eles tratarão de ressaltar o fato de que usinas nucleares não geram gases de efeito estufa. As justificativas desses fatos são questões em torno do aquecimento global, que dizem que o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera tem contribuído para o aumento da temperatura média do planeta. Portanto, não gerar gases de efeito estufa pode contribuir para não gerar aquecimento global.

As habilidades argumentativas incluem:

- ser capaz de imaginar mais de uma resposta para um mesmo problema ou pergunta;
- ser capaz de pensar em evidências que sustentam ou contradizem diferentes respostas ou asserções;
- estabelecer relações causais entre diferentes afirmações.

O desenvolvimento dessas habilidades pode ser promovido a partir de atividades de análise e produção de texto, assim como perguntas orais: “Você conseguiria pensar em outra resposta para esse problema?”, “Você consegue imaginar alguma evidência que iria contradizer sua afirmação (ou resposta)?”, “Forneça mais detalhes de como X poderia ter causado Y?”.

Considerando o mesmo exemplo da discussão em torno do aquecimento global, poder-se-ia citar os acidentes ocorridos em Chernobyl ou Fukushima como contra-argumentos, pois eles expõem os riscos envolvidos na operação de usinas nucleares. Neste caso, o estudante identificou uma evidência que contrapunha a defesa de construção de usinas nucleares, ou seja, uma ideia alternativa a sua própria opinião.

Finalmente, considerando o aspecto da **persuasão**, os estudantes têm de aprender como participar da argumentação considerando que há outras pessoas que não compartilham necessariamente da mesma posição que eles. Da mesma forma, ações de leitura e produção de texto envolvem contrapor posições e, com base nesse processo, ser convencido (ou não) de algum aspecto, de modo a mudar de opinião (ou não). Assim, o professor tem de criar um ambiente coletivo apropriado e indicar os tipos de interação envolvidos ao se contraporem diferentes argumentos. Nesse sentido, deve-se fomentar o debate e a necessidade de convencimento racional dos pares e/ou pelos pares e/ou pelo professor. Assim, em interações orais ou por escrito são particularmente frutíferas questões como: “Qual é a sua posição?”, “O que você

acha da posição do colega (ou texto)?"; "Concorda com o colega (ou texto)?"; "Por que você discorda de seu colega (ou texto)?"; "Na sua opinião, as evidências que o seu colega (ou texto) apresentou são adequadas?"; "Você acha que a explicação do colega está coerente com teorias e conceitos científicos?"; "Você acha que o seu colega justificou adequadamente sua resposta?".

8. Inferência nos processos de leitura

A **inferência** é o resultado de um processo individual através do qual uma assertiva é feita a respeito de algo desconhecido, tendo como base uma observação. Assim, por exemplo, podemos inferir que um acidente de automóvel foi muito grave observando os danos causados aos veículos envolvidos. No processo de leitura, sempre fazemos inferências, pois todo texto sempre traz informações explícitas e implícitas, sempre traz muitos "não ditos" que formam um contexto para a apropriação dos significados do texto. Portanto, o leitor deverá preencher lacunas no texto por meio de inferências, que, de maneira geral, é a descoberta de proposições não ditas no texto por meio do que foi dito. A inferência não está no texto, mas na leitura, e vai sendo construída à medida que leitores vão interagindo com a escrita. Na construção das inferências contam, além do que está escrito, os conhecimentos prévios que o leitor possui, pois será por meio deles que ele poderá construir sentido para o que lê, combinando o que já sabe com o que é apresentado para inferir certas coisas que não são apresentadas no texto.

Para que os estudantes aprendam a ler e a fazer inferências nas leituras é fundamental que o professor pratique, com eles, leituras de textos constantes. Nesta coleção, há diversas oportunidades para que o estudante possa desenvolver a leitura por inferência. O professor, por meio de questões sobre certas partes do texto, pode verificar se os estudantes estão fazendo inferências. As questões devem ser, inicialmente, de escolha (Exemplo: A força é para cima ou para baixo?") e de produto ("Qual o produto formado nessa reação?"). Só depois que os estudantes começarem a demonstrar que estão fazendo as inferências corretas é que devem ser usadas questões de processo e metaprocesso, ou seja, questões mais abertas e que dizem respeito às causas e às consequências dos processos e observações sobre a forma de atribuir causas. O professor deverá saber como modular suas perguntas dirigidas a estudantes diferentes. Para isso, é conveniente que ele conheça bem os estudantes e que observe e reflita sobre o desempenho de cada um deles em atividades orais e escritas.

9. Pensamento computacional

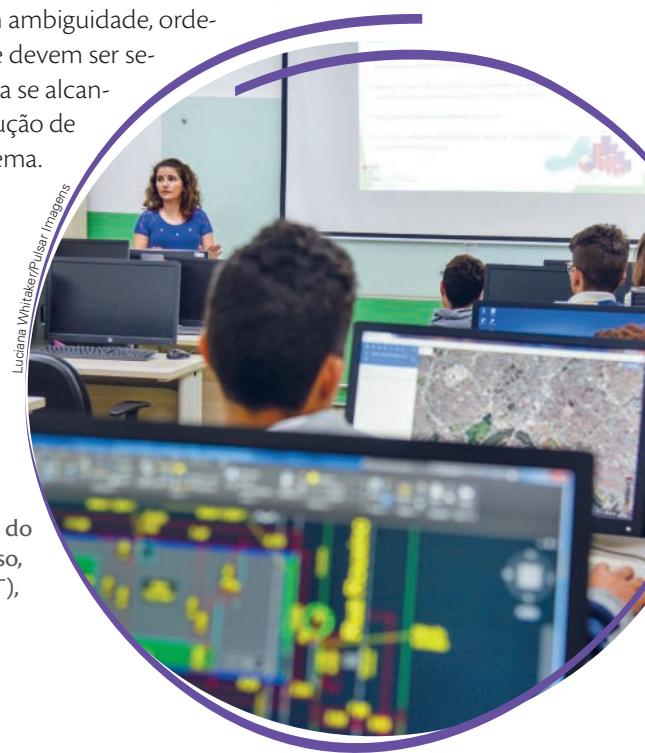
A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) refere-se ao **pensamento computacional** como:

a capacidade de compreender, definir, modelar, comparar, solucionar, automatizar e analisar problemas (e soluções) de forma metódica e sistemática, através da construção de algoritmos. [...] O Pensamento Computacional envolve abstrações e técnicas necessárias para a descrição e análise de informações (dados) e processos, bem como para a automação de soluções. O conceito de algoritmo está presente em todas as áreas e está intrinsecamente ligado à resolução de problemas, pois um algoritmo é uma descrição de um processo (que resolve um determinado problema).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. *Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica*. Disponível em: <https://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/send/203-educacao-basica/1220-bncc-em-itinerario-informativo-computacao-2>. Acesso em: 6 set. 2020.

Segundo Brackmann (2017), o pensamento computacional pode ser estruturado sobre quatro pilares fundamentais: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. A decomposição envolve quebrar um problema em partes menores que facilitem a busca por sua resolução. O reconhecimento de padrões envolve encontrar similaridades e padrões em situações distintas. Por exemplo, ao quebrar um problema complexo em partes menores é possível reconhecer que certos subproblemas são semelhantes e admitem resoluções aproximadamente iguais. A abstração diz respeito à eliminação de informações acessórias, trazendo o foco para os elementos essenciais do problema a ser resolvido. Por fim, um algoritmo é um plano, um conjunto de instruções claras, sem ambiguidade, ordenadas, que devem ser seguidas para se alcançar a resolução de um problema.

Aula no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Mato Grosso, Sorriso (MT), 2018.



Do ponto de vista das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, há uma grande convergência entre resolver problemas e usar o pensamento computacional. Nesta obra, várias situações-problema são apresentadas aos estudantes que demandam que eles façam abstrações, analisem as informações disponíveis e usem algoritmos na sua resolução. Por exemplo, ao longo de todos os volumes desta coleção procuramos introduzir a abordagem dos conceitos a partir de atividades que propõem questões aos estudantes. Cada questão constitui uma parte do fenômeno explorado na atividade e visa orientá-los sobre os elementos essenciais do fenômeno e do conteúdo a ser trabalhado. Dessa forma, cria-se uma estratégia de questionamento e busca por respostas de forma organizada e sistematizada, que ajuda o estudante em seu processo de desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas.

Há vários aspectos nas habilidades das Ciências da Natureza e suas Tecnologias que envolvem o mundo digital, a cultura digital e o pensamento computacional, que são as bases da computação, segundo o documento da Sociedade Brasileira da Computação citado anteriormente.

Com o objetivo de ampliar as possibilidades de engajamento do estudante em atividades que visam o desenvolvimento do pensamento computacional, procuramos também inserir o uso de softwares e simulações, disponíveis gratuitamente na internet, na abordagem dos conceitos e na resolução de problemas, bem como textos que proponham reflexões sobre o mundo e a cultura digitais.

Também estimulamos o uso do computador na realização de atividades experimentais. Temos, por um lado, como limitação a percepção de fenômenos que se desenrolam de maneira muito lenta, ou muito rapidamente, no tempo. O computador, por outro lado, dotado de sensores apropriados pode realizar esse tipo de tarefa sem dificuldade. Um exemplo é o uso do osciloscópio do software *SoundcardScope*. Utilizando o microfone do computador como sensor é possível determinar a velocidade do som no ar por meio da representação das ondas sonoras fornecidas pelo software. É importante ressaltar que o computador é utilizado junto com os modelos teóricos sobre as ondas mecânicas elaborados pela física, o que torna evidente o seu papel como ferramenta para a resolução de problemas. Considerando as diferenças, é o mesmo tipo de atividade que o estudante poderá encontrar em sua atividade profissional. O computador capta sinais elétricos e apresenta o resultado na forma de uma representação da onda sonora. Atribuir significado a esses dados e extraír conclusões a partir deles são uma tarefa que envolve o engajamento do estudante na integração de informações advindas de diferentes fontes: do fenômeno, das representações fornecidas pelo computador e dos modelos da física.

Também oferecemos oportunidades para que os estudantes reflitam sobre questões recentes envolvendo o mundo e a cultura digital, como o fenômeno da **internet das coisas**, também conhecido pela sigla **IoT** (*Internet of Things*). Com o desenvolvimento da **eletônica embarcada**, diversos aparelhos, como eletrodomésticos, brinquedos e máquinas, estão atualmente conectados à internet. Se, por um lado, isso facilita nossa vida, visto que podemos, de casa, acessar serviços ou controlar sistemas de forma remota, por outro coloca algumas questões pertinentes à segurança digital, ética das relações, entre outras. Na medida em que proporcionamos possibilidades para discussões entre os estudantes sobre essas questões do mundo em que vivem, estamos contribuindo para formar um sujeito que atua de forma crítica e consciente no mundo.

10. Características da obra

A seguir, são descritas as principais características da obra, sua estrutura e os fundamentos teórico-metodológicos usados para construí-la.

Estrutura da obra

Esta coleção é constituída por seis volumes. Cada volume é autocontido no que se refere à abordagem dos conteúdos e à progressão das competências e habilidades. Portanto, o desenvolvimento de cada um deles é independente de qualquer sequência e pode ser adequado à realidade local e ao planejamento do professor.

Cada volume está dividido em Unidades e capítulos, em que são tratados temas fundamentais para a construção de uma base conceitual que possibilite uma visão ampla, interdisciplinar e contextualizada das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A seguir, são apresentados os boxes e as seções da obra.

Abertura de Unidade

A Unidade inicia-se com uma imagem e um texto sobre o tema central que será estudado. Também são apresentados alguns questionamentos que buscam despertar o pensamento crítico do estudante, mobilizando aspectos racionais, emocionais e interpretativos.

Capítulo

Os capítulos começam com um boxe, onde são apresentadas aos estudantes as competências gerais, as competências específicas de CNT e as habilidades de CNT

que serão desenvolvidas nele. Em seguida, há um texto introdutório que traz o estudo de um tema, permitindo aos estudantes expressarem o que já conhecem ou pensam a respeito do assunto, tornando mais fácil e atraente o aprendizado. Esta seção busca também avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes.

Ao longo dos capítulos, há textos que abordam aspectos teóricos e conceituais e contextualizam o tema estudado. São apresentados aos estudantes textos diversos, como aqueles retirados de periódicos, de livros, de sites, entre outros. Também são propostas diferentes atividades e reflexões que contribuem para um aprendizado ativo dos estudantes.

Atividade: Investigação

Esta seção propõe atividades que estimulam o engajamento dos estudantes em práticas investigativas. Eles são incentivados a elaborar perguntas científicas, propor hipóteses, analisar dados (primários ou secundários), usar evidências, argumentar e construir conclusões.

As diferentes propostas buscam promover a aprendizagem ativa, por exemplo, a realização de um experimento, o desenvolvimento de uma pesquisa, a criação de um texto, entre outras. As propostas sempre são acompanhadas de questões que promovem reflexão sobre o fenômeno em foco e estimulam o diálogo entre os estudantes.

Atividade: Projeto

Propõe aos estudantes o desenvolvimento de projetos relacionados ao tema estudado no capítulo. Os projetos têm como objetivo trabalhar o tema de forma mais ampla e contextualizada. Têm um caráter de atividade integradora e interdisciplinar, pois promovem a interação do conhecimento científico relacionado a diferentes áreas do conhecimento.

Reflexão

O objetivo aqui é expandir o conteúdo exposto e propor uma reflexão crítica. As reflexões abordam questões relacionadas ao que foi visto ao longo da seção *Investigação* ou *Projeto*. Muitas vezes são propostos questionamentos para ajudar o estudante a compreender o texto ou atividade, envolvendo respostas mais diretas; em outras, são questões que buscam estimular o estudante a refletir sobre conceitos abordados ou observações. Em alguns casos há, ainda, propostas de atividades de pesquisa.

Articulação de ideias

Este boxe traz questões que incentivam o estudante a aplicar conhecimentos, relacionar ideias e interpretar textos.

Exercícios

Aqui são apresentados exercícios objetivos, diretamente relacionados ao que foi abordado no conteúdo ou nas atividades.

Para saber +

Este boxe traz sugestões de páginas da internet, filmes, livros e aplicativos que permitem aprofundamentos dos conteúdos estudados no capítulo. O objetivo é ampliar os conceitos do capítulo e incentivar os estudantes a consultar diferentes fontes. Dessa forma, eles são incentivados a aprofundar o estudo do tema e fazer novas descobertas.

Dialogando com as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Neste boxe são exploradas as relações entre as Ciências da Natureza e suas Tecnologias e a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. O objetivo é promover uma compreensão mais integrada sobre alguns temas, contextualizando-os e ampliando a visão sobre eles, visto que os conhecimentos das Ciências Humanas contribuem para um entendimento mais profundo de certos fatos e fenômenos das Ciências da Natureza.

A análise de processos políticos, econômicos, sociais e culturais contribui para a reflexão crítica de questões e temas próprios de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Um pouco de história

Neste boxe são apresentados episódios da História relacionados ao tema do capítulo, que podem auxiliar na compreensão contextualizada dos conhecimentos.

Questões de exames

Esta seção propõe questões de exames, como de vestibulares das universidades brasileiras e do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), relacionadas ao que foi estudado. Localizada no fim da Unidade, a seção traz questões de múltipla escolha e dissertativas, organizadas por capítulos.

Alertas de segurança

Ao longo de toda a obra, há diversas atividades experimentais, por isso há selos e boxes que alertam sobre os riscos de algumas atividades e sugerem o que deve ser feito para que a segurança dos estudantes e professores seja garantida.

Nas atividades experimentais, são indicados os riscos que cada substância ou aparato experimental representa para as pessoas e quais cuidados devem ser tomados em caso de ingestão, contato com a pele, etc.

Alertamos também para o fato de que os experimentos devem ser conduzidos com extremo cuidado, sempre sob a supervisão do professor.

Fundamentos da nossa proposta: um ensino de Ciências da Natureza inovador

O ensino de Ciências, algumas vezes, tem reforçado a visão da ciência como algo estático, um conjunto de verdades imutáveis, de estruturas conceituais congeladas no tempo. Muitas vezes, pouco explora os contextos históricos, sociais e tecnológicos em que a ciência é construída e aplicada. A ausência de diálogo entre os conhecimentos científicos estudados na escola e os conhecimentos usados no cotidiano, entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana, impede que o estudante reveja seu conhecimento à luz das novidades que aprende nas aulas de Física, Química e Biologia. Nesta obra, buscamos romper com essa visão, partimos de uma outra visão de ciência, considerada um produto das perguntas do ser humano perante a natureza, completamente contextualizada social e historicamente e que procura alargar os horizontes do conhecimento humano.

Vamos explicitar nos tópicos seguintes nossa forma de conceber a abordagem das Ciências da Natureza no Ensino Médio. Cabe ressaltar que o que apresentamos aqui são ideias resumidas e seria desejável que você ampliasse sua compreensão sobre os processos envolvidos na aprendizagem e no ensino das Ciências da Natureza, até para poder se posicionar com mais consciência sobre nossas ideias e reflexões. Indicamos vários textos de outros autores, que podem auxiliar você a aprofundar seus conhecimentos.

Aspectos fundamentais do processo de ensino-aprendizagem

Esta coleção foi elaborada por professores de Física, Biologia e Química. Reflete o que acreditamos para o ensino de Ciências. Várias ideias foram inspiradoras para a elaboração desta proposta de abordagem que estamos apresentando a você. A seguir, serão destacadas as principais ideias que fundamentam nossas opções teórico-metodológicas.

■ Valorizar o pensamento dos estudantes: contribuições do construtivismo

O construtivismo tem sido bastante divulgado entre professores de Física, Química e Biologia como uma possibilidade interessante e inovadora para lidar com a construção do conhecimento científico em sala de aula. Certamente, algumas ideias construtivistas fundamentam nossa proposta de trabalho com conceitos científicos, mas ela inclui muitas outras contribuições.

O construtivismo, visto como uma teoria da aprendizagem, tem sido um marco na forma de conceber o ensino de Ciências. Apesar da diversidade de concepções que pode abranger, pelo menos dois pressupostos podem ser reconhecidos como gerais:

O conhecimento não é transmitido, mas construído ativamente pelos indivíduos; e aquilo que o sujeito já sabe influencia na sua aprendizagem.

(DRIVER et al., 1999)

Uma ideia fundamental é que as concepções trazidas pelos estudantes para as salas de aula de Ciências são muito diferentes daquelas “cientificamente aceitas” e isso interfere na aprendizagem dos conceitos científicos. Muitas vezes, esse fato é evidenciado nas dificuldades dos estudantes para internalizar modelos explicativos da ciência e aplicá-los corretamente. Essa contribuição do construtivismo é importante, pois, para nós, é fundamental considerarmos as ideias dos estudantes. Assim, eles são estimulados a explicitar como estão pensando e a confrontar seu pensamento com a forma de pensar da ciência.

Outras contribuições construtivistas importantes estão relacionadas à proposição de uma aprendizagem ativa, na qual os estudantes estão sempre engajados em atividades, experimentais ou não, em júris simulados em que estão avaliando questões sociocientíficas, em discussões em grupo e em debates conduzidos pelo professor. Esta obra propõe, como regra geral, o trabalho em grupos em torno de atividades que envolvem fenômenos científicos, teorias e representações.

■ Aprender Ciências da Natureza: introdução a uma forma diferente de ver o mundo

Nossas ideias sobre o que está envolvido na elaboração do conhecimento científico vão além das concepções construtivistas. Buscando incorporar outras contribuições, destacamos um artigo publicado em 1999 por um grupo de pesquisadores, liderados pela pesquisadora Rosalind Driver, que aponta um redimensionamento fundamental a ser considerado sobre aprender Ciências:

[...] Aprender Ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez denominada mais apropiadamente como estudo da natureza – nem de desenvolver ou organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender Ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos, através de eventos discrepantes. Aprender Ciências requer que crianças e adolescentes sejam introduzidos numa forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo.

(DRIVER et al., 1999)

O que seria essa “introdução a uma forma de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo”? Que movimentos, que processos constituem a construção dessa outra forma de pensar? Como é possível desenvolver isso nos estudantes? Se aprender Ciências implica a elaboração de novas formas de pensar, em que implicaria o ensinar Ciências?

A pesquisadora mexicana Antônia Candela (1998) propõe que:

[...] a construção do conhecimento científico para professores e alunos implica, além de apropriar-se dos padrões temáticos [...] a apropriação dos recursos discursivos, das maneiras de falar, de argumentar, debater e legitimar esse conhecimento e, em particular, os fatos científicos.

(CANDELA, 1998)

Então podemos pensar que o discurso, a linguagem, tem um papel importante em uma aula de Ciências da Natureza. Mas o que está envolvido nessas relações entre a construção do conhecimento e o discurso?

Investigações por nós realizadas evidenciam que os discursos que circulam nas salas de aula são fundamentais para a elaboração de uma certa forma de falar e pensar sobre o mundo quando tratamos da Física, da Química e da Biologia. Nas interações que ocorrem em uma sala de aula, vários discursos estão circulando: do livro didático, do professor, dos colegas, dos fatos experimentais, do senso comum e da mídia.

Na nossa perspectiva, toda compreensão é ativa. Poderíamos então dizer que, ao tentar atribuir sentido ao que está aprendendo, o estudante vai formular suas próprias “respostas”, suas próprias maneiras de combinar aquilo que está sendo ensinado com o que já sabia.

Então, podemos perguntar: Mas o que será incorporado pelos estudantes? Resposta: os discursos e as visões de mundo que circularam durante as atividades propostas, as aulas do professor, a discussão com os colegas, as leituras, etc.

Interagindo e dialogando em sala de aula

E como nós, professores, podemos ter algum controle sobre esse processo de incorporação de vários discursos e visões de mundo que circulam na sala de aula?

Em primeiro lugar, é preciso pensar nas oportunidades que podemos criar para que essas muitas perspectivas entrem em contato umas com as outras, sejam explicitadas e possam contribuir para modificar e enriquecer os significados do que se diz e pensa sobre as Ciências da Natureza.

Para isso, não basta interagir com os estudantes, permitir que eles falem ou expressem suas maneiras de pensar, suas próprias visões de mundo. Para que o estudante possa dar sentido ao que apreende, o professor precisa também contemplar essas formas de pensar no seu próprio discurso, possibilitando ao estudante comparar suas formas de pensar e falar com as do professor, colegas, livros, etc. Isso é mais do que interagir com os estudantes, é **dialogar com suas maneiras de ver o mundo**. Se nós simplesmente ouvimos a forma de pensar dos estudantes para dizer que está errada ou para ignorá-la, podemos até achar que estamos dialogando, mas esse diálogo não é real, pois não contempla a forma como o estudante pensa. Acreditamos que para implementar essa **perspectiva dialógica** em sala de aula é necessário também contemplar a visão de mundo implícita na linguagem cotidiana e nos contextos sociais e tecnológicos em que a ciência se materializa.

Uma aula expositiva ou a leitura de um texto também podem ser profundamente dialógicas, desde que contemplam explicitamente essas outras perspectivas. Essa ideia também se aplica à atividade experimental, que pode, dessa maneira, ser caracterizada como um diálogo entre teoria e prática. Podemos dizer então que, em nossa proposta, assumimos que aulas de Física, Química e Biologia são muito mais do que um tempo durante o qual o professor vai se dedicar a ensinar Ciências da Natureza, e os estudantes, a aprender alguns conceitos e desenvolver algumas habilidades.

Mas nem só de diálogo vivem as aulas de Ciências. Afinal, as leis e teorias científicas têm significados bastante precisos, que são compartilhados por toda uma comunidade de cientistas e estudantes. Os professores não têm intenção de ensinar, tampouco os estudantes querem aprender, uma interpretação pessoal sobre as leis de Newton; ambos estão interessados na lei que lhes permite explicar, de uma forma que é compartilhada por muitos, por que, por exemplo, um objeto pode estar em movimento sem que nenhuma força esteja atuando sobre ele. Isso parece contraintuitivo e contrário a muitas das experiências que temos no mundo e à forma como as interpretamos na nossa linguagem cotidiana, já que geralmente precisamos fazer muita força para que os objetos pesados saiam do lugar. Da mesma forma, interessa aprender uma única interpretação da lei da conservação das massas nas reações químicas, de Lavoisier, pois é ela que nos permite balancear as equações químicas e operar os cálculos estequiométricos a partir dessas equações.

Há, portanto, uma tensão importante que merece nossa atenção como professores. Ao mesmo tempo que, para possibilitar a compreensão, é preciso promover o diálogo entre diferentes significados para as palavras e as diferentes visões de mundo e formas de falar que as sustentam, esse diálogo não deve resultar na má interpretação ou na formulação errada de conceitos fixados pela comunidade científica.

Para caracterizar essa tensão, que nos parece essencial para entendermos como lidar com as interações nas salas de aula, vamos chamar de abordagem dialógica (MORTIMER; SCOTT, 2002) o primeiro tipo de situação de comunicação que ocorre na sala de aula – aquela que valoriza a diversidade de pontos de vista e a forma como eles entram em contato uns com os outros. E de abordagem de autoridade (*idem*) à segunda situação de comunicação – aquela que valoriza um significado único, que é chancelado pela autoridade da ciência e com o qual não podemos dialogar. Daí a locução adjetiva “de autoridade”.

Além disso, é preciso considerar que, independentemente de o professor levar ou não os pontos de vista dos estudantes em consideração, há situações em que o professor interage com eles – fazendo-lhes perguntas, ouvindo suas dúvidas e o que têm a dizer sobre determinado assunto, respondendo às suas perguntas – e momentos sem interação com os estudantes, em que só o professor fala, geralmente quando introduz um assunto novo, quando faz sínteses e recapitulações, etc.

Quando colocamos juntas essas duas dimensões, percebemos que a abordagem à comunicação em sala de aula pode assumir, portanto, quatro formas diferentes:

- a abordagem é **interativa e dialógica** quando o professor fala e faz os estudantes falarem, considerando os pontos de vista que eles apresentam, mesmo que sejam completamente diferentes daquele que pretende ensinar, que sejam reconhecidamente errados ou ingênuos;
- ela é **interativa e de autoridade** quando o professor fala e faz os estudantes falarem, mas, nesse caso, aceita e leva em consideração apenas os pontos de vista que estão em conformidade com os conteúdos científicos que quer ensinar;
- a abordagem é **não interativa e dialógica** quando o professor repete ou retoma ideias que foram expressas pelos estudantes e que representam pontos de vista diferentes daqueles da ciência, com a finalidade de que o estudante compare essas diferentes ideias e perceba suas diferenças;
- por fim, a abordagem comunicativa é **não interativa e de autoridade** quando só o professor fala e expressa apenas os pontos de vista da ciência.

É importante notar que todas essas abordagens têm seu lugar numa sala de aula e cada qual é mais adequada

a objetivos diferentes que o professor persegue num determinado momento da aula. Se quiser introduzir um assunto novo, deixar bem claro o que é uma lei ou um princípio científico, muitas vezes o mais apropriado é fazer isso por meio de uma abordagem não interativa e de autoridade. Mas se a seguir o professor quiser verificar como os estudantes entenderam a lei ou princípio, de forma a controlar e corrigir esse entendimento, o mais apropriado é uma abordagem interativa e dialógica, pois nela não só ouvirá o que o estudante tem a dizer do seu próprio ponto de vista – em outras palavras, ele irá expressar seu ponto de vista sobre o que está sendo ensinado – como também levará esses pontos de vista em consideração, fará comentários sobre eles, pedirá aos estudantes que os expliquem melhor, etc. Se, num outro momento, o professor quiser garantir que os estudantes comecem a aplicar a lei ou princípio recém-ensinados a uma gama de situações, para que possam ir se familiarizando com eles e ganhando segurança para usá-los sozinhos, sem nosso apoio ou o apoio do colega, o mais apropriado é uma abordagem interativa e de autoridade. Nela o professor faz perguntas aos estudantes, ouve suas respostas, mas só leva em consideração aquilo que se conforma ao conteúdo científico que está ensinando. E, finalmente, se o professor quiser fazer com que o estudante perceba a diferença entre a forma como ele pensava sobre os fenômenos e conceitos que está estudando e a forma como a ciência pensa esses mesmos fenômenos e conceitos, que tome consciência dessa diferença e aprenda a reconhecer uma e outra forma em situações diferentes, o mais apropriado pode ser uma abordagem não interativa e dialógica.

Essas diferentes abordagens podem ocorrer em ordens diversas em uma aula e também para outros objetivos não mencionados neste Manual. O importante é que ocorra uma alternância entre as quatro formas diferentes, de modo que, ao mesmo tempo que contemplamos as formas de pensar e falar do estudante, introduzimos as formas de pensar e falar da ciência, insistimos no seu uso e mostramos, finalmente, que elas são diferentes das formas de pensar e falar cotidianas.

Essa é também uma forma de contemplar as visões que o estudante traz para a sala de aula, e permite mapar os conhecimentos, as atitudes e os valores que ele apresenta quando iniciamos o estudo de qualquer tema. Ao propor experimentos que explicitam esses vários conhecimentos, nossa obra propõe uma maneira de lidar com esses conhecimentos. Em primeiro lugar, é necessário explicitá-los, o que ocorre naturalmente em vários experimentos que propomos, pois o estudante deve expor o que pensa para responder a algumas questões propostas. Depois, em uma abordagem interativa e dialógica, a obra propõe, geralmente, um texto que coloca esses conhecimentos prévios em diálogo com os conhecimentos

científicos, não no sentido de dizer que estão errados e que devem ser abandonados, mas para que o estudante entenda a diferença que há entre o conhecimento que ele traz da vida cotidiana, e que é útil naquele contexto, e o conhecimento científico, que se aplica a esse novo contexto no qual o estudante está se aculturando. Nesse sentido, na nossa obra sugerimos não apenas as maneiras de tornar explícitos os conhecimentos prévios dos estudantes, mas também orientações a respeito de como os professores podem lidar com esses conhecimentos quando estão construindo a visão científica.

Podemos dizer então que, em nossa proposta, assumimos que as aulas de Ciências são muito mais do que um período durante o qual o professor vai se dedicar a ensinar conteúdos científicos e os estudantes vão ouvir, aprender alguns conceitos e desenvolver algumas habilidades. As aulas de Ciências são um espaço de construção do pensamento científico e de (re)elaborações de visões de mundo e, nesse sentido, são um espaço de constituição de sujeitos que assumem perspectivas, visões e posições nesse mundo. Sujeitos que aprendem várias formas de ver, de conceber e de falar sobre o mundo.

Como fazer para que as interações aconteçam em sala de aula?

Mas, na prática, como os professores podem assegurar que as diferentes abordagens realmente ocorram e que os estudantes expressem seus pontos de vista? Um primeiro aspecto a ser considerado é que nem sempre os estudantes estão acostumados a uma aula em que eles devem falar, responder a diferentes questões do professor, fazer suas próprias perguntas e discutir com os colegas para obter consenso em torno de explicações, previsões, respostas às perguntas, etc. Nesse sentido, é importante que o professor negocie com a classe, logo de início, um novo contrato didático (BROUSSEAU, 2008) no qual está previsto que os estudantes falem, arrisquem, errem, etc. Uma vez assegurado que os estudantes se acostumem a participar das aulas, de forma que a interação e o diálogo possam acontecer, cabe ao professor pensar no que deve fazer para garantir e controlar essa participação.

De início podemos pensar em duas situações que são bastante diferentes. Quando queremos fazer com que os estudantes falem, mas vamos aceitar e levar em consideração apenas os pontos de vista que estão em conformidade com os conteúdos científicos que queremos ensinar, numa abordagem interativa e de autoridade, geralmente faremos perguntas buscando respostas certas. Para tanto, ouviremos a resposta dos estudantes e forneceremos uma avaliação dessa resposta. Essa avaliação final pode assumir muitas formas: ao repetir a resposta do estudante com a entonação adequada, toda a classe vai perceber que a resposta estava

certa e foi avaliada positivamente. Por outro lado, ao repetir a pergunta, toda a classe também vai perceber que a resposta não foi adequada e, portanto, foi avaliada negativamente.

Essa primeira forma de interação com os estudantes é a mais comum e quase todos os professores a utilizam. É conhecida como intervenção triádica e assume a forma I-R-A (I – para *iniciação*, normalmente do professor; R – para *resposta*, normalmente do estudante; e A – para *avaliação*, normalmente do estudante (MEHAN, 1979; SINCLAIR; & COULTHARD, 1975; LEMKE, 1990).

O mais difícil é sustentar a fala dos estudantes, que exige um pouco mais de habilidade e cuidado para se obter sucesso. É importante, para isso, desenvolver uma escuta atenta e ser capaz de sustentar a fala do estudante se ele não conseguir se expressar completamente na sua primeira resposta. Nesse caso, podemos repetir partes da fala dele, mas com a entonação adequada para que ele perceba que deve continuar a elaborar sua explicação, ou mesmo podemos usar expressões como “Você pode me explicar melhor?”, “O que você quer dizer com isso?”, etc. O importante é que na abordagem dialógica não cabe avaliar a resposta do estudante, estamos interessados em ter acesso à forma como ele está pensando o assunto, e para isso temos de criar as condições de sustentar sua fala por meio de intervenções que sinalizam claramente que ele deve elaborar mais o que está dizendo.

Há que se notar que esse recurso de sustentar a fala do estudante pode ocorrer também numa abordagem interativa e de autoridade. A principal diferença é que, neste último caso, depois de algumas trocas verbais nas quais conseguimos fazer com que os estudantes elaborem melhor suas respostas, nós faremos uma avaliação da resposta obtida, enquanto no caso da abordagem interativa e dialógica isso não acontece. Outro aspecto importante a notar é que os estudantes são bastante sensíveis a essas variações e percebem claramente as “regras do jogo”, mesmo que elas nunca tenham sido explicitadas. Por exemplo, se o professor sempre avalia as respostas dos estudantes, eles logo vão perceber que, na realidade, o que eles pensam não interessa e não tem valor, e, assim, não vão expressar seus próprios pontos de vista, com receio de serem avaliados pelo professor. Nesse caso, nunca conseguiremos fazer com que a abordagem seja interativa e dialógica. Em outras palavras, para termos uma alternância entre essas abordagens na sala de aula, é preciso que os estudantes se acostumem a expressar o que pensam sem medo de errar. Para isso é fundamental que vejam claramente que essas situações são valorizadas e ocupam um espaço importante na sala de aula.

Outro aspecto importante é que a forma como perguntamos determina, sobretudo, a forma como os estudantes respondem. As contribuições deles no

debate com toda a classe serão muito pobres se todas as perguntas que fizermos fornecerem como opção de resposta apenas uma ou outra escolha que já determinamos na pergunta. Por exemplo, perguntar em que sentido uma força é exercida, se para cima ou para baixo; ou se uma determinada reação é exotérmica ou endotérmica. Nesses casos, o estudante só pode responder com uma das duas opções apresentadas. Uma situação semelhante ocorre quando perguntamos por coisas bastante definidas, exigindo que ele responda com o nome de um objeto, de uma substância, de um conceito, ou de uma propriedade. São perguntas que envolvem, geralmente, o uso das conjunções “que” e “qual”. Por exemplo, perguntar “Qual a cor do precipitado que foi produzido na reação?”; “Que forças estão agindo sobre o objeto?”; etc.

Além dessas duas formas, é necessário utilizar também uma forma mais aberta de perguntar, que busca saber as razões para uma determinada afirmação ou para o que aconteceu num determinado experimento; ou saber o que foi observado, como o estudante pode descrever o sistema em questão (MEHAN, 1979). Nesse caso, as perguntas envolvem o uso das conjunções “por que” e “como”. Por exemplo, perguntar “Por que a temperatura do sistema aumentou?” ou “Como fazer para aumentar o rendimento da reação?” ou, ainda, “O que acontece quando jogamos essa bola para cima, na vertical?”

Vale reforçar que é importante utilizar uma variedade de formas de perguntas, e não considerar que determinadas perguntas são melhores do que outras. Obviamente que nas perguntas usando “por que” e “como” os estudantes terão mais oportunidade para se expressarem, usando frases completas, expondo uma ideia melhor, etc. Mas há outras situações nas quais as perguntas que demandam uma simples escolha ou apenas um nome ou um adjetivo são perfeitamente adequadas. Além disso, vale a pena prestar atenção ao fato de que as perguntas que demandam escolhas ou apenas um nome ou um adjetivo quase sempre vão gerar abordagens interativas e de autoridade, pois as possibilidades de resposta são limitadas. Já as perguntas mais abertas que envolvem “por que” e “como” podem resultar numa abordagem tanto de autoridade quanto dialógica.

Finalmente é bom lembrar que podemos usar muitas estratégias para garantir que os estudantes falem na sala de aula. A primeira delas é tentar valorizar suas próprias perguntas, de forma que eles percebam que também podem iniciar as interações. As perguntas deles muitas vezes auxiliam enormemente o professor na sua tentativa de fazer com que eles entendam o conteúdo que está sendo ensinado, pois podem sugerir formas alternativas de considerar determinado tema (CHIN; OSBORNE, 2008). A segunda é valorizar os trabalhos em duplas ou em

pequenos grupos. Muitos estudantes que têm dificuldade em participar dos debates e responder a perguntas para toda a classe, geralmente por timidez ou medo de errar, se tornam bem mais falantes e à vontade nas atividades em grupo. A terceira é sermos capazes de escutar as respostas dos estudantes e de dar tempo, após as perguntas, para que eles pensem e respondam. Como professores não devemos nos incomodar com um silêncio momentâneo após perguntarmos algo. Ele pode ajudar o estudante a encontrar a resposta. A quarta é que devemos ser capazes de reformular nossas perguntas para fazer com que eles consigam respondê-las. Há situações em que a pergunta fica fora das possibilidades do estudante em lidar com a questão, fora de sua Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) (VYGOTSKY, 1978). Nesse caso, podemos tanto reformulá-la quanto decompô-la em outras perguntas mais simples, com as quais o estudante será capaz de lidar. Esse processo pode acontecer, às vezes, com a decomposição de uma pergunta aberta, do tipo “como” ou “por que”, em uma série de perguntas mais fechadas, do tipo “que” ou “qual”, ou mesmo de escolha entre duas opções.

O importante mesmo é transformar a classe, progressivamente, num espaço em que todos se sintam à vontade para participar, falar e fazer perguntas, ao mesmo tempo que buscam se apropriar da linguagem e terminologia apropriadas para que possam, progressivamente, compartilhar os pontos de vista da ciência e sua maneira de ver o mundo.

Valorizar formas diferentes de pensar o mundo: o perfil conceitual

As diferentes formas de ver, conceber e falar sobre o mundo podem ser pensadas como diferentes formas de conhecimento, que correspondem a diferentes realidades. Quando alguém desloca sua atenção da realidade cotidiana para, por exemplo, o conhecimento científico, uma mudança radical tem lugar em sua consciência. Mesmo quando esse tipo de mudança radical tem lugar, contudo, a realidade da vida cotidiana ainda marca sua presença. Para falar dessas diferentes realidades, usamos linguagens variadas, mas todas elas são construídas a partir da linguagem da vida cotidiana. Mesmo que possam ser usadas linguagens mais sofisticadas – como a da Matemática e da Química –, é preciso que se estabeleçam relações entre as diferentes realidades, possibilitando sua coexistência num mesmo sujeito que vive num mundo tão diversificado.

A própria ciência não é homogênea e pode oferecer múltiplas formas de ver o mundo. Essas ideias podem conviver em uma mesma pessoa, sendo usadas em

contextos independentes e não relacionados. Não precisamos de uma noção científica do atomismo para lidarmos com materiais sólidos, líquidos e gasosos no cotidiano. A humanidade, no entanto, precisou de uma noção científica de átomo para produzir ciência e tecnologia, e um dos papéis da escola é promover a enculturação nessas noções científicas.

A própria noção de átomo não é única. Os cientistas lidam com o átomo como uma esfera rígida e indivisível em várias de suas explicações para as propriedades das substâncias. As próprias fórmulas estruturais representam os átomos dessa forma. Esse modelo, porém, não é suficiente para explicar vários fenômenos, como a reatividade química. Nesses contextos, os cientistas lançam mão de modelos mais sofisticados, incluindo os modelos da mecânica quântica.

Essa diversidade de visões para um mesmo conceito é o que chamamos de **perfil conceitual**.

Uma mesma pessoa pode ter várias formas de pensar e falar sobre um mesmo conceito, e usá-las em diferentes contextos. Essas diferentes formas vão desde aquelas muito ligadas à vida cotidiana, impregnadas de realismo e de percepção sensorial imediata, até as muito sofisticadas, que expressam a realidade em termos puramente matemáticos. Entre esses extremos, há várias formas mais racionais de ver o mundo, em que a realidade imediata pode ser problematizada por meio de experiências empíricas ou deduzida de relações matemáticas entre diferentes variáveis. Essas diversas formas de ver o mundo podem ser pensadas como diferentes zonas num perfil conceitual.

O conceito de massa nos ajuda a entender essa heterogeneidade conceitual. Na vida cotidiana, usamos a palavra “massa” para designar coisas grandes e pesadas. Falamos de uma “massa de ouvintes”, uma “massa de ar frio” que se aproxima ou até mesmo de uma “massa bruta”. Em todos esses casos, a massa é grande e pesada. Nesse sentido, “massa” está impregnada de realismo e impressões sensoriais, e seria um contrassenso pensar na massa de uma coisa tão pequena como um elétron. Quando usamos uma balança, nossa concepção de massa parece se refinar e começamos a expressar esse conceito a partir de uma experiência empírica. A balança de precisão permite determinar a massa de alguns poucos miligramas.

Nessa zona do perfil conceitual, o conceito de massa se liberta do realismo imediato. Se a humanidade, porém, tivesse se restringido a esses primeiros conceitos, nunca teria sido capaz de determinar a massa da Terra ou de um elétron. Afinal, não há balança que o faça. Para explorar a massa desses objetos, muito grandes ou muito pequenos, foi necessário conceber o conceito numa nova zona do perfil, em que ele faz parte de uma relação racional entre conceitos, que pode ser expressa por uma fórmula

matemática. Nesse sentido, podemos pensar a massa como a relação entre densidade e volume, ou entre aceleração e força, entre tantas possibilidades. A mente humana, contudo, foi capaz de ir mais longe. Numa zona mais complexa ainda, a massa pode ser pensada como relativa. Para objetos se deslocando a uma velocidade próxima à da luz, a massa pode variar com a velocidade do objeto.

É interessante notar que, à medida que se percorre esse perfil conceitual, qualquer conceito vai se tornando mais complexo e também mais racional. Além disso, a parte “realista” desse perfil pode ser relacionada às concepções cotidianas que as pessoas possuem, muitas vezes desvinculadas da formação escolar.

Aprender, segundo essa visão, é adquirir novas zonas de um perfil conceitual qualquer e tomar consciência desse perfil.

À medida que o estudante toma consciência de seu perfil conceitual, mesmo que inicialmente esse perfil contenha apenas umas poucas formas diferenciadas de ver e construir o mundo discursivamente, ele estará apto a perceber a dinâmica do conhecimento e a admitir uma diferenciação ainda maior desse perfil no futuro, com a aprendizagem de conceitos mais sofisticados.

Se o estudante aprender que a descrição científica do calor como energia, proporcional à **diferença de temperatura**, é complementar à sua ideia cotidiana de calor como substância, proporcional à **temperatura**, ele estará reconhecendo a existência de noções complementares que constituem, nesse momento, seu perfil para o conceito de calor. Se as noções são complementares, há contextos em que a aplicação de uma das ideias é mais apropriada. O conjunto desses contextos diferenciados, que constituem a realidade em seus múltiplos níveis, só pode ser entendido por meio dessa perspectiva complementar. Afinal, chegar a uma loja e pedir uma blusa de lã bem quente continuará a ser mais apropriado do que pedir um agasalho feito de um bom isolante térmico que impeça que o corpo troque calor com o ambiente. Por outro lado, se sabemos que esse “quente” da lã não significa que ela pode ser usada para esquentar um cafêzinho – afinal, a lã não é uma fonte de calor –, estamos expressando a consciência desse perfil conceitual de calor, usando as ideias científicas e cotidianas numa perspectiva de complementaridade.

Visão de Ciências

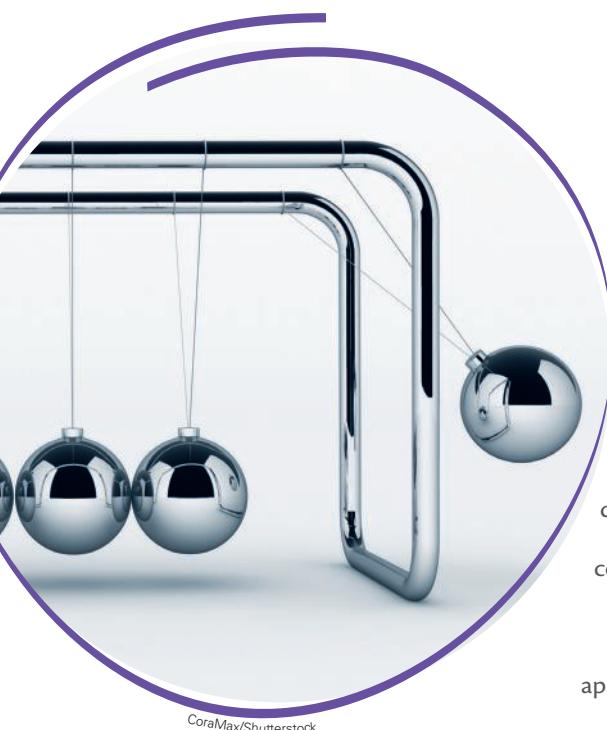
Neste livro, procuramos mostrar a ciência como uma construção humana, sujeita à influência de fatores sociais, econômicos e culturais de seu tempo. Para isso, sempre

que possível, abordamos fatos históricos que contribuíram para as mudanças nos paradigmas aceitos em determinada época, trazendo o discurso dos cientistas para ilustrar essas mudanças, quando apropriado. Também trazemos diálogos com as Ciências Humanas, pois, ainda que estas não usem as mesmas metodologias das Ciências da Natureza e lidem com um objeto muito mais fluido e transitório, que é o humano, elas também contribuem para a interdisciplinaridade. Essa visão tem como finalidade mostrar que a ciência não é um corpo de conhecimentos finalizados, mas é dinâmica. Suas teorias estão sempre sujeitas a refutações e esse processo é influenciado pelo desenvolvimento tecnológico e pelo aparecimento de novos fatos. O processo é também social, no sentido de que uma nova ideia, por mais racional que seja, só será aceita se convencer a maioria dos cientistas.

Aprender Física, Química e Biologia é também aprender sobre a natureza dessas Ciências, seus processos de investigação e seus métodos. Assim, é importante que nós, professores, chamemos a atenção dos estudantes para aspectos relacionados à natureza da ciência, destacando as formas como o conhecimento é produzido, as estratégias de verificação de hipóteses, as incertezas associadas às medidas, a forma como são determinadas propriedades específicas de diferentes materiais, etc.

Seleção e organização de conteúdos: focos de interesse da Física, Química e Biologia

■ Organização dos conceitos físicos



A Física é uma ciência cujo objeto de estudo são os fenômenos naturais que ocorrem em nosso mundo e no Universo. O som de uma música, o arco-íris formado pela luz do Sol, a eletricidade que faz um motor girar, a atração do Sol sobre os planetas, o nascimento de uma estrela, e os princípios de funcionamento de um *chip* do computador e de equipamentos de diagnósticos médicos, como a tomografia e ressonância magnética, entre muitos outros fenômenos, constituem fenômenos da Física.

Por se apresentarem tão diversos, os estudos desses fenômenos seguiram caminhos diferentes ao longo dos séculos. A clássica subdivisão da Física em Mecânica, Ondas, Astronomia, Cosmologia, Termodinâmica, Eletromagnetismo, Óptica, Teoria da relatividade e Física quântica são reflexos desse desenvolvimento. Mas olhando para esses fenômenos é possível escolher alguns conceitos-chave que nos permitem abordar toda essa diversidade. Podemos agrupá-los em pares complementares, como **partículas e ondas, matéria e energia, e espaço e tempo**, e estruturar o conhecimento físico em termos desses três pares de conceitos.



Banco de imagens/Arquivo da editora

O estudo do movimento descreve como as partículas, corpos e ondas se dispõem no espaço e evoluem no tempo. A Física busca estabelecer uma ordem por meio de uma sucessão regular de eventos. Energia é um conceito que perpassa todos os fenômenos físicos e a conservação de energia se aplica a todas as transformações físicas. A Termodinâmica mostra como a energia disponível para a realização de uma tarefa se transforma com o passar do tempo e explica a seta do tempo. A Física quântica explica o comportamento dos materiais relacionando os conceitos de matéria e energia com os de partículas e ondas. A Teoria da relatividade estabelece o acoplamento do tempo e do espaço e a possibilidade da transformação de matéria em energia. A Cosmologia e a Astronomia estudam a origem e constituição do Universo mostrando como a matéria e energia surgiram e estão evoluindo no tempo e no espaço. As ondas nos permitem explicar fenômenos em que ocorrem transferências

de energia sem transferência de matéria, assim como os fenômenos sonoros e luminosos. A matéria macroscópica dos objetos, seres e corpos celestes é constituída de partículas, que também estão presentes no mundo do infinitamente pequeno, como elétrons, quarks e outras partículas elementares.

Um aspecto fundamental da Física são os fenômenos de interação partícula/partícula, partícula/onda e onda/onda. Como interação partícula/partícula podemos citar a atração gravitacional que ocorre entre um objeto e o planeta Terra ou entre um objeto que empurra outro; por outro lado, a coesão da matéria é explicada pela interação atrativa entre as suas partículas. As interações se manifestam por meio dos diferentes tipos de força e campos. Interações partícula/onda nos ajudam a compreender fenômenos que envolvem a absorção da radiação, como o efeito fotoelétrico, ou a emissão de radiação pela desintegração de um núcleo atômico. Já em fenômenos como a difração e a interferência, temos uma interação onda/onda. Um aspecto importante a ser considerado é que novos fenômenos podem emergir quando consideramos a interação de partículas. Por exemplo, nos chamados sistemas complexos, que envolvem um número absurdamente grande de variáveis, como em problemas de meteorologia, evolução de epidemias ou do mercado financeiro, entre outros, comportamentos coletivos e macroscópicos aparecem como o resultado das interações dos constituintes fundamentais.

■ Organização dos conceitos químicos

Vivemos em uma época na qual tem sido muito comum o uso de materiais sofisticados, destinados a atividades cada vez mais específicas. A sociedade tecnológica exige das ciências responsas precisas e específicas às suas demandas. A Química, ciência fundamental na concepção de novos materiais, pode oferecer respostas a essa diversidade de demandas pelo conhecimento sobre a constituição, propriedades e transformações das

O ouro utilizado na produção de algumas joias é um metal que apresenta a ductibilidade como uma de suas principais características.

Africa Studio/Shutterstock

substâncias. Entretanto, a produção e a utilização dos materiais têm provocado diversos problemas ambientais. Essa é uma preocupação recente e representa um desafio também para os químicos.

Para contemplar o pensamento do estudante e os diferentes contextos nos quais a Química é relevante, é necessário que o programa seja bem dimensionado em relação à quantidade de conceitos a serem abordados e que promova o desenvolvimento dos conceitos científicos. Trabalhar com um número excessivo de conceitos assume como pressuposto que aprender Química é somente aprender o conteúdo químico. Além disso, é fundamental que trabalhemos, além dos conteúdos conceituais, os procedimentais e atitudinais.

Nossa proposta de Química no contexto desta obra busca contemplar aspectos conceituais fundamentais que permitam a compreensão da constituição, das propriedades e transformações dos materiais, destacando implicações sociais relacionadas à sua produção e ao seu uso.

A Química tem como objetos de investigação as propriedades, a constituição e as transformações dos materiais e das substâncias. O triângulo a seguir representa as inter-relações dos objetos com focos de interesse da Química.



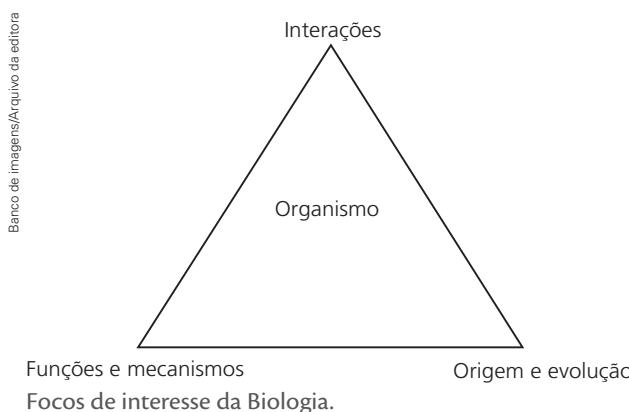
Banco de Imagens/Arquivo da editora

O conhecimento das substâncias e dos materiais diz respeito a suas propriedades, como dureza, ductibilidade, temperaturas de fusão e ebulição, solubilidade, densidade e outras passíveis de serem medidas e que possuem uma relação direta com o uso que se faz dos materiais. Para compreender o comportamento dos materiais, alguns conhecimentos químicos são importantes: aqueles que envolvem os diversos modelos de átomo e como esses átomos interagem para formar moléculas e íons, e, ainda, como essas moléculas, átomos e íons se agrupam para formar as substâncias e os materiais que conhecemos. Esses conhecimentos oferecem subsídios para a compreensão, o planejamento e a execução das transformações dos materiais.

Estabelecer inter-relações desses três aspectos nos parece fundamental para que se possa compreender vários tópicos de conteúdo químico.

■ Organização dos conceitos biológicos

A proposta de Biologia para o Ensino Médio busca contemplar conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais fundamentais que permitam a compreensão dos focos de interesse da Biologia: funções e mecanismos, origem e evolução, e interações envolvendo os organismos vivos. O triângulo a seguir representa as inter-relações dos focos de interesse da Biologia que são trabalhados nesta obra.



Elaborado com base em: Carvalho, Nunes-Neto, El-Hani, 2011.



A interação dos organismos está presente em fenômenos como a polinização.

lagem de mecanismos fornece meios de relacionar a produção de fenômenos às relações espacotemporais de estruturas e processos, bem como às suas funções.

Uma questão relacionada a esse conjunto de conhecimentos seria, por exemplo: "Como ocorre a respiração celular?". O tipo de resposta produzida para essa questão facilita o entendimento de certos processos morfo-fisiológicos das células capazes de realizar a respiração celular.

Os conhecimentos sobre a origem e a evolução dos seres vivos derivam de questionamentos envolvendo fenômenos que ocorrem em uma escala temporal mais ampla e possuem causas mais remotas. Explicam a origem, a diversidade e as adaptações dos seres vivos. Os fenômenos podem ser compreendidos/explicados a partir de narrativas históricas. Neste caso, uma questão apropriada seria: "Por que a primeira fase da respiração celular é semelhante ao início da fermentação?". Uma resposta para esse tipo de pergunta tem uma dimensão evolutiva e envolve processos de níveis genéticos e ecológicos.

Os conhecimentos relacionados às interações ocupam uma posição intermediária em relação à escala temporal e às causas dos outros dois conjuntos de conhecimento. Em princípio, poderíamos pensar em incluir as causas ecológicas entre as causas próximas, por exemplo. Porém, as causas ecológicas também podem operar além do tempo de vida de um organismo e demandam, como as causas remotas, que incluirmos os organismos em sistemas mais amplos, como populações, comunidades, ecossistemas, etc. As causas ecológicas parecem, em suma, situar-se em um campo intermediário entre as causas próximas e as causas remotas e, além disso, entre a escala temporal menor, da biologia funcional, e a escala temporal maior, da biologia evolutiva (em um tempo ecológico que não é nem o do organismo individual nem o tempo evolutivo).

Poderíamos propor, assim, que a Biologia talvez compõe três campos, somando uma biologia ecológica à biologia funcional e evolutiva. Meghioratti *et al.* (2009) exemplifica de que forma o conceito de organismo pode ser integrador para o conhecimento biológico.

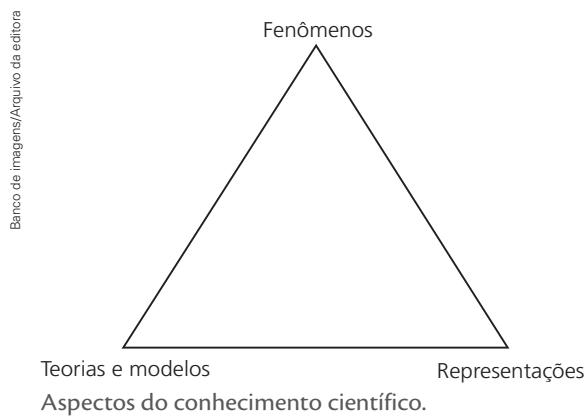
Para obter alimento, um mamífero estabelecerá inúmeros tipos de comportamentos e interações ecológicas: ele pode, por exemplo, competir por alimento e/ou utilizar estratégias de armazenamento para tempos escassos. Em uma competição por alimento dentro de uma mesma espécie, as diferenças individuais serão fundamentais para a sobrevivência e a reprodução. Assim, quando um organismo atua no ambiente para a obtenção de alimento, ele acaba por modificar o ambiente para outros indivíduos da mesma espécie ou de outras (isso se refere, portanto, à forma como o organismo determina e é determinado por seu ambiente). Obtido o alimento, os nutrientes adquiridos entrarão na rede metabólica daquele

organismo e passarão a fazer parte de sua constituição e/ou de seu metabolismo. A qualidade e quantidade dos nutrientes obtidos influenciarão as condições físicas do organismo e a forma como este atua no ambiente externo.

Nesse exemplo, fica evidente a inter-relação dos focos de interesse da Biologia com o conceito de organismo. Em relação ao foco funções e mecanismos, observamos a necessidade de compreensão da morfofisiologia do processo digestório, bem como de aspectos bioquímicos dos nutrientes. Já os aspectos nutricionais diferem entre os organismos, e tais distinções relacionam-se aos processos de origem e evolução dos diversos grupos de seres vivos. Por fim, os organismos interagem uns com os outros e com o ambiente para a obtenção dos nutrientes.

Formas de abordar os conceitos físicos, químicos e biológicos

Do ponto de vista didático, é útil distinguir três aspectos do conhecimento científico: **fenomenológico, teórico e representacional**. O triângulo a seguir representa as inter-relações desses aspectos do conhecimento científico.



O aspecto **fenomenológico**, em relação à **Química**, diz respeito aos fenômenos de interesse dessa ciência, sejam aqueles concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância, sejam aqueles a que temos acesso apenas indiretamente, como as interações radiação-matéria, que não provocam um efeito visível a olho nu, mas podem ser detectadas na espectroscopia. Os fenômenos da Química não se limitam àqueles que podem ser reproduzidos em laboratório, eles também estão materializados nas atividades sociais, como as que acontecem nos supermercados, em postos de gasolina, nas farmácias, entre outros. São as relações sociais que o estudante estabelece por meio dessa ciência que dão significado à Química do seu ponto de vista, pois mostram que ela está na sociedade, no ambiente. Além

disso, quando nós, professores, retomamos em sala de aula fenômenos já estudados ou vividos, possibilitamos que o estudante participe da conversa, pois passamos a falar de algo que eles compartilham conosco. A abordagem do ponto de vista fenomenológico também pode contribuir para promover habilidades específicas, tais como controlar variáveis, medir, analisar resultados, elaborar gráficos, etc.

É necessário, portanto, que os três aspectos completem igualmente. A produção de conhecimento na Química resulta sempre de uma dialética entre teoria e experimento, pensamento e realidade, mesmo porque não existe atividade experimental que não ofereça mais de uma possibilidade de interpretação. Ainda que o estudante não conheça a teoria científica necessária para interpretar determinado fenômeno ou resultado experimental, ele o fará com suas próprias teorias implícitas, suas ideias de senso comum, pois todo processo de compreensão é ativo. Para que a interpretação do fenômeno ou resultado experimental faça sentido para o estudante, é desejável manter essa tensão entre teoria e experimento, percorrendo constantemente o caminho de ida e volta entre os dois aspectos.

Já a **Física** é uma ciência que tem por objeto de estudo os fenômenos naturais que ocorrem em nosso mundo e fora dele. Portanto, o som de uma música, o arco-íris formado pela luz do Sol, a eletricidade que faz um motor girar, a atração entre o Sol e os planetas, o nascimento de uma estrela, entre muitos outros, constituem fenômenos de interesse da Física.

Dada essa diversidade de fenômenos com os quais a Física trabalha, que envolve desde entidades dos mundos submicroscópico, como átomos e moléculas, a entidades supermacroscópicas, como galáxias e buracos negros, é necessário considerar uma distinção entre os fenômenos que podem ser acessados diretamente pelos nossos sentidos e aqueles cujo acesso é realizado pela mediação de algum instrumento tecnológico. Por vias diretas, podemos sentir o calor que emana de uma superfície quente, ver a luz emitida por uma descarga elétrica ou a queda de um objeto próximo à superfície da Terra, mas só podemos ter acesso à luz de uma estrela muito distante por meio de um telescópio. Sendo assim, há certos fenômenos que se manifestam diretamente aos estudantes, ao passo que outros só existem por meio de artefatos tecnológicos que permitem estender nossos sentidos.

A importância de considerar o aspecto fenomenológico no estudo da Física reside no fato de que ele pode suscitar a busca por respostas a certas questões: Por que um copo de leite quente esfria naturalmente ao ser deixado sobre a mesa?; Por que um corpo abandonado na

superfície da Terra sempre cai em direção ao chão? Abordar a Física considerando o aspecto fenomenológico favorece a inserção do estudante na conversa em sala de aula, pois aproxima o mundo vivido por ele do mundo estudado na sala de aula. Isso se aplica mesmo no caso de fenômenos aparentemente distantes do seu cotidiano, como os buracos negros. Quando a imagem de um buraco negro é amplamente noticiada pela mídia, um fenômeno distante como esse também se torna presente no cotidiano dos estudantes. Além disso, a abordagem fenomenológica pode contribuir para promover habilidades específicas, como controlar variáveis, realizar medições, analisar resultados, elaborar gráficos, etc.

Embora seja importante a abordagem de um ponto de vista fenomenológico, apenas esse aspecto não fornece todas as respostas às questões suscitadas. Compreender os fenômenos de modo satisfatório e saber explicá-los envolve o uso de conceitos, modelos, leis e teorias elaboradas pela ciência. Esses elementos constituem o aspecto teórico do conhecimento físico, construído pelos seres humanos, que se esforçam em organizar o pensamento sobre o mundo natural de um ponto de vista lógico e coerente.

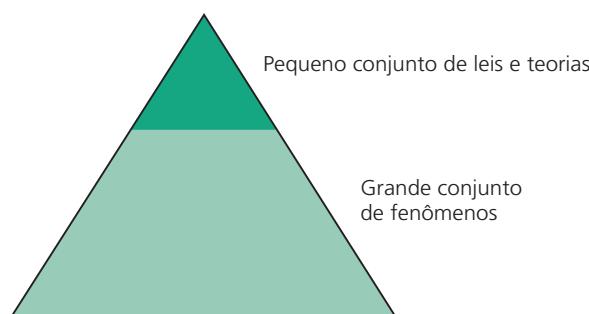
Em relação à **Biologia**, o aspecto fenomenológico diz respeito aos fenômenos de interesse, que podem ser concretos e visíveis, como o aumento de nossos batimentos cardíacos, a germinação de uma semente, a semelhança entre organismos da geração parental e seus descendentes (ou entre pais e filhos), a presença de fósseis de peixes no topo de uma montanha ou a presença de diferentes organismos em diferentes regiões do planeta. Mas podem também ser fenômenos a que temos acesso apenas indiretamente, como a fagocitose realizada por uma célula, que só pode ser observada ao microscópio, ou a absorção de substâncias por microvilosidades no intestino. A escala temporal dos fenômenos de interesse também pode variar de uma escala longa – como a origem de uma certa espécie de hominídeo ou da bipédia – a uma escala em que os fenômenos são observados em um período de tempo mais curto e podem ser investigados a partir de um experimento, como a origem de uma bactéria resistente a antibióticos ou a origem de uma nova variedade de cultivar, ou mesmo a respiração e a expiração como mecanismos de introduzir e expelir ar de nossos pulmões.

Os fenômenos estão presentes também em espaços fisicamente distantes da realidade dos estudantes, mas que chegam ao seu cotidiano por meio da mídia, em notícias de jornal, posts em redes sociais ou por meio da televisão e de filmes. A abordagem do ponto de vista fenomenológico também pode contribuir para desenvolver habilidades e promover a participação em práticas

científicas, tais como identificar e/ou gerar evidências, construir explicações, engajar em argumentação, utilizar conceitos e teorias científicas para compreender os seres vivos e a vida, controlar variáveis, analisar dados, elaborar gráficos e outras representações.

Em relação ao segundo aspecto do conhecimento científico, o **teórico**, em **Química** ele diz respeito a informações de natureza atômico-molecular, envolvendo, portanto, explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente observáveis, como átomos, moléculas, íons e elétrons.

Já em **Física**, a estrutura do conhecimento **teórico** é altamente hierarquizada. Vamos utilizar o diagrama a seguir para discutir o que isso significa. Na parte superior do triângulo está representado um pequeno conjunto de postulados, leis e teorias que se aplicam a uma gama de fenômenos aparentemente muito diversos (representados pela ampla base do triângulo). Nesse sentido, há uma hierarquia na estrutura desse conhecimento, com algumas poucas proposições gerais explicando um grande conjunto de fenômenos diversos. A lei da gravitação universal, por exemplo, se aplica tanto à queda dos objetos na superfície de qualquer planeta como ao movimento dos sistemas solares, dos satélites e também ao processo de formação das estrelas.



Estrutura do conhecimento teórico na Física.

Banco de imagens/Arquivo da editora

Embora as áreas de estudo da Física tenham se desenvolvido paralela e independentemente, em muitos aspectos, há uma tendência na busca por um conjunto mínimo de proposições aplicáveis a muitos fenômenos. Por exemplo, tanto os fenômenos elétricos quanto os magnéticos foram vistos como manifestações distintas da natureza. Contudo, ao longo do século XIX, com as contribuições de Oersted, Faraday e Ampère, esses dois campos foram unificados no que hoje denominamos eletromagnetismo. Mais tarde, ainda no século XIX, Maxwell demonstrou que o eletromagnetismo e a óptica estavam intimamente relacionados.

Os aspectos fenomenológicos e teórico da Física constituem duas instâncias completamente distintas. No primeiro, temos os fenômenos acessíveis pelos sentidos a

partir do mundo vivido. No segundo, temos os conceitos modelos e teorias, elaborados pelo esforço humano em compreender, composto de entidades abstratas, como força, carga elétrica, raio de luz, campo, entre muitos outros exemplos. A Física, portanto, precisa ser capaz de transitar entre esses dois mundos e a ponte que parece possibilitar esses movimentos é constituída pelas representações empregadas na Física.

O **aspecto teórico** que distingue o **conhecimento biológico** refere-se principalmente à natureza não determinística da Biologia. As explicações da Biologia se baseiam em certos princípios não aplicáveis ao mundo inanimado e, portanto, se diferenciam da Física e da Química. O pensamento populacional, a variação como regra e a causalidade dual (leis do mundo natural e herança genética) são alguns exemplos desses princípios. Assim, o aspecto **teórico** constitui-se de teorias e conceitos centrais que organizam a área.

Na Química, os conteúdos de natureza simbólica estão agrupados no aspecto **representacional**, que comprehende informações inerentes à linguagem química, como fórmulas e equações químicas, representações de modelos, gráficos e equações matemáticas. O aspecto **representacional** fornece as ferramentas simbólicas para representar a compreensão resultante desses processos de idas e vindas entre teoria e experimento. É importante ressaltar que, nesta proposta, os conceitos de fenômeno e de experimento ultrapassam a dimensão do laboratório. Ir ao supermercado, fazer uma visita, investigar a corrosão do portão da garagem também são atividades que se caracterizam pela ação de experientiar, vivenciar, em geral de forma sistematizada. No caso das atividades de laboratório, são desenvolvidas habilidades específicas como as já citadas – controlar variáveis, organizar dados em quadros e construir gráficos, entre outras. Um experimento pode cumprir também o papel de mostrar essa forma de pensar em Química, em que teoria e realidade estão em constante interlocução. O estudante pode ser levado a formular hipóteses, desenvolver formas de testá-las, modificá-las de acordo com os resultados, etc. No caso das demais atividades, como ir ao supermercado, o estudante tem oportunidade de desenvolver essas mesmas habilidades e outras, por exemplo, experienciar a forma como os conceitos químicos estão funcionando nas relações sociais. A visão da Química como atividade hipotético-de-dutiva privilegia os aspectos já citados, como formular e testar hipóteses.

Na **Física**, o aspecto **representacional** diz respeito às mediações criadas para permitir a operacionalização dos conceitos, modelos e teorias. Essas representações podem assumir formas bastante diversificadas, como fotografias,

desenhos, diagramas, equações e gráficos. Situadas em regiões distintas entre os mundos vivido e concebido, elas se adequam a objetivos diversificados no ensino.

Fotografias e desenhos icônicos são muito úteis para a representação de objetos e entidades pertencentes ao mundo vivido, pois apresentam semelhança física com o que representam. Por isso são altamente contextuais, ligadas a situações bastante específicas. Gráficos e equações, por outro lado, são mais gerais e podem representar diversas situações. As representações cumprem um papel importante, o de materializar certos conceitos para torná-los manipuláveis, principalmente no Ensino Médio. É mais fácil compreender o movimento de um corpo sob a ação de uma força quando ela é representada por meio de um vetor, ou então entender a formação de uma imagem por uma lente se a luz é representada por meio de um raio. Vetores e raios de luz são mediações que nos ajudam a estabelecer a relação entre fenômenos (o movimento; a imagem formada) e os modelos elaborados pela mecânica e pela óptica para explicá-los.

No aspecto representacional, o uso da matemática na **Física** requer certa atenção. Por suas características intrínsecas, a matemática se mostra extremamente útil na Física. Ela possibilita que grandes conjuntos de conceitos e informações sejam expressos de forma sintética por meio de poucos símbolos. Por exemplo, na equação $f_{atc} = \mu_c N$ há informações sobre características das superfícies, sobre as forças de interação de uma superfície sobre a outra e sobre a relação numérica entre as grandezas que esses símbolos representam. Há também, implícita, a informação de que uma superfície desliza sobre a outra. Se por um lado isso é benéfico, pois podemos retomar um conjunto de relações com poucos símbolos, por outro se torna um complicador, uma vez que o estudante precisa atribuir sentido a esses símbolos e às relações estabelecidas entre eles por meio das operações matemáticas. O professor tem um papel central em auxiliar o estudante a atribuir sentido a todas as relações sintetizadas em poucos símbolos.

Embora tenhamos discutido a importância da matemática na Física, ressaltamos que uma abordagem com excessiva ênfase matemática, e menos conceitual, implica prejuízo para a abordagem dos conteúdos. Nesta obra, procuramos iniciar as discussões com atividades que colocam problemas aos estudantes, partindo de explorações fenomenológicas que abram espaço para discussões teóricas posteriores. O enfoque contextual sugerido nesta obra privilegia a resolução de problemas abertos, nos quais o estudante deverá considerar aspectos não só técnicos como também sociais, políticos, econômicos e ambientais, o que está de acordo com a demanda por abordagens interdisciplinares no Ensino Médio.

Na Biologia, os conteúdos de natureza simbólica estão agrupados no aspecto **representacional**, que comprehende informações inerentes à linguagem. Esses conteúdos centram-se muito em aspectos estruturais da linguagem verbal (gêneros textuais científicos e ações, como compor/decompor para caracterizar fenômenos), representações visuais descritivas, como figuras, e representações visuais analíticas e explicativas, como esquemas, cladogramas e heredogramas. Também utilizam-se representações, como fórmulas, equações, gráficos e modelos.

No caso da Biologia, uma vez que, em geral, há uma ênfase em aspectos descritivos, com o uso de linguagem verbal ou visual, o aspecto do uso da linguagem pode passar despercebido ou não receber a devida atenção ao longo dos processos de ensino e aprendizagem. A Biologia pode fornecer ao estudante instrumentos de leitura do mundo e, ao mesmo tempo, desenvolver certas habilidades básicas para viver em sociedade. Nossa preocupação ao ressaltar os aspectos interdisciplinares é formar cidadãos e preparar o estudante para o mundo do trabalho, pois nesse mundo ele sempre vai enfrentar problemas abertos.

Estudos em Sociologia da ciência revelam que o cerne da prática científica cotidiana é a resolução de problemas abertos. Ao encaminhar a solução de determinada questão, o cientista vai se deparando com uma série de outros problemas. Um problema aberto não tem uma solução única e demanda do cientista avaliações constantes de custo e benefício, de riscos e de escolha de caminhos alternativos. Na abordagem por resolução de problemas, a intuição desempenha um papel fundamental nas tomadas de decisão. Esse aspecto pode ser uma ferramenta importante para o estudante em todos os setores da atividade produtiva, e não apenas naqueles ligados à Química, à Física ou à Biologia. E devem ser considerados também os aspectos éticos, pois muitas vezes as respostas aos problemas vão exigir considerações de ordem ética e moral.

A Química, a Física e a Biologia podem fornecer ao estudante instrumentos de leitura do mundo e, ao mesmo tempo, desenvolver habilidades básicas para viver em sociedade.

Os museus e centros de Ciências são importantes espaços de divulgação científica, aproximam os visitantes de debates e temas científicos. Na foto, Museu de Ciências e Tecnologia da PUC-RS, Porto Alegre (RS), 2017.

Instâncias de abordagem: o conceitual e o contextual

Os currículos tradicionais têm como pressuposto a ideia de que a aprendizagem de conceitos antecede qualquer possibilidade de aplicação dos conhecimentos científicos, por isso privilegiam aspectos conceituais da Física, Química e Biologia. Além disso, supõe-se que a abordagem desses conceitos deva ser exaustiva. Por exemplo, o conceito de molécula só poderia ser introduzido quando se esgotasse o ensino do conceito átomo, tendo-se abordado todos os modelos atômicos, até mesmo o atual. Dessa forma, há uma cadeia linear de pré-requisitos que deve ser seguida.

O pressuposto de que no ensino se deve esgotar um conceito para poder aplicá-lo pode ser questionado, pois é justamente nas aplicações que se explicitarão as relações a serem estabelecidas entre os conceitos. Além disso, há tendências na Psicologia contemporânea que consideram os conceitos inseparáveis dos contextos de aplicação, uma vez que o estudante tende a recuperar conceitos a partir desses contextos de aplicação, e não no vazio. Nesse sentido, nossa obra aborda os conceitos científicos diretamente relacionados aos contextos de aplicação. Para cada tema, duas instâncias de abordagem estarão presentes: a conceitual e a contextual. O objetivo é promover uma tensão dialética, de modo que, se um tema for predominantemente conceitual, de certa forma, é o conceito que organiza a estrutura de abordagem. Já quando o tema é mais contextual, é o contexto que organiza os desdobramentos conceituais.

A abordagem de conceitos ligados aos contextos de aplicação, como estamos propondo, **não precisa necessariamente seguir uma cadeia linear de pré-requisitos**, pois a realidade não se estrutura dessa maneira. **Os conceitos podem ser abordados em diferentes momentos**

e níveis de profundidade. A exemplo dos golfinhos no oceano, os conceitos emergem, submergem e emergem novamente em diferentes momentos do curso. Esse movimento vai assegurar um aprofundamento progressivo, mais próximo à realidade dos fenômenos e das aplicações da Física, Química e Biologia.



JFDIORIO/Shutterstock

Linguagem comum e linguagem científica

Nossa obra está organizada para possibilitar uma interação do discurso científico com o discurso cotidiano.

Para que isso aconteça, é preciso que o discurso científico faça sentido para o estudante. Em nossa concepção, isso poderia ser alcançado tanto problematizando suas ideias informais quanto criando contextos que sejam significativos para ele. É importante percebermos com clareza que a linguagem científica tem características próprias que a distinguem da linguagem comum. Essas características não foram inventadas em um momento determinado. Ao contrário, foram sendo estabelecidas ao longo do desenvolvimento científico, como forma de registrar e ampliar o conhecimento. Elas, muitas vezes, tornam a linguagem científica estranha e difícil para os estudantes. Reconhecer essas diferenças implica admitir que a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem de sua linguagem.

É interessante estabelecer uma tipologia que nos ajude a caracterizar a linguagem comum e a linguagem científica. Acreditamos que exista um contínuo entre esses dois extremos.

Enquanto na linguagem comum predominam narrativas que relatam sequências lineares de eventos, a linguagem científica congela os processos, transformando-os em grupos nominais, que são, então, ligados por verbos que exprimem relações entre esses processos. A linguagem científica é, portanto, predominantemente estrutural, enquanto a linguagem cotidiana é linear e apresenta uma ordem sequencial que é estabelecida e mantida.

Na linguagem científica, o agente em geral está ausente, o que faz com que ela seja descontextualizada, sem a perspectiva de um narrador. Na linguagem cotidiana, o narrador está sempre presente.

Para exemplificarmos essas distinções, podemos tomar um exemplo de como uma mesma frase poderia ser expressa numa e noutra linguagem. Deve-se observar que a tradução entre um e outro tipo nem sempre é possível, pois as características da linguagem científica correspondem a uma forma diferenciada de pensar e ver o mundo que a cultura científica construiu.

Ao nos referirmos ao modo como o aumento de temperatura afeta a dissolução de açúcar em água no nosso cotidiano, geralmente falamos: *quando colocamos açúcar em água e aquecemos, conseguimos dissolver uma maior quantidade do que em água fria*. Na linguagem científica, expressaríamos esse mesmo fato de uma forma diferente: *o aumento de temperatura provoca um aumento da solubilidade do açúcar*. Note que, na primeira frase, o agente (o pronome

oculto **nós**) está presente, os verbos designam ações efetuadas por esse agente e os fatos são apresentados numa ordem sequencial que garante a linearidade do discurso. Já, na segunda frase, o agente desapareceu em consequência da nominalização dos processos. Dessa forma, as ações antes designadas por verbos estão embutidas nos grupos nominais (*aumento de temperatura* e *aumento da solubilidade do açúcar*). O verbo (*provocar*) não mais indica uma ação, mas uma relação entre os dois processos nominalizados.

A linguagem cotidiana é automática e muito mais próxima da fala. As pessoas não têm necessidade de refletir a todo momento sobre o que vão dizer. Já a linguagem científica exige uma reflexão consciente no seu uso e aproxima-se muito mais da linguagem escrita.

A linguagem científica substitui os processos, expressos geralmente por verbos, por grupos nominais. “Quanto tempo uma reação química leva para completar-se” transforma-se, pela nominalização, em “velocidade de uma reação química”. Isso pode se constituir numa dificuldade para o estudante, acostumado a designar seres e coisas por nomes, e processos por verbos. Ao usar a linguagem científica, ele começa a habitar um estranho mundo.

Todo esse processo não é algo que foi inventado pelos cientistas em um momento determinado. Esse gênero de discurso foi sendo construído ao longo do desenvolvimento da própria ciência para responder a uma necessidade do discurso científico de progredir passo a passo, com um movimento constante, partindo do que já se conhece em direção a uma nova informação. As duas partes (“o que já se conhece” e a “nova informação”) têm que ser apresentadas de maneira que sua função no argumento fique clara. A melhor maneira de fazê-lo é agrupando essas duas partes numa única frase. Para isso, as duas partes devem ser transformadas em nomes ou em grupos nominais e o verbo que se coloca entre elas deve mostrar como a segunda parte (“nova informação”) se relaciona com a primeira (“o que já se conhece”).

Por exemplo, na frase:

O átomo absorve e emite energia unicamente em quantas, ou unidades discretas. Cada absorção caracteriza uma transição para um estado de maior energia e cada emissão caracteriza uma transição para um estado de menor energia.

No segundo período (sublinhado), cada frase contém uma parte “que já se conhece”, nominalizando o que havia sido dito antes:

- o átomo absorve energia ⇒ cada absorção
- o átomo emite energia ⇒ cada emissão

Uma parte que contém a “nova informação”, também nominalizada:

- a transição para um estado de maior energia/menor energia

Uma relação entre essas duas partes, na forma de um verbo: *caracteriza*.

Na linguagem cotidiana, os processos (ações, eventos, processos mentais) se expressam por verbos; os participantes desses processos (pessoas, animais, objetos concretos e abstratos) se expressam por nomes e substantivos; as circunstâncias (tempo, lugar, modo, causa, condição) se expressam por advérbios e locuções advérbiais; e as relações entre os processos se expressam por conjunções. As dificuldades dos estudantes em transitar entre essas características da linguagem cotidiana e aquelas descritas para a linguagem científica são evidentes em nosso cotidiano como professores.

Esse “diálogo” sempre ocorrerá na sala de aula, mesmo que não haja espaço para sua explicitação, mesmo que ele ocorra apenas na mente do estudante. Essa é uma característica inevitável da natureza dialógica do entendimento. Como a linguagem científica tem uma natureza bastante diferente da linguagem cotidiana, a ausência de explicitação desse diálogo pode levar o estudante a produzir uma amalgama indiferenciada entre conceitos científicos e cotidianos.

Transformar a prática de sala de aula numa prática dialógica significa dar voz aos estudantes, não apenas para que reproduzam as “respostas certas” do professor, mas para que expressem sua própria visão de mundo.

Como a linguagem científica escolar e a linguagem cotidiana representam diferentes registros, correspondentes a diferentes grupos sociais, é fundamental que o estudante perceba que essa diferença não se restringe a um vocabulário técnico, presente numa linguagem e ausente na outra, mas se traduz em formas radicalmente diferentes de construir a realidade.

Trazer a linguagem cotidiana para a sala de aula, na voz do estudante, não com o objetivo de substituí-la pela linguagem científica, mas para mostrar que essas duas formas de conhecer o mundo são complementares, abre a possibilidade de que o estudante entenda que qualquer forma de conhecimento é dinâmica e ao mesmo tempo parcial.

Conceitos relacionais

Esperamos que tenha ficado claro que não pretendemos assumir uma abordagem puramente classificatória, pois, sob nosso ponto de vista, essa lógica omite uma característica de muitos conceitos, que é particularmente importante em Física, Química e Biologia: os conceitos são relacionais.

Isso significa que, para esses conceitos relacionais, os atributos de um sistema não existem em si, mas em relação a um outro com o qual interagem.

Por exemplo, no conceito de *oxirredução*, uma espécie é oxidante *em relação* a outra. Não existe conceito na Química que respalde uma afirmação do tipo *essa substância é redutora*. Uma espécie é oxidante em relação a outra que se comporta como redutora. *Isto é ácido, isto é base* são também exemplos dessa consideração. Uma substância é ácida em relação a outra que se comporta como base.

Tanto na Física quanto na Química e na Biologia, há conceitos que podem gerar esquemas de classificação. No entanto, nem sempre esses esquemas são apropriados. Nos currículos tradicionais, quando se aborda o conceito de ácido, por exemplo, logo se segue uma série de propriedades dos ácidos, tipos de ácido, etc. Isso se deve ao caráter atributivo que esses currículos conferem ao conceito de ácido: *ácidos corroem metais, ácidos produzem hidrogênio na reação com metais*. Dessa maneira, são geradas redes de classificação e dicotomias na abordagem dos conceitos. Mesmo ácidos minerais fortes, considerados exemplos consagrados de ácidos (ácido clorídrico e sulfúrico), podem, no entanto, se comportar como bases diante de certas substâncias conhecidas como superácidos.

Em vista do exposto, optamos por evitar o excesso de esquemas classificatórios na configuração de nosso livro, embora reconheçamos a existência e a importância de algumas dessas classificações. Elas não podem, contudo, esconder o caráter relacional dos conceitos científicos.

É importante ainda destacar que a fronteira entre certas classes não é rígida. Assim, uma ligação covalente pode apresentar um certo caráter iônico, e um grande número de ligações se situa em algum ponto entre um caráter puramente iônico e outro puramente covalente.

A recomendação curricular expressa na BNCC – permitir “a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses

conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza” – nos impõe essa reflexão. Não podemos ensinar as Ciências da Natureza no século XXI com o pensamento do século XIX, no qual essas classificações absolutas prevaleciam.

Atividades e projetos interdisciplinares: planejando ações na fronteira das disciplinas

Finalmente, há que se pensar como combinar uma abordagem disciplinar com outra, interdisciplinar. Esse tipo de abordagem se apresenta como uma alternativa viável cada vez que contextualizamos um assunto. Quanto mais contextualizada for a abordagem desse assunto, maior a tendência de que considerem também aspectos de outras disciplinas. Por exemplo, podemos abordar a qualidade das águas urbanas apenas do ponto de vista das propriedades físico-químicas que ajudam a definir o que seja uma água de qualidade. Mas, se quisermos contextualizar o problema das águas urbanas e tratarmos do que acontece com os rios, lagos e mares no Brasil, veremos que é impossível não considerar alguns parâmetros biológicos de qualidade de água, como os coliformes fecais. Da mesma forma, teremos de abordar também o problema das bacias hidrográficas – empregando conhecimentos de Geografia –, pois um rio urbano sempre carrega a marca dos lugares por onde passa. É por ser na sua maior parte contextualizada que a abordagem deste livro é marcada por atividades interdisciplinares distribuídas por tópicos ao longo da coleção.

Em quase todos os volumes desta obra os assuntos são desenvolvidos sob esse enfoque. Em vários deles aparece a interface da Química e da Biologia com a saúde e com o ambiente. Da mesma forma que ocorre a interface de Biologia e Física e de Química e Física.

Podemos afirmar que esta coleção é interdisciplinar e contempla não só as disciplinas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – como a Física, a Química e a Biologia e as diversas tecnologias associadas –, como também outras disciplinas, por exemplo Geografia, História, Sociologia e Filosofia. Vale ressaltar que essa interdisciplinaridade se manifesta por meio de textos e também por meio de atividades que envolvem o estudante com a sua realidade.

■ Projetos interdisciplinares

Em todos os volumes, a abordagem interdisciplinar é ainda mais evidente nos projetos propostos. Esses projetos foram pensados para serem desenvolvidos ao longo do estudo de um capítulo, paralelamente à abordagem dos temas do capítulo. Os projetos mobilizam diferentes

habilidades dos estudantes. Nessas propostas, os estudantes lidam com diferentes fontes de informação e precisam trabalhar em grupo para solucionar uma questão. Ao final, os estudantes apresentam as conclusões do projeto e seus desdobramentos para a turma ou para a comunidade.

O trabalho em grupos

É importante compreender alguns aspectos relacionados à organização do trabalho pedagógico nas aulas de Ciências da Natureza. Destacamos a importância de abrirmos espaço para os trabalhos em grupo, para a diversificação das atividades propostas aos estudantes e para uma abordagem que considere as relações do contexto social mais amplo nas discussões sobre conceitos científicos.

O trabalho em grupo é efetivamente uma recomendação para a utilização deste livro em sala de aula.

Pesquisas por nós realizadas tornaram visíveis a riqueza e a importância dessa forma de organizar o trabalho nas aulas de Física, Química ou Biologia. As discussões realizadas entre os estudantes organizados em grupos, sem a presença do professor, são fundamentais para que eles aprendam os conceitos, aprendendo também a falar sobre eles. Além disso, no grupo, o estudante tem a oportunidade de confrontar suas opiniões com as dos colegas, deparando-se com opiniões diferentes das suas e até contraditórias. Em grupo, na presença dos colegas, o estudante não se sente constrangido em expressar suas opiniões, o que, muitas vezes, ocorre com estudantes mais tímidos nas discussões com toda a classe, organizadas pelo professor. A discussão em grupo promove o desenvolvimento das habilidades de ouvir, negociar consenso, respeitar a opinião do outro, argumentar e procurar justificativas racionais para as opiniões. Todas essas habilidades têm sido cada vez mais exigidas em diferentes atividades profissionais. Dessa forma, o ensino das Ciências da Natureza também estará contribuindo para a formação do cidadão e do seu futuro profissional.

Explicitação da agenda e negociação de regras

Neste item, gostaríamos de abordar um aspecto que diz respeito ao manejo das turmas. **A mobilização dos estudantes para que participem ativamente das aulas pode explicitar alguns conflitos.** Esses conflitos, que podem permanecer ocultos numa sala de aula centrada no

professor, geralmente emergem quando o estudante passa a ser o centro do processo de ensino-aprendizagem. Dentre os vários aspectos geradores de conflitos, destaca-se o choque entre a cultura cotidiana dos estudantes e a cultura científica, pois eles entram em contato com um conjunto de conhecimentos, atitudes, procedimentos e formas de raciocínio que, muitas vezes, lhes são completamente estranhos.

Quando se fala sobre a implementação de propostas centradas no estudante, tende-se a idealizar o espaço escolar como harmônico e consensual. As várias metáforas utilizadas para descrever o papel do professor, como coordenador, guia etc., em geral enfatizam o aspecto harmonioso da relação professor-estudante. É importante destacarmos que, mesmo em propostas que pressupõem a participação ativa dos estudantes, há contradições e resistências. É preciso termos consciência de que isso vai ocorrer para lidarmos com essas situações com tranquilidade.

A proposta de trabalho que apresentamos impõe à sala de aula uma dinâmica “alternativa”, o que a diferencia de outras mais tradicionais.

A experiência que temos com a utilização do livro em nossas aulas nos mostra que é fundamental que estejamos convencidos de que a abordagem centrada nos estudantes vai favorecer suas aprendizagens.

Nossa opção por essa forma de trabalho e as consequências que ela tem para as atividades cotidianas do estudante na sala de aula devem ser discutidas explicitamente com eles.

Os estudantes vão trabalhar em grupo em muitas aulas, uma prática que pode ser incomum nas demais disciplinas. O trabalho em grupo é um grande desafio para estudantes e professores que não estão acostumados a essa dinâmica. É importante explicitarmos o quanto isso pode contribuir para a formação de cada um deles, não só na aquisição de conhecimentos, mas no desenvolvimento de habilidades para o trabalho em equipe. Se você tiver acesso a um serviço de psicologia em sua escola pode, por exemplo, propor um trabalho orientado que envolva dinâmicas de grupo e a discussão sobre como funciona esse tipo de trabalho. De qualquer forma, o principal é que você dedique tempo para discutir essa dimensão do trabalho em sala de aula.

É importante explicitar para os estudantes as concepções de ensino que vão fundamentar suas ações.

Isso significa principalmente explicar a eles a importância de se engajarem nas atividades. É essencial

reforçar várias vezes esse ponto. Explique, sempre que necessário, que é **importante** fazer, e não copiar do colega. Que é **importante** ler os textos atentamente, procurando entender o que está escrito. Rapidamente, os estudantes vão perceber que, ao final de cada atividade, há um texto de fechamento, no qual todos os aspectos são retomados e discutidos, o que não é comum na cultura escolar que predomina hoje em nosso país, em que os estudantes devem ler os textos e depois responder a questionários, e não elaborar suas próprias respostas a partir de atividades e questionamentos, tendo o texto como apoio para a articulação final das ideias. Deixe claro que você sabe que os textos têm as respostas, mas que é fundamental para o processo de aprendizagem que eles exercitem suas formas de pensar, que elaborem suas próprias hipóteses.

Uma forma de resistência muito comum, principalmente nas turmas de primeiro ano, é a pouca disponibilidade para participar da discussão com toda a turma quando são solicitados a expor suas opiniões aos colegas. É importante que você encoraje os estudantes a se manifestarem e a ouvirem com atenção e respeito. Coloque-se no lugar deles e tente compreender como estão pensando. Assim, você poderá auxiliá-los a superar tanto a falta de confiança em falar quanto algum problema com a compreensão de ideias.



Fernando Favoretto/Círio Imagem

No trabalho em grupo, os estudantes aprendem a cooperar, ter responsabilidade, planejar e dividir tarefas, entre outras habilidades.

D A avaliação

A avaliação é um aspecto importante do processo de aprender. Em geral, todas as atividades realizadas sobre determinado conteúdo ensinado devem ser avaliadas. Isso promove uma diversificação das formas de avaliação e mostra aos estudantes que o conjunto das atividades que realizam, e não apenas as provas, é valorizado. Permite também que a avaliação seja considerada na sua dimensão formativa, e não apenas somativa. Em outras palavras, a avaliação pode e deve constituir uma prática constante de regulação das aprendizagens alcançadas.

Para que essa dimensão seja alcançada, é importante fornecer **informações constantes aos estudantes** sobre seus progressos em cada atividade realizada. Isso pode ser feito por meio da correção de relatórios, de textos, de exercícios e de comentários sobre as apresentações e projetos realizados.

É importante também envolver os estudantes nesse processo, promovendo constantemente, entre eles, uma reflexão sobre **sua própria aprendizagem**. Nossa livro muitas vezes facilita esse processo ao comparar formas de pensar que os estudantes já utilizavam como parte de seu conhecimento cotidiano com as formas de pensar científicas que serão ensinadas.

No entanto, sabemos que o professor precisa avaliar os estudantes também por meio de notas – a avaliação somativa. Em todas as atividades propostas nesta obra trazemos questões que podem ser usadas como instrumento de avaliação ou como base para sua elaboração. A ideia central é avaliar o progresso dos estudantes em termos do nível de elaboração dos conceitos, das atitudes, das formas de pensar. Em todas as atividades propostas é interessante que você, professor, estimule os estudantes a expressar o que pensam e que aproveite esses momentos para avaliar os progressos que fizeram.

Consideramos fundamental que as formas de avaliar sejam variadas. A avaliação individual do conhecimento é importante. É um momento de reflexão para os estudantes e para o professor, mas não pode ser a única forma de avaliação.

Testes em grupo, atividades experimentais, elaboração de textos, apresentação de trabalhos, apresentação de relatórios de projetos, relatórios de experimentos, relatórios de visitas, elaboração de exposições são formas que podem ser utilizadas. Este livro propõe todos esses tipos de atividade e é fundamental que todas sejam igualmente avaliadas; do contrário, os estudantes podem sentir-se desestimulados a realizá-las.

Avaliações em larga escala

Além das avaliações realizadas e planejadas pelo corpo docente e pela escola, é preciso considerar as avaliações em larga escala, pois algumas delas envolvem diretamente os estudantes de Ensino Médio. O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) é o órgão do governo responsável pelas avaliações e exames, pelas estatísticas e indicadores e pela gestão dos conhecimentos e estudos educacionais. Avaliações de larga escala são fundamentais para fornecer dados gerais sobre o sistema educativo que serão importantes balizadoras para o estabelecimento de novas estratégias e políticas públicas. O Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) é formado por um conjunto de avaliações, realizadas periodicamente por meio da aplicação de testes cognitivos e questionários para etapas específicas da Educação Básica. Os resultados do Saeb são utilizados para compor o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Iddeb), indicador que tem sido utilizado para estabelecimento de metas de qualidade educacional para os sistemas. O Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), embora seja um exame que visa à certificação de competências, atualmente utilizado para fins classificatórios de ingresso em universidades, é também um reflexo da Educação Básica brasileira. A média de inscrições no Enem dos últimos dez anos foi de 7,1 milhões de estudantes, no entanto, o número absoluto de inscritos tem caído nos últimos cinco anos.

O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa) é um estudo comparativo internacional, realizado a cada três anos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O Pisa oferece informações sobre o desempenho dos estudantes na faixa etária dos 15 anos. Avalia três domínios – leitura, matemática e ciências. Espera-se dos estudantes que interpretem textos, resolvam problemas matemáticos ou expliquem fenômenos científicamente, fazendo uso de seus conhecimentos e capacidade de raciocínio. Todas essas avaliações de larga escala geram dados e relatórios de domínio público. É importante que você, professor, atente para essas informações geradas, sejam de escala regional, nacional, sejam de escala internacional, procurando sempre refletir de que maneira os resultados podem ser elementos propulsores de mudanças em práticas educacionais e também de pressão por mudanças em políticas públicas.

11. Sugestões de leitura comentadas

ALMEIDA, M. I. M.; EUGENIO, F. (org.). *Culturas jovens: novos mapas do afeto*. Rio de Janeiro: Zahar, 2006.

Este livro permite o aprofundamento no tema do protagonismo juvenil e das juventudes, com análises sobre o que existe por trás das atitudes, expressões e organizações dos jovens.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 18, n. 3. 2018.

Este artigo discute a fundamentação do ensino investigativo, levando em consideração a autonomia dos estudantes.

CHASSOT, A. *Para que(m) é útil o Ensino?* Ijuí: Unijuí, 2018.

Nesta publicação, o professor Attico Chassot apresenta suas ideias sobre a alfabetização científica e as transformações do mundo que ela permite.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. (org.). *Questões sociocientíficas: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: Edufba, 2018.

O livro discute o papel das questões sociocientíficas no contexto da formação do estudante para a cidadania, analisando aspectos sociais e ambientais que envolvem a ciência e a tecnologia.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A Evolução da Física*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

Publicado nos Estados Unidos em 1938, livro de divulgação dos aspectos mais importantes da teoria da Relatividade, a particular e a geral, segundo a visão dos autores.

GIORDAN, M. *Computadores e linguagens nas aulas de Ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados*. Ijuí: Unijuí, 2008.

Na obra, o autor apresenta os usos do computador nas aulas de Ciências considerando uma perspectiva sociocultural.

GOULD, S. J. *O sorriso do flamingo: reflexões sobre história natural*. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

Reúne artigos publicados em revista de divulgação, abordando diferentes temas da Biologia.

MALDANER, O. A.; MACHADO, P. F. L.; E SANTOS, W. L. P. (org.). *Ensino de Química em foco*. Ijuí: Unijuí, 2019.

Apresenta contribuições advindas da pesquisa em ensino de Química para a prática pedagógica no Ensino Médio.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. São Paulo: Cortez, 2009.

O livro traz discussões sobre objetivos, seleção de conteúdos e abordagens para o ensino de Biologia em diferentes espaços educativos.

MARCONDES, M. E. R. (coord.). *Química Orgânica: reflexões e propostas para o seu ensino*. São Paulo: Gepeq-Iqusp, 2015.

O livro faz uma discussão teórica sobre a questão do ensino de Química Orgânica. Apresenta algumas propostas de atividades experimentais e um levantamento de referências bibliográficas.

MATEUS, A. *Química em questão*. Rio de Janeiro: Claro Enigma/Fiocruz, 2012.

Apresenta atividades e experimentos, aborda temas como Radioatividade, Química medicinal, Química de materiais e a Química verde.

MAYR, E. *Biologia ciência única*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

O autor, biólogo renomado, apresenta ensaios que abordam a história das Ciências Biológicas, com foco na evolução.

MORGADO, C.; OLIVEIRA, I. Mediação em contexto escolar: transformar o conflito em oportunidade. *Exedra Revista Científica*, Coimbra (Portugal), n. 1, p. 43-55, 2009.

Este artigo trata dos caminhos para estabelecer uma cultura de paz na escola a partir da mediação de conflitos como uma estratégia que transforma os conflitos em oportunidades.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v.1, n. 9, 2007.

Neste artigo as autoras discutem fundamentos do ensino de Ciências por investigação, visões distorcidas desta abordagem e propostas para sua implementação em sala de aula.

PIRES, A. S. T.; CARVALHO, R. P. *Por dentro do átomo: física de partículas para leigos*. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

A obra aborda a constituição dos átomos do ponto de vista de suas partículas constituintes, apresentando as partículas e interações previstas pelo modelo padrão de partículas elementares.

RICCI, C. S. *Pesquisa como ensino - Textos de apoio*. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

A obra traz algumas orientações gerais sobre como trabalhar com estudantes ao solicitar que desenvolvam pesquisas.

SOARES, M. H. F. *Jogos e atividades lúdicas para o ensino de Química*. Goiânia: Kelps, 2013.

O uso de jogos e outras atividades lúdicas é apresentado neste livro, iniciando com os pressupostos teóricos e metodológicos e passando para diversos exemplos do seu uso em sala de aula.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola: Estrutura da matéria, Química Nova na escola*, São Paulo, 2001.

Esse caderno apresenta artigos sobre moléculas, ligações químicas e interações moleculares. Disponível em: <http://qnesc.sbj.org.br/caderno.php?idCaderno=5>. Acesso em: 24 jun. 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola: Química ambiental, Química Nova na escola*, São Paulo, 2001.

O caderno apresenta diversos artigos sobre questões ambientais, com ênfase para a Química da atmosfera, lixo urbano e tratamento de esgoto. Disponível em: <http://qnesc.sbj.org.br/caderno.php?idCaderno=1>. Acesso em: 24 jun. 2020.

SOUZA, F. L. et al. *Atividades experimentais investigativas no ensino de Química*. São Paulo: Gepeq-Iqusp, 2013.

O livro apresenta debates teóricos sobre atividades experimentais e mostra algumas propostas de atividades experimentais investigativas.

TAVOLARO, C.; CAVALCANTE, M. *Física Moderna Experimental*. Barueri: Manole, 2003.

Nesta obra, as autoras ensinam diversos experimentos que abordam fenômenos ondulatórios e Física Moderna, utilizando materiais simples e de baixo custo.

12. Referências bibliográficas comentadas

ABRAMOVAY, M.; RUA, M. G. *Violências nas escolas*. Brasília, DF: Unesco, Coordenação DST/AIDS do Ministério da Saúde, Secretaria de Estado dos Direitos Humanos do Ministério da Justiça, CNPq, Instituto Ayrton Senna, Unaids, Banco Mundial, Usaids, Fundação Ford, Consed, Undime, 2002.

Este livro trata da violência escolar em suas múltiplas dimensões e aponta caminhos para políticas públicas que possam contribuir com a cultura de paz nas escolas.

BRACKMANN, C. P. *Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, 2017.

A tese apresenta uma pesquisa sobre o desenvolvimento do Pensamento Computacional na Educação Básica utilizando atividades desplugadas (sem o uso de computadores) em escolas.

BRASIL. Lei n. 9 394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação nacional. Brasília, DF: 20 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 30 jun. 2020.

Lei que trata dos princípios e fins da Educação nacional, do direito à educação e do dever de educar da organização da Educação nacional dos níveis e das modalidades de educação e ensino.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Diretrizes Curriculares da Educação Básica*. Brasília, DF: MEC, 2013.

Documento que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica para orientar a organização, articulação, o desenvolvimento e a avaliação das propostas pedagógicas de todas as redes de ensino brasileiras.

BRASIL. Ministério da Educação. *Planejando a próxima década. Conhecendo as 20 Metas do Plano Nacional de Educação*. Ministério da Educação/Secretaria de Articulação com os Sistemas de Ensino (MEC/Sase): Brasília, DF: 2014.

O Plano Nacional de Educação (PNE) é uma lei sancionada em 2014 (Lei n. 13 005, de 25 de junho de 2014). Além de trazer mudanças significativas para o Ensino Médio, como o incentivo à educação em tempo integral e maior interdisciplinaridade, define as diretrizes e metas para a educação até 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Câmara de Educação Básica. *Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília, DF: MEC, 2018a. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/resources/downloads/pdf/dcnenm.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Documento que contempla os princípios e fundamentos definidos na legislação para orientar as políticas públicas educacionais na elaboração, planejamento, implementação e avaliação das propostas curriculares das instituições ou redes de ensino públicas e privadas que oferecem o Ensino Médio.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018b. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 8 set. 2020.

Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio (BNCC), documento no qual estão descritas todas as competências gerais, assim como as competências e habilidades das quatro áreas do conhecimento.

BRASIL. Ministério da Educação. *Temas Contemporâneos Transversais na BNCC – Contexto histórico e pressupostos pedagógicos*. Brasília: DF, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

Documento que relata o contexto histórico e pressupostos pedagógicos para incorporar os Temas Contemporâneos Transversais (TCT) na elaboração dos currículos.

BROUSSEAU, G. *Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. São Paulo: Ática, 2008.

Nesta obra, o autor estabelece as situações didáticas como um instrumento científico para integrar disciplinas no ensino da Matemática.

CANDELA, A. A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de Ciências. In: COLL. C.; EDWARDS, D. org. *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula: aproximações ao estudo do discurso educacional*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

A autora discorre a respeito da importância dos recursos discursivos na construção do conhecimento científico por professores e estudantes.

CARVALHO, A. M. P. et al. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage learning, 2013.

Aborda as bases teóricas e práticas do ensino por investigação. As reflexões e pressupostos desta obra foram utilizados na construção das atividades investigativas deste livro.

CARVALHO, I. N., NUNES-NETO, N. F. & EL-HANI, C. N. Como selecionar conteúdos de Biologia para o Ensino Médio? *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 2011, v. 1, n. 1, p. 67-100.

Neste artigo há uma discussão sobre a seleção dos conteúdos conceitos da área de Biologia a serem explorados no Ensino Médio. A proposta envolve eixos integradores desse campo e princípios que podem ser muito úteis para o planejamento do professor.

CATANI, A. M.; GILIOLI, R. de S. P. *Culturas juvenis: múltiplos olhares*. São Paulo: Unesp, 2008.

Apresenta as culturas juvenis e traz aspectos históricos da abordagem desse tema.

CHASSOT, A. *Alfabetização Científica: Questões e desafios para a educação*. Ijuí: Unijuí, 2018.

O livro discute temas como os saberes populares na educação, o ensino de Ciências dentro e fora da sala de aula. As reflexões e pressupostos desta obra foram utilizados na construção das atividades investigativas e projetos deste livro.

CHIN, C.; OSBORNE, J. Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44:1, p. 1-39, 2008.

O artigo ressalta a importância das questões feitas pelos estudantes na aprendizagem significativa e na investigação científica.

COUTINHO, F. A.; RODRIGUES, S. F. A. *Sequências didáticas: propostas, discussões e reflexões teórico-metodológicas*. Belo Horizonte: FAE/UFMG, 2016.

O livro apresenta sequências didáticas de Biologia para o Ensino Médio, orientadas por abordagens inovadoras. Propostas desta obra orientaram a elaboração de atividades investigativas e projetos deste livro.

DANZA, H. C. *Conservação e mudança dos projetos de vida de jovens: um estudo longitudinal sobre educação em valores*. 2019. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/T.48.2020.tde-11122019-165812. Acesso em: 2020-06-27.

A tese traz uma definição de projeto de vida usada neste Manual. A autora faz reflexões importantes sobre a construção do projeto de vida dos jovens.

DISKIN, L.; NOLETO, M. J. *Cultura de paz: da reflexão à ação; balanço da Década Internacional da Promoção da Cultura de Paz e Não Violência em Benefício das Crianças do Mundo*. Brasília, DF: Unesco; São Paulo: Associação Palas Athena, 2010.

Nesta publicação da Unesco, destaca-se a apresentação de práticas bem-sucedidas na implantação da cultura de paz no Brasil.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 31-40, 1999.

O artigo aborda a importância da construção ativa do conhecimento científico por parte dos indivíduos envolvidos nessa construção.

FREITAS, S. R. F.; SOUZA, L. L. *Ciência e Biologia: experimentos para a sala de aula*. Manaus: UEA, 2019.

O livro apresenta propostas para aulas de Ciências e da Biologia. Algumas delas foram utilizadas nas atividades de investigação deste livro.

LEITE, B. *Tecnologias no Ensino de Química: teoria e prática na formação docente*. Curitiba: Appris, 2018.

O livro trata do uso de tecnologias no ensino, abordando tanto aspectos teóricos quanto as suas possíveis aplicações. Seus pressupostos foram utilizados para orientar o uso de tecnologias nas atividades deste livro.

LEMKE, J. L. *Talking science: Language, learning and values*. Norwood: Ablex, 1990.

O artigo traz uma análise da importância da linguagem na aprendizagem no contexto da sala de aula.

MARTINS, C.; CARRANO, P. A escola diante das culturas juvenis: reconhecer para dialogar. *Educação* (UFSM), Santa Maria, v. 36, n.1, p. 43-56, 2011.

Entre outros temas, discorre sobre como a valorização das culturas juvenis e do projeto de vida pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem.

MATEUS, A. L. (org.). *Ensino de Química mediado pelas TICs*. Belo Horizonte: UFMG, Belo Horizonte, 2015.

O livro mostra exemplos do uso de tecnologias em aulas de química, passando por simulações, vídeos, celulares, blogs e redes sociais. Algumas de suas simulações e propostas foram utilizadas nas atividades deste livro.

MCNEILL, K. L.; KRAJCIK, J. S. *Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing*. Nova York: Pearson, 2011.

O livro fornece ferramentas para a construção de explicações científicas em sala de aula, por meio de exemplos trazidos pelos autores.

MEGLHIORATTI, F.A.; EL-HANI, C.N.; CALDEIRA A.M.A. A centralidade do conceito de organismo no conhecimento biológico e no ensino de Biologia. In: CALDEIRA, A.M.A. (org) *Ensino de Ciências e Matemática II: Temas sobre formação de conceitos*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

Artigo que trata de conceitos centrais no ensino de Biologia.

MEHAN, H. *Learning lessons: social organization in the classroom*. Cambridge: Harvard University Press, 1979.

O artigo traz um estudo a respeito das regras que organizam as interações sociais em sala de aula.

MORTIMER, E. F; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aulas de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 01-24, 2002. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/562>. Acesso em: 22 set. 2020.

O artigo traz a abordagem comunicativa como ferramenta analítica a ser utilizada por professores em sala de aula para análise e planejamento no contexto do desenvolvimento profissional docente.

MORTIMER, E. F; SILVA, P. S. *Elaborando sequências didáticas para o Ensino Médio de Química*. Belo Horizonte: Fapemig, 2018.

O livro apresenta sequências didáticas para o Ensino Médio, orientadas por abordagens inovadoras. Propostas desta obra orientaram a elaboração de atividades investigativas e projetos deste livro.

SANTOS, W. L. P; AULER, D. *CTS e Educação Científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: UnB, 2011.

O livro discute a introdução das relações entre ciência, tecnologia e sociedade no ensino de Ciências. Propostas desta obra orientaram a elaboração de projetos deste livro.

SINCLAIR, J. M.; COULTHARD, M. *Towards an analysis of discourse: the English used by teachers and pupils*. London: Oxford University Press, 1975.

O artigo traz uma análise do discurso e da linguagem utilizados por professores e estudantes em sala de aula.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. *Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica*. Disponível em: <https://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/send/203-educacao-basica/1220-bncc-em-itinerario-informativo-computacao-2>. Acesso em: 6 set. 2020.

Publicação que traz diretrizes de educação de computação para a Educação Básica.

VALADARES, E. *Física mais que divertida*. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

O livro aborda diversos temas atuais e fenômenos do dia a dia em mais de 150 experimentos que usam apenas ferramentas simples e materiais recicláveis e de baixo custo. Alguns deles foram utilizados nas atividades de investigação deste livro.

VYGOTSKY, L. S. *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: MIT Press. 1978.

O livro reúne uma seleção de publicações importantes do psicólogo russo Lev Vygotsky.

Orientações específicas

Objetivos gerais do volume

Este volume é dedicado ao estudo do comportamento da matéria e da energia em diferentes situações cotidianas e de como esse conhecimento é utilizado com diversas finalidades em nossas vidas. Além dos aspectos teóricos que cercam o tema, propomos várias atividades que buscam contribuir para que os estudantes reconheçam as colaborar da produção científica em seu dia a dia e avaliem as aplicações desse conhecimento em diferentes contextos, ponderando suas limitações, potencialidades e riscos. Desse modo, esperamos que eles tenham condição de fazer escolhas mais conscientes e sustentáveis, que visem ao bem-estar individual e coletivo.

No início dos capítulos, descrevemos em detalhes os objetivos a serem desenvolvidos especificamente em cada um deles.

Justificativas

Há diversas situações em nosso cotidiano que envolvem transformações químicas, os fluxos de energia e as propriedades dos materiais. O conhecimento científico construído sobre esses fenômenos é aplicado em diferentes contextos e têm implicações que afetam desde a escolha de materiais para a construção de um prédio até decisões estratégicas de um país, como a exploração de seus recursos energéticos. Discutir esses temas em sala de aula é fundamental para embasar os estudantes em suas escolhas para que, de forma individual e coletiva, eles possam atuar na sociedade de forma crítica, propositiva e ambientalmente consciente.

Os assuntos deste volume articulam temas relevantes à realidade dos estudantes e aos Temas Contemporâneos Transversais (TCT). O volume inteiro desenvolve o TCT Ciência e Tecnologia por meio de reflexões e de atividades investigativas e de pesquisa sobre a construção do conhecimento científico. O TCT Meio Ambiente é desenvolvido no Capítulo 3, que trabalha a Química Verde e o *ecodesign*.

Durante o trabalho com os capítulos, os estudantes utilizam os conhecimentos historicamente construídos sobre reações e ligações químicas, propriedades térmicas dos materiais, processos de propagação de calor e máquinas térmicas, desenvolvendo, assim, a competência geral 1. O trabalho com as competências gerais 2 e 4 – relacionadas ao pensamento científico, crítico e criativo e à comunicação,

respectivamente – é aprofundado nas atividades de investigação e pesquisa, nas quais os estudantes têm a oportunidade de analisar dados e refletir sobre questões associadas aos assuntos tratados no volume, utilizando diferentes linguagens para comunicar resultados e entendimentos. A competência geral 5, relacionada à cultura digital, é mobilizada em atividades que envolvem simulações digitais. O debate sobre temas como tratamento de resíduos e as atividades em grupo favorecem o desenvolvimento das competências gerais 7 e 9, relacionadas à argumentação e à empatia e cooperação, respectivamente.

Também são desenvolvidas as competências específicas 1 e 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), por meio das habilidades EM13CNT101, EM13CNT102, EM13CNT104, EM13CNT106, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303 e EM13CNT307. As articulações com as competências e as habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias são abordadas em mais detalhes no início dos capítulos.

O debate sobre desperdício em reações químicas e ciclo de vida das embalagens desenvolve as habilidades EM13LGG303 e EM13CHS301. O compartilhamento dos resultados das atividades de investigação desenvolve as habilidades EM13LGG703, EM13LP30, EM13LP32, EM13LP34. O estudo das reações químicas e das propriedades térmicas dos materiais desenvolve as habilidades E13MAT313 e E13MAT314.

Confira na Base Nacional Comum Curricular o texto integral das habilidades das áreas de Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Abordagem teórico-metodológica

Em um mundo em que convivemos com os resultados e produtos dos avanços tecnológicos proporcionados pelo conhecimento científico, torna-se cada vez mais evidente quão importante é ensinar e aprender sobre a ciência. Mais que memorizar nomes, procedimentos e conceitos científicos, um ensino de ciências que pretende contribuir para a educação integral dos estudantes precisa oferecer oportunidades para que eles participem ativamente do processo de ensino e aprendizagem, de modo a desenvolverem competências e habilidades específicas que os introduzam na cultura científica.

Foi com base nessa perspectiva teórica que esta obra foi elaborada, procurando sempre colocar o estudante como protagonista na construção do conhecimento. Se o foco é no estudante, é importante que a experiência de aprendizagem tenha como ponto de partida seus conhecimentos prévios para que, a partir deles, novos conhecimentos possam ser construídos. Dessa forma, a proposta didática tem início com perguntas e imagens que visam despertar a curiosidade dos estudantes e incentivá-los a expor o que já conhecem sobre o que será abordado nos capítulos.

Essa discussão inicial é seguida de diversas atividades que, associadas aos conteúdos teóricos, criam situações contextualizadas para que os estudantes possam ativamente observar, analisar, refletir, testar, investigar, questionar, comparar, discutir, argumentar, concluir, etc. Em muitos desses momentos, os estudantes também poderão interagir com seus pares e atuar de forma colaborativa, desenvolvendo a comunicação, a interação social e o respeito às diferenças. Dessa forma, os estudantes terão oportunidades de compreender e de se apropriar da ciência de modo mais amplo e complexo, não apenas como uma coleção de fatos, mas como uma construção humana, dinâmica e em constante desenvolvimento.

Além disso, como a ciência possui uma linguagem própria para comunicar o conhecimento científico, indicamos

ao longo do volume alguns textos específicos da área. A leitura desses textos almeja não só ampliar o repertório conceitual dos estudantes, mas também instigar uma postura mais crítica e reflexiva diante de informações disseminadas em diferentes meios de comunicação.

Para que a proposta da obra se concretize na prática docente, cabe a você, professor, explorar cada uma das atividades sugeridas neste volume, adaptando-as ao contexto de sua escola e às suas intencionalidades pedagógicas específicas. Nesse processo, é fundamental o seu papel como orientador e articulador em sala de aula, impulsionando e potencializando a aprendizagem dos estudantes de forma intencional e sistematizada.

Cronograma

Acreditamos que um semestre letivo seja o período adequado para que o conteúdo presente neste volume seja trabalhado. A seguir apresentamos uma sugestão de cronograma. É importante desenvolver os processos avaliativos durante todo o período de trabalho com os capítulos. O cronograma poderá ser ajustado de acordo com as especificidades da turma, a quantidade de aulas semanais para Ciências da Natureza e suas Tecnologias e a realidade escolar local.

SUGESTÃO DE CRONOGRAMA SEMESTRAL (6 AULAS SEMANAS)								
Semanas	Capítulos	1	2	3	4	5	6	7
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Sugestão de trabalho com os capítulos por semana.

Estratégias para trabalhar as unidades e os capítulos

A unidade 1 deste volume abordará as transformações químicas dos materiais. Esta temática é de abordagem do ensino de Química, mas traremos para enriquecer a discussão a Biologia e os componentes de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática e suas Tecnologias e Linguagens e suas Tecnologias.

A discussão iniciada no capítulo 1 contemplará as evidências de transformações químicas por meio de experimentos simples e de baixo risco. É interessante que as etapas práticas sejam realizadas em grupos, mas, se não for possível, elas podem ser feitas de forma demonstrativa e os resultados obtidos registrados no quadro para que os estudantes possam, em grupo, utilizá-los para responder às questões propostas.

O capítulo 2 iniciará as discussões sobre as quantidades nas transformações químicas ao apresentar experimentos que contemplam a lei de Lavoisier ou lei da conservação das massas. Incentivamos a realização das atividades em grupo, mas se não for possível, as práticas podem ser realizadas de forma demonstrativa e os resultados compartilhados com os estudantes para que façam as discussões em grupos. Para a abordagem deste capítulo indicamos alguns vídeos que podem ampliar os aspectos considerados. Para este capítulo, convidamos as Ciências Humanas e Linguagens a compor uma peça teatral com a proposta de estabelecer uma articulação entre as ciências e a arte ao explorar a vida de Lavoisier e o contexto histórico em que ele viveu.

O capítulo 3 aprofundará as discussões sobre o aspecto quantitativo das transformações químicas. Serão abordadas a lei de Proust, os conceitos sobre quantidade de matéria e mol e a relação com a Química Verde. Estas discussões envolvem relações matemáticas e, assim, as contribuições deste componente são bem-vindas para auxiliar os estudantes a compreender as relações proporcionais discutidas pelas leis ponderais. Para auxiliar nas abordagens, sugerimos alguns vídeos e simulações por meio dos quais os estudantes poderão observar representações para rearranjo dos átomos, conservações das massas nas reações químicas, a escrita e o balanceamento das equações químicas. Assim, poderá ser feita a sistematização das discussões iniciadas no capítulo 1 e estes recursos poderão compor atividades para verificação da compreensão dos estudantes. Os preceitos da Química Verde, tão importantes para compreender como a ciência pode contribuir com práticas sustentáveis para o meio ambiente, perpassam todo o capítulo. Sugerimos aqui um convite aos componentes Biologia, Sociologia e Geografia

para discutir os impactos biológicos, econômicos e sociais relativos aos desastres ambientais recentes relacionados à mineração e como a Química pode contribuir para minimizar danos futuros. Estas interações abrem espaço para a realização de mesas redondas, palestras, mostras de ciências, júris simulados, debates e outras atividades que incentivam a pesquisa e argumentação dos estudantes.

A unidade 2 contemplará as discussões sobre modelos de ligações químicas e interações intermoleculares. Esta temática é de abordagem do ensino de Química, mas traremos para enriquecer a discussão a Biologia e a Geografia.

No capítulo 4 contemplamos as ligações químicas. Indicamos a realização de experimentos simples e o uso de simulações e vídeos que poderão auxiliar na compreensão dos conceitos abstratos. Nossa abordagem buscou relacionar as propriedades dos materiais às ligações e interações estabelecidas entre os átomos. Desta forma, é interessante retomar modelos anteriores para rever as limitações que estes apresentavam a fim de justificar o estudo dos novos modelos e a proposição de explicações mais completas. Na atividade de Projeto convidamos os componentes Biologia e Geografia para compor a discussão sobre os impactos ambientais e sociais da produção e do uso de materiais. Estas discussões podem ser relacionadas às discussões realizadas no capítulo 3 sobre Química Verde.

As interações intermoleculares são discutidas no capítulo 5. Por meio de experimentos, simulações e vídeos os estudantes poderão conhecer os diferentes tipos de interações e como estas podem ser utilizadas para compreender as propriedades dos materiais que, muitas vezes, não podem ser explicadas apenas pela análise da ligação química presente.

A unidade 3 contempla o tema energia, incluindo a geração e a transmissão de energia elétrica, as leis de conservação, os tipos de energia e as transformações são temas que serão abordados nessa unidade. Assim, a unidade trabalha, principalmente, a área de Física, mas permite integrar os seus conteúdos com História, Sociologia, Geografia, Química e Biologia, além da Matemática.

O capítulo 6 aborda conceitos como calor e temperatura, de uso comum no cotidiano. Sugerimos, portanto, que as discussões promovidas ao longo do trabalho com o capítulo permitam aos estudantes ampliar o significado desses conceitos, para além daquele aplicado no dia a dia. É importante, por exemplo, que o calor não seja confundido com a sensação de altas temperaturas. A mesma ideia se aplica a termos como “calorias” e “sensação térmica”. A ampliação dos conceitos e a comparação do seu uso cotidiano com o seu uso científico darão mais sentido à aplicação deles no contexto do estudo da Termodinâmica. Assim como em outros momentos desta obra, neste capítulo buscamos

priorizar que os estudantes compreendam os conceitos e os processos teóricos relacionados ao tema de estudo – neste caso, à Termodinâmica –, enquanto a compreensão matemática dos fenômenos estudados é trabalhada por meio de diversos exercícios propostos ao longo do capítulo. É importante notar também que temas como os termômetros e a sensação térmica podem ser trabalhados em parceria com os professores dos componentes curriculares de História e Biologia, respectivamente, fornecendo uma abordagem interdisciplinar ao estudo.

Diversos conceitos estudados no capítulo 6 serão relacionados às leis da Termodinâmica no capítulo 7, permitindo uma grande integração com o componente curricular Química. Sugerimos que aproveite o estudo das máquinas térmicas para realizar a conexão com a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, explorando o papel do desenvolvimento dessas na Revolução Industrial e os seus efeitos sobre a organização da sociedade. Recursos como debates sobre a mudança na organização do trabalho e as consequências sociais do desenvolvimento dessas máquinas podem ser propostos para ampliar o senso crítico e capacidade de argumentação dos estudantes. Para trabalhar o conceito de entropia, sugerimos o uso de mapas conceituais, resumos ou apresentações de formas diversas para que se verifique a compreensão dos estudantes.

O capítulo 8 comprehende as reações de oxirredução, as pilhas, as baterias e os processos de eletrólise. Este capítulo permite a realização de vários experimentos interessantes, intrigantes e de impacto visual para os estudantes. Estão propostos alguns experimentos que poderão ser realizados em sala de aula. Recursos como vídeos e simulações também são bem-vindos a compor as discussões e as atividades para checagem da compreensão dos estudantes. O tema abordado, eletroquímica, é de estudo da Química, mas trabalhos com os componentes Biologia, Geografia, História, Sociologia podem ser realizados para discutir o papel das grandes navegações na formação da sociedade que vivemos hoje e como as condições em que as pessoas que delas participaram estavam expostas a diversas doenças, como o escorbuto, provocado pela deficiência de vitamina C. Os componentes Física e Arte também podem enriquecer os trabalhos realizados na composição de uma mostra de ciências com a apresentação de projetos para toda a comunidade escolar.

ÁREAS DO CONHECIMENTO								
	Ciências da Natureza a e suas Tecnologias			Ciências Humanas e Sociais Aplicadas				Outras
Capítulo	Biologia	Física	Química	Filosofia	Geografia	História	Sociologia	
Capítulo 1								
Capítulo 2								Linguagens e suas Tecnologias
Capítulo 3								Matemática e suas Tecnologias
Capítulo 4								
Capítulo 5								
Capítulo 6								
Capítulo 7								
Capítulo 8								Linguagens e suas Tecnologias

Possibilidades e sugestões de trabalhos conjuntos com áreas do conhecimento em cada capítulo do volume. Em verde-escuro, estão destacadas as formações disciplinares dos professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias indicados para trabalhar de forma prioritária; em verde-claro, estão indicadas as formações dos professores que poderão contribuir de forma complementar; em rosa, estão indicadas as sugestões de formações disciplinares dos professores de outras áreas.

Unidade 1

Transformações dos materiais

Nesta unidade, analisaremos algumas transformações químicas dos materiais tendo em vista possibilitar que os estudantes compreendam a relação existente entre os aspectos observáveis dos fenômenos, a linguagem química e como podemos explicar essas transformações. Para isso, iniciamos a unidade conceituando sistema como uma parte do universo que escolhemos estudar. Ao longo dos capítulos analisaremos diferentes transformações químicas considerando os sistemas em que ocorrem. Assim, esta unidade abordará conceitos prioritariamente estudados em Química, mas outros componentes poderão fomentar as discussões.

Em alguns experimentos serão contempladas transformações nas quais é possível observar evidências da formação de novas substâncias. Em outros, discutiremos a conservação das massas nas reações químicas. A partir das observações dos sistemas iniciais e finais, passaremos da observação fenomenológica para a escrita da equação química, ampliando o uso da linguagem química. Discutiremos os significados das representações das equações químicas e como tais representações relacionam-se às leis de Lavoisier e Proust.

No capítulo 1 discutiremos as evidências da ocorrência de transformações químicas. Os estudantes farão experimentos simples para avaliar se toda transformação química apresenta evidências e se toda evidência indica uma transformação química. Esperamos que, a partir das discussões realizadas, os estudantes possam compreender que avaliar os sistemas nos estados iniciais e finais das reações é a melhor forma de assegurar que uma transformação química ocorreu, visto que nem sempre haverá uma evidência perceptível. Desta forma, definimos como **transformações químicas aquelas que ocorrem com a formação de novos materiais**, conceito que será trabalhado em todas as atividades.

O capítulo 2 dá prosseguimento à discussão da conservação das massas iniciada no capítulo 1. Os estudantes, por meio de experimentos simples que envolvem sistemas abertos e fechados, poderão avaliar as situações em que observamos a conservação das massas. Com estas discussões, esperamos generalizar a aplicação da lei de Lavoisier independentemente do sistema estudado. Aprofundaremos, ainda, os processos de escrita de equações químicas.

O capítulo 3 enfatiza os aspectos quantitativos relacionados às transformações químicas. O capítulo trata da lei de Proust, do balanceamento das equações químicas e será finalizado com as discussões sobre a grandeza quantidade de matéria e sua relação com a estequiometria das reações químicas. Serão realizadas também discussões sobre como os princípios da Química Verde podem contribuir para a minimização dos impactos ambientais decorrentes dos produtos que produzimos, consumimos e descartamos.

Por meio dessa unidade será possível retomar, por exemplo, as habilidades EF06CI02, EF08CI05, EF09CI01 e EF09CI02 desenvolvidas nos anos finais do Ensino Fundamental.

Capítulo 1

Introdução às transformações químicas p. 12

Competências gerais: 1, 2 e 9

Competências específicas: 1 e 3

Habilidades: EM13CNT101 e EM13CNT301

Objetivos do capítulo

Neste capítulo discutiremos os princípios das transformações químicas. Nosso objetivo principal é que os estudantes possam compreender as transformações químicas como transformações em que há a formação de novos materiais. Apresentaremos ainda algumas das evidências que indicam a ocorrência de transformações químicas a partir das análises dos sistemas iniciais e finais.

Orientações didáticas

Neste capítulo estão propostos experimentos de fácil execução para a observação de evidências que podem indicar a ocorrência de transformações químicas. Sugerimos que as atividades sejam realizadas em grupo. São necessários alguns cuidados com a segurança durante os experimentos, como não tocar ou ingerir os reagentes utilizados. Portanto, recomendamos que os estudantes façam as atividades sob supervisão.

A **Atividade 1 – Como reconhecer uma transformação química** (página 12) está dividida em cinco partes. Na parte A será observada a efervescência (formação e liberação de gás) como evidência para a reação entre o vinagre e o bicarbonato de sódio. É possível que os estudantes já conheçam esta reação, comum de ser observada em casa. Antes de iniciar a atividade, este conhecimento prévio pode ser levantado. Um ponto importante a ser considerado nesta e nas demais atividades em que gases são produzidos é a origem deste gás. Alguns estudantes podem acreditar que o gás estava dissolvido nas soluções e que, portanto, não foi produzido pela reação. Com o desenvolver das atividades esperamos que essas concepções equivocadas sejam resolvidas. Você pode registrar no quadro as equações químicas para os fenômenos observados em cada etapa, a fim de auxiliar os estudantes no entendimento das reações químicas como um fenômeno em que ocorre a formação de novas substâncias a partir dos átomos constituintes dos reagentes, auxiliando na compreensão da origem do gás produzido, por exemplo.

Na parte B da atividade são observadas outras evidências: alteração na temperatura do sistema (neste caso, liberação de calor), produção de luz intensa, de odor característico e de fumaça. A principal evidência observada pelos estudantes é a emissão de luz, então a atenção pode ser direcionada para que também percebam as demais. Nesta parte é importante diferenciar o fenômeno observado (incandescência do óxido de magnésio) da emissão de luz por átomos em uma chama. Na seção *Sugestões para o professor* deste capítulo

(página 212) indicamos o vídeo “É tempo de química, Reações fotoquímicas, Reações com emissão de luz” que discute os processos de fluorescência e as reações em que há emissão de luz. O vídeo pode ser utilizado para enriquecer essa discussão, diferenciando os processos envolvidos.

Destacamos que, para a discussão sobre os produtos formados na parte B da atividade, consideraremos que a palha de aço é formada apenas por ferro. Portanto, após a reação com o oxigênio serão formados óxidos de ferro somente. Um aspecto que pode gerar dúvida nesta atividade é o aumento de massa observado ao final do experimento, principalmente porque na parte A foi observada a redução da massa. Os estudantes podem não se lembrar que é necessário a presença do gás oxigênio para que a combustão ocorra e que este gás atua como um reagente da reação. O equacionamento dessa reação pode auxiliar no entendimento da incorporação dos átomos de oxigênio durante o processo.

Na parte C temos a formação de um sólido na reação entre cloreto de cálcio e hidróxido de sódio. São frequentes manifestações dos estudantes, considerando que ocorreu uma mudança de estado físico em reações desse tipo. Para refutar esse ponto de vista, pode ser discutido como os processos de mudanças de fases estão relacionados à absorção e liberação de energia, o que não ocorre de forma significativa neste caso. Variações de energia são decorrentes da própria reação química, não de fatores externos, e não promovem a mudança de fase. Nesta etapa, portanto, é obtido um produto de baixa solubilidade.

As partes D e E discutem a reação de neutralização entre hidróxido de sódio e vinagre na presença e na ausência de extrato de repolho roxo. O extrato atua como indicador ácido-base e muda de coloração de acordo com a acidez do meio. Entre a parte D e E os estudantes poderão perceber que a reação tem uma evidência perceptível apenas quando o extrato de repolho roxo é adicionado. Assim, trabalhamos, na parte D, uma primeira reação que não apresenta evidência. Esta discussão será aprofundada na **Atividade 2 – As evidências garantem que ocorreu uma transformação química?** (página 17). O caráter ácido-base pode ser inserido na discussão como uma forma de justificar as variações de coloração, mas não é o objetivo aprofundar o assunto neste momento.

Nas etapas C a E apresentamos exemplos em que as massas iniciais e finais são iguais, diferentemente do observado nas etapas A e B. As discussões sobre as massas nas transformações químicas serão aprofundadas no capítulo 2, quando os estudantes já terão elementos

para compreender que os sistemas abertos e os sistemas fechados nos fornecem leituras diferentes sobre a comprovação da conservação das massas em uma transformação química.

A atividade 2 trabalha a ideia de que nem todas as transformações químicas apresentam evidências. Os três experimentos desta atividade podem ser comparados para promover a percepção de que algumas evidências, inclusive, não indicam reações químicas. Observa-se isso na liberação de gás do refrigerante após ser adicionado açúcar. Pode ser retomada a parte D da Atividade 1, em que não há nenhuma evidência, apesar da ocorrência da transformação química.

O texto **1.1 – As evidências e o reconhecimento de reações químicas** (página 19) sistematiza as discussões realizadas durante os experimentos e pode ser lido em conjunto com os estudantes, retomando as observações das Atividades 1 e 2. É importante estabelecer comparativos entre os estados iniciais e finais dos sistemas para enfatizar que, para considerarmos se houve ou não a ocorrência de transformações químicas, é preciso observar a natureza das substâncias envolvidas e suas propriedades.

No boxe **Para saber mais** do Livro do Estudante (página 20) e na seção *Sugestões para o professor* sugerimos vídeos e simulações sobre o tema, como o canal Manual do Mundo e a animação “O efeito do flash” da página LabVirt, respectivamente, que podem ser utilizados como atividades para avaliar a compreensão dos estudantes sobre o assunto.

Resolução e comentários das Atividades de investigação

Atividade 1

Como reconhecer uma transformação química p.12

Nesta atividade os estudantes poderão observar evidências de reações químicas como mudanças de cor, formação de sólido e emissão de luz. Poderão ser realizadas discussões sobre ser ou não obrigatório que todas as reações químicas apresentem evidências perceptíveis.

Esta atividade deve ser realizada sob supervisão. Alguns cuidados são necessários para a realização das práticas, como o uso de equipamento de proteção individual (EPI). Em caso de contato dos reagentes com a pele ou olhos, lavar a região com água em abundância. Não inalar os gases provenientes da combustão da lã de aço.

■ Parte A – Reação entre o vinagre e o bicarbonato de sódio

Reflexão

1. Solução de vinagre: líquido incolor e transparente. Bicarbonato de sódio: pó branco.
2. Houve intensa formação de bolhas (efervescência).
3. Formação de bolhas, o que evidencia a formação de um gás a partir de um sólido e de uma solução aquosa.
4. **Comentário:** Não se espera nesse momento que, necessariamente, os estudantes saibam responder a essa questão. O objetivo dela aqui é apenas criar uma motivação à reflexão de que só será possível serem formadas substâncias constituídas pelos mesmos átomos que também constituíam as substâncias anteriores. Assim, durante a discussão sobre as respostas a essas questões, você poderá colocar no quadro as fórmulas que representam as substâncias reagentes e começar a discutir com os estudantes as possibilidades de formação dos produtos. As novas substâncias formadas foram o gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e acetato de sódio (CH_3COONa).
5. m_i seria maior do que m_f , pois um dos produtos formados é um gás e o sistema é aberto; portanto, esse gás escapou para o ambiente, diminuindo a massa do sistema.

■ Parte B – Queima de um pedaço de palha de aço

Reflexão

1. Lã de aço: um sólido acinzentado com pouco brilho. O outro reagente é o gás oxigênio do ar: gasoso, transparente e incolor.
2. **Comentário:** Para as discussões desta atividade consideramos que a palha de aço é constituída apenas por átomos de ferro. A queima ocorre apenas na parte externa do material; portanto, restará ferro metálico sem reagir nos fios da palha de aço que ficarão cobertos pelo produto da reação. Você pode agitá-la com um bastão de vidro para remover o pó formado para facilitar a observação por parte dos estudantes.
Ao terminar a queima, o produto resultante será um pó de cor cinza-escura e sem brilho.
3. Houve produção de luz intensa, calor, odor característico e fumaça, a partir da combustão de um sólido.
4. **Comentário:** A orientação é a mesma dada na questão 4 da parte A. Os átomos constituintes do sistema inicial deverão constituir também o sistema final. As novas substâncias formadas são óxidos de ferro (II) e (III) (FeO e Fe_2O_3 , respectivamente), componentes do pó cinza escuro que restou ao final da reação.
5. m_i seria menor do que m_f , pois a reação de combustão envolve o gás oxigênio como reagente, que, inicialmente, em um sistema aberto, não seria medido. Ao final da reação, formam-se substâncias das quais o átomo de oxigênio faz parte, os óxidos de ferro (II) e (III) (FeO e Fe_2O_3 , respectivamente). Sendo assim, o produto terá uma massa maior do que o ferro que compõe a palha de aço.

■ Parte C – Reação entre soluções de hidróxido de sódio e cloreto de cálcio

Reflexão

1. Houve a formação de um sólido branco a partir de duas soluções líquidas.
2. **Comentário:** A orientação é a mesma dada na questão 4 da parte A. Os átomos constituintes do sistema inicial deverão constituir também o sistema final. As novas substâncias formadas são cloreto de sódio (NaCl) e hidróxido de cálcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] sólido de cor branca.
3. m_i seria igual a m_f , porque não há reagentes e produtos gasosos envolvidos na reação.

■ Parte D – Reação entre soluções de vinagre e hidróxido de sódio

Reflexão

1. Solução de vinagre: líquido incolor e transparente. Solução de hidróxido de sódio: líquido incolor e transparente.
2. A solução final é um líquido incolor e transparente.
3. Não houve evidências perceptíveis de ocorrência de reação.
4. **Comentário:** A orientação é a mesma dada na questão 4 da parte A. Os átomos constituintes do sistema inicial deverão constituir também o sistema final. As novas substâncias formadas são acetato de sódio (CH_3COONa) e água (H_2O).
5. m_i seria igual a m_f , porque não há reagentes e produtos gasosos envolvidos na reação.

■ Parte E – Reação entre soluções de vinagre e hidróxido de sódio na presença de solução de repolho roxo

Reflexão

1. Vinagre: líquido incolor e transparente. Solução de repolho roxo: líquido roxo e transparente. Solução de NaOH: líquido incolor e transparente.
2. A solução inicialmente roxa adquiriu cor avermelhada.
3. O sistema final é um líquido de coloração esverdeada.
4. As mudanças de cor são evidências de que ocorreram transformações químicas.
5. **Comentário:** A orientação é a mesma dada na questão 4 da parte A. Os átomos constituintes do sistema inicial deverão constituir também o sistema final. As novas substâncias formadas são acetato de sódio (CH_3COONa) e água (H_2O).
6. m_i seria igual a m_f , porque não há reagentes e produtos gasosos envolvidos na reação.

► Atividade 2

As evidências garantem que ocorreu uma transformação química? [p.17](#)

Nesta atividade os estudantes observarão sistemas cujas evidências não indicarão a ocorrência de reações químicas. Assim, poderá ser discutido que as evidências não são sempre indicativas de ocorrência de transformações químicas.

SISTEMAS	CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES NO ESTADO INICIAL	OBSERVAÇÕES DURANTE O EXPERIMENTO	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA NO ESTADO FINAL
A) Sal de cozinha e água	Sólido branco; líquido incolor.	O sal dissolve-se na água.	Sistema homogêneo, líquido e incolor.
B) Refrigerante e açúcar	Líquido com gás dissolvido (enquanto a garrafa está fechada; após aberta, serão observadas as bolhas de gás se desprendendo); sólido branco.	Efervescência.	Líquido e, em geral, com excesso de açúcar no fundo do recipiente.
C) Água e comprimido efervescente	Líquido incolor; sólido branco.	Efervescência.	Inicialmente: líquido incolor com bolhas de gás. Depois de algum tempo, o sistema ficará homogêneo (sem gás).

Características dos estados inicial e final para os sistemas da Atividade 2.

Reflexão

1. Nos sistemas B e C há liberação de gás e no sistema 1 não há.
2. No sistema B já existia, pois fazia parte do refrigerante; no sistema C não existia.
3. Sim, no sistema C há produção de um novo material gasoso. A evidência é a formação de bolhas ou efervescência.

Comentário: No sistema B, o gás liberado já estava no refrigerante; o açúcar apenas acelerou a liberação desse gás, já que o açúcar fornece sítios de nucleação para a formação de bolhas do gás. Essa é uma situação interessante, em que, apesar da evidência visual, não ocorreu reação química.

Reflexão

1. Não.
2. Não. O material do comprimido se dissolveu na água e isso possibilitou a reação entre os seus componentes. A reação formou um gás, que foi liberado para o ambiente. Dessa forma, o material que é obtido depois da evaporação da água não é o mesmo do comprimido original e, por isso, não produziria efervescência novamente.

Resolução e comentários das seções Articulação de ideias

■ Articulação de ideias p. 20

- a) Não é uma reação química. Inicialmente, temos água transparente e incolor e permanganato de potássio sólido roxo-escuro. Após a dissolução, a água adquire coloração arroxeadas. A mudança de cor ocorre devido à dissolução do permanganato de potássio, que tem coloração roxa, e não à formação de novas substâncias.
- b) Não é uma reação química. A mudança de cor para verde se dá pela sobreposição das cores azul e amarela, e não pela formação de nova substância.
- c) Não é uma reação química. Inicialmente, a naftalina apresenta coloração branca e estado físico sólido; após a fusão, a naftalina líquida torna-se incolor e transparente, mas continua possuindo a mesma composição da naftalina sólida. Só houve uma mudança de estado físico, sem a formação de novas substâncias.
- d) É uma reação química. A ferrugem formada apresenta cor amarelada, é sólida, porosa e quebradiça. As propriedades são diferentes das substâncias reagentes: ferro sólido, oxigênio gasoso e água.
- e) É uma reação química. Evidências como liberação de energia na forma de calor e luz, produção de

f fuligem (fumaça escura) e diminuição da quantidade de parafina confirmam a formação de novas substâncias.

- a) "A existência de uma evidência garante que houve produção de novos materiais em uma transformação qualquer?". Não, pois uma evidência de transformação nem sempre é uma evidência de formação de nova substância. Um bom exemplo é a liberação de gás do refrigerante, onde o gás já estava presente dissolvido e não foi formado com a adição de açúcar.
- b) "Poderiam ocorrer reações sem uma modificação observável no sistema?". Sim, se a reação ocorre com a formação de substâncias solúveis, ou seja, se não há formação de precipitado ou gases pouco solúveis, por exemplo, não há evidência macroscópica que indique a ocorrência da reação química; porém, formaram-se novas substâncias. Um exemplo é a reação entre o vinagre e o hidróxido de sódio na ausência de repolho roxo.

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Leitura

GOUVEIA-MATOS, J.A.M. Mudanças nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc10/conceito.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Neste artigo são discutidos os princípios teóricos das mudanças de cores dos extratos de flores e do repolho roxo.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, n. 2, 1995. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc02/aluno.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Este artigo discute as concepções alternativas de adolescentes sobre fenômenos envolvendo transformações dos materiais, reunindo resultados de pesquisas realizadas em diferentes partes do mundo e que foram confirmados entre estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental e da 1ª série do Ensino Médio.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, PHILIP H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências* (Porto Alegre). 2002, v. 7, n. 3., p. 283-306. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/562>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Este artigo traz uma ferramenta desenvolvida para analisar e planejar aulas de ciências, com um exemplo de uso em relação ao tema “transformações químicas”.

Páginas de internet

- CK-12. *Chemistry Simulations. Camping – Chemical and Physical Changes*

Disponível em: [https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry.html](https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry/campout/app/index.html?lang=en&referrer=ck-12Launcher&backUrl=https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry.html).

Nesta simulação são apresentados vários exemplos de fenômenos químicos e físicos.

- DVAction. *Reacções em microescala*

Disponível em: <https://www.casadasciencias.org/recurs/5785>.

Neste vídeo são realizadas reações de precipitação, oxirredução, neutralização e complexação. O vídeo pode ser utilizado para exemplificação de evidências de reação.

• LabVirt. O efeito do flash

Disponível em: <http://www.labvirtq.fe.usp.br/applet.asp?time=19:07:38&lom=10824>.

Nesta simulação uma menina tenta compreender o funcionamento do *flash* de uma máquina fotográfica. Ela pode ser utilizada para evidenciar a ocorrência de uma reação química com a emissão de luz.

Acesso em: 26 ago. 2020

Vídeos

• CCEAD-PUC-Rio. Aí tem química, Reações Químicas, Evidências das Reações

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7QKtdzq7m4Q>.

Este vídeo é um dos episódios do programa *Aí tem Química!*, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio são apresentados diversos conceitos relacionados às evidências das reações químicas.

• CCEAD-PUC-Rio. Aí tem química, Reações Químicas, Reações Químicas

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=xxAl_wvNZII.

Este vídeo é um dos episódios do programa *Aí tem Química!*, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio são apresentados diversos conceitos relacionados às reações químicas.

• CCEAD-PUC-Rio. É tempo de química, Reações fotoquímicas, Reações com emissão de luz

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=KbNuN_98Mk4.

Este vídeo é um dos episódios do programa *É tempo de Química!*, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio são apresentados diversos conceitos relacionados às reações químicas que ocorrem com emissão de luz.

• CCEAD-PUC-Rio. Tudo se transforma, Reações Químicas, Os primórdios

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HLAxYoLDO7E>.

Este vídeo é um dos episódios do programa *Tudo se transforma*, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio é feita uma abordagem histórica sobre as reações químicas.

Acesso em: 26 ago. 2020

Capítulo 2

A massa muda? Conservação da matéria p. 21

Competências gerais: 1, 2, 4 e 9

Competências específicas: 1 e 3

Habilidades: EM13CNT101, EM13CNT301, EM13CNT302 e EM13CNT307

Objetivos do capítulo

Neste capítulo daremos continuidade ao estudo das transformações químicas. Por meio da realização de experimentos simples propostos nas atividades do capítulo, os estudantes poderão observar alguns fenômenos, enfatizando os princípios da conservação das massas.

Serão abordadas também as representações tipicamente utilizadas para as reações químicas.

Orientações didáticas

O capítulo se inicia com a **Atividade 1 – Conservação da massa nas reações químicas** (página 21), parte A, na qual estão propostos dois experimentos com as reações entre o bicarbonato de sódio e o vinagre (em sistema aberto e fechado). É comum os estudantes não associarem massa aos gases. Avaliando as massas medidas para os sistemas aberto e fechado, esperamos que esta dificuldade seja resolvida.

Na parte B dessa atividade, observaremos uma transformação química cuja evidência é a formação de um sólido. É comum os estudantes acreditarem que a formação de um sólido implica o aumento da massa do sistema. Avaliando as massas iniciais e finais, eles poderão verificar que isto não ocorre.

A queima da lã (ou palha) de aço já foi estudada no capítulo 1 com o objetivo de se observar as evidências de uma reação. Na parte C desta atividade os estudantes poderão revisitar o fenômeno, desta vez dirigindo a atenção para a observação das massas dos sistemas inicial e final. Muitas vezes, o aumento da massa do sistema final resultante da incorporação do gás oxigênio ao sistema aberto é de difícil compreensão pelos estudantes. As discussões realizadas no capítulo 1 podem ser retomadas para auxiliar no entendimento desse processo.

O texto **2.1 – A massa é conservada nas reações químicas?** (página 24) retoma os experimentos realizados na atividade 1 e sistematiza a discussão sobre a conservação das massas em transformações químicas.

As representações para as equações químicas são discutidas no texto **2.2 – A linguagem química** (página 25). Você pode utilizar o modelo de Dalton para auxiliar na escrita de equações simples. Veja um exemplo na figura 2.14 no Livro do Estudante. O vídeo “Aí tem química, Reações Químicas, Símbolos e códigos da linguagem química” indicado na seção *Sugestões para o professor* deste capítulo (página 217) pode ser utilizado durante a discussão. Indicamos ainda, na mesma seção, o artigo “Lavoisier e a sistematização da nomenclatura química”.

Este artigo pode ser utilizado para o desenvolvimento de um trabalho com os estudantes para que percebam a importância da sistematização e apropriação da linguagem científica. Os estudantes podem fazer a leitura em grupos e realizar uma atividade em que levantem possíveis consequências para a ciência atual se não tivéssemos todas as fórmulas e representações padronizadas, por exemplo.

Ainda sobre Lavoisier, trouxemos como sugestão de leitura nas *Sugestões para o professor* a dissertação intitulada “Lavoisier, da alquimia à química moderna: Teatro para a popularização científica e a educação em ciência”. Neste trabalho o autor propõe estabelecer uma articulação entre as ciências e a arte ao contar, a partir do teatro, a vida de Lavoisier, o contexto histórico em que ele viveu (incluindo o período da Revolução Francesa) e a transição da Alquimia para a Química moderna. Neste trabalho foi proposto um roteiro para uma peça de teatro que você pode utilizar para encenar com os estudantes ou para se basear e criar um outro roteiro. Os componentes das áreas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e Linguagens e suas Tecnologias podem ser convidadas para o desenvolvimento de um projeto interdisciplinar abrangendo a história da ciência, o momento histórico em que Lavoisier viveu e o processo de escrita de uma peça teatral.

Para finalizar a discussão do capítulo, pode ser realizada a *Atividade Complementar*. Nela os estudantes poderão observar a reação entre o carbonato de cálcio da casca de um ovo e o vinagre. A reação será observada ao longo de alguns dias e, ao fim, restará apenas uma película envolvendo a gema e a clara. O tempo necessário varia de acordo com o ovo utilizado, mas propusemos o mesmo tempo de observação (cinco dias) para a realização da atividade. Assim, a atividade poderá ser utilizada como um trabalho avaliativo e, ao final das observações, além das respostas às questões propostas, os estudantes poderão elaborar um relatório sobre o experimento realizado. A atividade retoma as discussões sobre densidade, evidências de reação química e conservação das massas.

Resolução e comentários das Atividades de investigação

Atividade 1

Conservação da massa nas reações químicas p. 21

Nesta atividade os estudantes poderão avaliar a conservação das massas em sistemas abertos e fechados. Antes de iniciar a atividade, você pode ler as etapas de **O que fazer** com os estudantes e questioná-los sobre o porquê de pesar o sistema antes e depois da reação. É importante alertar para isso no início da atividade, pois é comum que eles efetuem a reação sem pesar o sistema inicial.

Essa atividade deve ser realizada sob supervisão. Alguns cuidados são necessários para a realização das práticas, como o uso de equipamento de proteção individual (EPI). Em caso de contato dos reagentes com a pele e olhos, lavar a região com água em abundância. Não inalar os gases provenientes da combustão da lã de aço.

Parte A – Reação entre o bicarbonato de sódio e o vinagre

Para o sistema aberto, a massa inicial será sempre maior que a final, pois há liberação de gás carbônico para a vizinhança. Para o sistema fechado, as massas inicial e final serão as mesmas, pois não há troca com a vizinhança.

Reflexão

1. Houve efervescência, mostrando que um gás foi produzido.
2. No sistema aberto, a massa depois da reação foi menor que a massa antes da reação. Isso ocorre porque, em um sistema aberto, o gás produzido é liberado para o ambiente; por isso, a massa foi menor após a reação. No sistema fechado, as massas antes e depois da reação foram as mesmas porque não há perda nem incorporação de gases ao sistema.
3. A partir dos dados, há constatação da conservação da massa só no sistema fechado.

Parte B – Reação entre hidróxido de sódio e cloreto de cálcio

É importante alertar os estudantes para não utilizarem o mesmo bastão ou a mesma colher para preparar as diferentes soluções, senão a reação ocorrerá antes da pesagem. Neste experimento, as massas dos sistemas inicial e final serão as mesmas, pois não há formação de gás.

Reflexão

1. A formação de um sólido branco, pouco solúvel.
2. As massas antes e depois da reação foram as mesmas.
Comentário: Quanto à expectativa do resultado, podem surgir várias respostas, entre as quais:
 - 1) Esperava, pois não formou gás;
 - 2) Não esperava, pois, o sistema não estava fechado;
 - 3) Achava que iria aumentar, pois o sólido que se formou teve um aspecto mais denso.O objetivo aqui é levantar as expectativas dos estudantes para que sejam discutidas as ideias que eles tenham sobre o assunto que possam comprometer a compreensão da explicação científica.
3. Sim, pois, mesmo em sistema aberto, a massa se conservou.
4. Porque neste último caso não houve formação de gás.

O objetivo aqui é levantar as expectativas dos estudantes para que sejam discutidas ideias que eles tenham sobre o assunto que possam comprometer a compreensão da explicação científica. Entre os experimentos, esse é o que gera maior surpresa e maior dificuldade de interpretação por parte dos estudantes.

3. A partir dos dados, não, pois a massa aumentou. Mas, analisando a reação, que foi feita em sistema aberto, consegue-se explicar. Nesse caso, a lã de aço reagiu com o gás oxigênio do ar atmosférico, cuja massa não foi determinada no sistema inicial. Como o produto formado é sólido e tem a massa da lã de aço somada à do gás oxigênio que reagiu com ela, ele pode ser pesado no sistema final. O aumento de massa observado corresponde à massa de oxigênio que reagiu.

Resolução e comentários da seção Exercícios

■ Exercícios p. 28

1. É um tipo de transformação em que materiais ou substâncias não existentes inicialmente no sistema são produzidos.
2. Quando falamos em reação química, estamos nos referindo ao fenômeno da transformação em si. A equação química, por sua vez, é uma forma de representação desse fenômeno.
3.
 - a) Porque os produtos formados apresentam propriedades diferentes das substâncias do sistema inicial. Nesse caso, a ferrugem tem coloração e textura bem diferentes do metal-base. Se fôssemos testar propriedades físicas, como condutividade elétrica e tenacidade, veríamos que também sofreram alteração.
 - b) Porque no litoral o ambiente é mais úmido e, portanto, com maior concentração de partículas de água.
4.
 - a) Correta, pois o balanceamento da equação garante a representação da lei de conservação das massas.
 - b) Correta, pois essa é a lei de conservação das massas.
 - c) Correta, pois o N_2 é uma substância simples e o H_2O é uma substância composta.
 - d) Correta. Nos reagentes as substâncias estão em solução aquosa. Nos produtos há um gás (desprendido da solução na forma de bolhas ao ser formado) e água em estado líquido.

■ Parte C – Queima de lã de aço

Comentários: Antes de colocar a lã de aço no bêquer, puxe-a, abrindo-a bem, para que o ar circule melhor entre os fios. A massa do sistema final será maior que a massa do sistema inicial, pois no sistema aberto a massa do oxigênio gasoso não foi determinada.

Reflexão

1. Luz, desprendimento das fagulhas e o aspecto fosco e quebradiço do sólido que se formou. Ao tentar acender novamente a lã de aço, esse novo produto não se queima.
2. A massa do sistema depois da queima é maior que a massa do sistema antes da queima.
Comentário: Quanto à expectativa do resultado, podem surgir várias respostas, entre as quais:
 - 1) Não esperava, pois numa queima sempre achei que a massa diminuísse;
 - 2) Não esperava, pois achei que seria igual, uma vez que foi só a lã de aço que queimou;
 - 3) Esperava, pois não houve aumento de massa nos experimentos realizados.

Atividade complementar

Quantas cascas tem o ovo?

Investigação

Nesta atividade os estudantes poderão observar a reação entre o carbonato de cálcio presente na casca do ovo e o vinagre. O processo demorará alguns dias. Portanto, é uma atividade para ser feita em casa e que retomará as discussões sobre densidade, evidências de reação químicas e conservação das massas.

Material

Ovo cru, vinagre branco, copo.

O que fazer

1. Reproduza no caderno o quadro a seguir.

Momento inicial (ovo adicionado ao vinagre)	Descrição do sistema	Desenho do sistema
5 minutos		
1º dia		
2º dia		
3º dia		
4º dia		
5º dia		

Registro das observações do sistema ovo + vinagre durante cinco dias.

2. Descreva o aspecto inicial do ovo e do vinagre separados.
3. Com cuidado, coloque o ovo no copo. Adicione vinagre ao copo até que o ovo esteja coberto.
4. Observe e anote na linha “Momento inicial” o aspecto do sistema.
5. Aguarde cinco minutos e anote novamente o aspecto do sistema.
6. Deixe o copo com o ovo em local seco e ventilado. Observe o sistema por cinco dias, preferencialmente no mesmo horário todos os dias.
7. Registre diariamente no quadro as observações realizadas. Você pode fazer desenhos e/ou registrar em fotos todo o processo.

Reflexão

1. Ao adicionar vinagre ao copo, você observou que o ovo permaneceu no fundo do recipiente. Por que isso ocorreu? Se você adicionasse o vinagre antes do ovo o resultado obtido seria diferente?
2. Depois de cinco minutos que o ovo estava imerso no vinagre, qual foi a evidência observada de que alguma transformação estava ocorrendo no sistema? Podemos afirmar que ocorreu uma transformação química apenas por esta observação?
3. Vamos considerar que a casca do ovo é composta apenas por carbonato de cálcio (CaCO_3) e que ele reage de maneira semelhante ao bicarbonato de sódio na presença de ácidos. Assim, qual foi o gás liberado na interação da casca do ovo com o vinagre? Podemos afirmar agora que houve uma transformação química?

- Proponha uma equação química balanceada que descreva o fenômeno que você observou.
- Passadas algumas horas, ou dias, o ovo flutuou. Como você pode explicar este fenômeno?
- Passados mais alguns dias, o ovo deixou de flutuar. Se você adicionasse mais vinagre ao copo, ele voltaria a flutuar? Explique.
- Você deve ter notado que o ovo aumentou de volume ao longo do processo e ficou apenas com uma película flexível. O que pode ter ocorrido?
- Se você tivesse medido as massas do sistema inicial e comparasse às massas do sistema final, encontraria valores iguais, maiores ou menores? Justifique.

Resolução e comentários da Atividade complementar

Dependendo do ovo utilizado pelo estudante, os tempos de observação poderão variar. Assim, as respostas a seguir correspondem a valores médios. A etapa de escrita da equação química provavelmente será a mais difícil, mas esperamos que os estudantes consigam representá-la pelo menos em partes.

	DESCRIÇÃO DO SISTEMA	DESENHO DO SISTEMA
Momento inicial (ovo adicionado ao vinagre)	São observadas pequenas bolhas na superfície do ovo. O ovo permanece no fundo do copo.	
5 minutos	São observadas bolhas maiores e em maior quantidade na superfície do ovo. O ovo permanece no fundo do copo.	
1º dia	São observadas muitas bolhas na superfície do ovo e ele flutua.	
2º dia	São observadas muitas bolhas na superfície do ovo e ele flutua. Após chegar à superfície ele desce, mas sobe novamente.	
3º dia	São observadas muitas bolhas na superfície do ovo e ele flutua. Após chegar à superfície ele desce, mas sobe novamente. A casca aparenta estar menos rígida.	
4º dia	São observadas menos bolhas na superfície do ovo e ele não fica mais na superfície. Praticamente não há mais casca.	
5º dia	Não são observadas bolhas e o ovo não flutua. Não há casca dura, apenas uma película.	

Resultados das observações do sistema ovo + vinagre durante cinco dias.

Ilustrações: R2 Editorial/Arquivo da editora

Reflexão

1. O ovo permanece no fundo do copo porque é mais denso do que o vinagre. Assim, independentemente da ordem de adição, o ovo permanecerá no fundo.
2. Após alguns minutos, são observadas bolhas na superfície da casca do ovo. Apenas a observação de bolhas não indica a ocorrência de reações químicas se o sistema contiver gases dissolvidos, por exemplo. No caso do experimento, as bolhas são evidências da ocorrência de uma transformação química.
3. O carbonato de cálcio reage na presença de ácidos com a formação de gás carbônico. Assim, podemos afirmar que houve a ocorrência de uma reação química.
4. $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}(\text{aq})$
5. As bolhas de gás carbônico formadas na reação, aderidas à superfície do ovo, compõem o conjunto ovo + bolhas de gás, que é menos denso do que a porção líquida e, portanto, o ovo flutua. A variação da densidade ocorre porque há aumento do volume do sistema, mas praticamente não há variação da massa total.
6. O ovo permanece no fundo após todo o carbonato de cálcio da casca ter reagido com o vinagre. Assim, não ocorrerá a formação de CO_2 se mais vinagre for adicionado.
7. A saída da casca dura expôs uma película que envolve a clara e a gema do ovo. Esta película é semipermeável e, pelo processo de osmose, ocorre a entrada de água no ovo.
8. A massa do sistema inicial é maior do que a massa do sistema final porque um dos produtos da reação é um gás e o sistema estava aberto. Portanto, o gás produzido foi disperso para o ambiente.

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Leitura

CARVALHO, R. S. Lavoisier e a sistematização da nomenclatura química. *Scientiae Studia*. São Paulo: SciELO, v. 10, n. 4, p. 759-771, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-31662012000400007&script=sci_abstract&tlang=pt. Acesso em: 26 ago. 2020.

Neste artigo a autora relata como Lavoisier sistematizou a nomenclatura química e seu importante papel para o estabelecimento da Química moderna.

LOPES, A. C. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. *Química Nova na Escola*, n. 2, 1995. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc02/conceito.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2020.

O artigo aborda as reações químicas – os fenômenos e suas representações, as equações químicas.

MOREIRA, N. S. Lavoisier, da alquimia à química moderna: Teatro para a popularização científica e a educação em ciência. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/4329>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Nesta dissertação, o autor faz uma articulação entre o ensino de Química e a arte para contar a história de Lavoisier por meio de uma peça de teatro.

NERY, A. L. P.; MARCHIORI, L. R.; FERNANDEZ, C. Reações envolvendo íons em solução aquosa: uma abordagem problematizadora para previsão e equacionamento de alguns tipos de equações inorgânicas. *Química Nova na Escola*, n. 23, maio 2006. p. 14-8. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc23/a04.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Neste artigo, descreve-se uma atividade para o desenvolvimento do tema “reações químicas em soluções aquosas” por meio da resolução de um desafio apresentado aos alunos.

Página de internet

- **American Association of Chemistry Teachers (AACT)**

Disponível em: <https://teachchemistry.org/periodical/simulations>

Nesta página estão disponíveis simulações e outros recursos para o ensino de química.

Acesso em: 26 ago. 2020

Vídeos

- **CCEAD-PUC-Rio. Aí tem química, Reações Químicas, Símbolos e códigos da linguagem química**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=L0IIwmUvyTw>

Este vídeo é um dos episódios do programa Aí tem Química!, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio são apresentados diversos conceitos relacionados às reações químicas.

- **Pontociência – Massa na reação química – Parte 1**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6u5B9PTSSjk>

Primeiro de uma série de vídeos para se abordar o tópico da conservação de massa nas reações químicas em sala de aula. Neste vídeo discute-se sobre a massa na queima do papel.

- **Pontociência – Massa na reação química – Parte 2**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YmUU44-cp9Y>

Neste vídeo discute-se sobre a massa na queima do papel e pergunta-se o que ocorrerá na queima da palha de aço.

- **Pontociência – Massa na reação química – Parte 3**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Vd28rx90zIQ>

Neste vídeo a queima da palha de aço é exibida e pergunta-se sobre o que ocorre na reação de um comprimido efervescente em água, em um sistema fechado.

- **Pontociência – Massa na reação química – Parte 4**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=MXtwtecdQus>

Neste vídeo discute-se sobre a reação de comprimidos efervescentes em água.

Acesso em: 26 ago. 2020

Evitando desperdício nas reações: Química Verde p. 29

Competências gerais: 1, 2, 4, 7 e 9

Competências específicas: 1 e 3

Habilidades: EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT106 e EM13CNT307

Objetivos do capítulo

Neste capítulo serão trabalhadas as leis ponderais da Química. Nosso objetivo é que os estudantes possam compreender as relações de proporção que há entre reagentes e produtos nas transformações químicas. Estão propostas atividades para que as relações matemáticas sejam exploradas para favorecer o entendimento da grandeza quantidade de matéria e como ela pode ser utilizada para prever as quantidades de produtos formados na reação. Discutiremos, ainda, os princípios da Química Verde para que se possa iniciar a reflexão e tomada de consciência ambiental relativa aos nossos hábitos de consumo e como estes afetam o meio ambiente.

Orientações didáticas

Iniciamos o capítulo com a **Atividade 1 – Ciclo de vida das embalagens** (página 30) para relacionar os princípios do *ecodesign* e as novas propostas de embalagens que consideram as possibilidades de minimização dos impactos ambientais no uso de determinados materiais. Para isso, propõe-se que os estudantes pesquisem desde a produção até o descarte das embalagens que utilizam no cotidiano. Esperamos que durante a atividade os estudantes possam perceber o impacto de nossos hábitos de consumo nos aspectos ambientais e sociais, e como podemos contribuir para a melhora deste cenário a partir da adoção de um consumo consciente.

Nas *Sugestões para o professor* (página 230) indicamos alguns vídeos que apresentam a produção de polímeros plásticos e bens de consumo em que são utilizados, como vestuários. O texto **3.1 – Os princípios da Química Verde** (página 31) apresenta os doze princípios da Química Verde e complementa as discussões realizadas na atividade anterior. O vídeo da Pesquisa Fapesp, “Química Verde”, indicado nas *Sugestões para o professor* pode ser utilizado para que os estudantes vejam na prática como os princípios foram aplicados

em uma pesquisa sobre um tema de importante impacto ambiental: o processamento de produtos da mineração. Temos em nossa história recente dois graves desastres ambientais relacionados à mineração que ocorreram nas cidades de Mariana e Brumadinho, ambas em Minas Gerais. Os componentes Biologia, Sociologia e Geografia podem ser convidados a compor um debate sobre os impactos ambientais e sociais decorrentes destes desastres, abordando, também, como mudanças em nossos hábitos de consumo e produção podem contribuir para alterações significativas em diversos setores e processos industriais.

A produção de resíduos em transformações químicas é uma preocupação importante para que os processos se tornem mais “verdes”, ou seja, sustentáveis. A **Atividade 2 – Qual é a relação entre as quantidades de reagentes que formam os produtos de uma reação química?** (página 32) dá continuidade às relações quantitativas das transformações químicas. Nela os estudantes irão observar os resultados da reação entre o nitrato de chumbo (II) e o iodeto de potássio. Por meio da análise das alturas dos precipitados obtidos nas reações com quantidades diferentes destes reagentes, serão discutidas suas proporções ideais na Parte A. A Parte B da atividade inicia a discussão sobre reagentes em excesso e reagentes limitantes e como isso não altera a proporção ideal entre as espécies.

A escrita das equações químicas já foi incentivada em momentos anteriores. Neste capítulo buscamos direcionar a atenção a todos os aspectos desta representação considerando o significado dos coeficientes molares ou estequiométricos. Para isso, é importante que os estudantes compreendam as relações de proporcionalidade entre as espécies participantes de uma transformação química.

O texto **3.2 – A lei das proporções definidas** (página 35) sistematiza a discussão sobre proporcionalidade nas transformações químicas apresentando a lei das proporções definidas ou lei de Proust. Para complementar a discussão, pode ser utilizada a simulação “*Law of Definite Proportions*” da página JavaLab, indicada na seção *Sugestões para o professor*. Essa simulação representa a reorganização dos átomos de hidrogênio e de oxigênio para a formação da molécula de água obedecendo a lei de Proust. A representação para os átomos utiliza o modelo de Dalton, que pode ser retomado brevemente como um modelo que apresenta limitações, mas que pode ser acessado em situações como esta.

O texto **3.3 – Contando átomos, moléculas e íons** (página 36) sistematiza a escrita da equação química nomeando as representações utilizadas e demonstrando como indicamos na equação as proporções entre as espécies participantes. É comum os

estudantes não entenderem a equação como a representação da situação tanto inicial como final de um mesmo sistema em que houve uma transformação química. Você pode retomar os experimentos realizados no capítulo 2 e construir, junto com os estudantes, a escrita das equações químicas para os fenômenos observados, incluindo os coeficientes estequiométricos, os estados físicos das espécies e a ideia de balanceamento.

O balanceamento por tentativas pode parecer uma operação trivial, mas muitos estudantes têm dificuldades em realizá-lo. As simulações dos portais CK-12: “Balancing chemical Equations” e PhET: “Balanceamento de Equações Químicas”, indicadas em *Sugestões para o professor*, podem auxiliar de forma divertida e interativa neste processo. Nestas simulações, por meio de tentativas e observando a representação para os átomos envolvidos, os estudantes poderão realizar o balanceamento de algumas equações químicas. Elas podem ser utilizadas para checagem da compreensão sobre o assunto. Já a simulação do portal PhET: “Reagentes, Produtos e Excesso”, além do balanceamento, discute a presença de reagentes em excesso no sistema. Também pode ser utilizada para avaliar a compreensão dos estudantes a partir de atividades em pequenos grupos ou da projeção para toda a turma.

Antes de iniciar a leitura do texto **3.4 – A quantidade de matéria – mol** (página 37), que apresenta a grandeza quantidade de matéria e a unidade mol, pode ser exibido para a turma o vídeo “Quanto vale um mol?”, do Pontociência. Neste vídeo são medidas as massas correspondentes a 1 mol de substâncias diferentes. Os estudantes podem ser questionados sobre o que há em comum nestas quantidades exibidas. Respostas relacionadas aos estados físicos, à presença de átomos e às cores são comuns. Dificilmente os estudantes relacionarão a quantidade de partículas em cada frasco representado. Com esta questão em mente, pode ser iniciada a leitura do texto 3.4 em conjunto com os estudantes, realizando pausas para esclarecimento de dúvidas. O texto apresenta, ainda, o valor da constante de Avogadro, relacionado ao mol. Pode ser difícil para os estudantes relacionar a visão macroscópica da matéria à grande quantidade de partículas presentes em 1 mol de determinadas substâncias, bem como desenvolver cálculos com valores de ordens de grandeza elevadas. A realização da **Atividade 3 – Contando moléculas** (página 39) pode ter a contribuição do componente Matemática para auxiliar na realização dos cálculos propostos, na manipulação e compreensão dos valores encontrados e nas representações por meio da notação científica.

A **Atividade 4 – Relacionando quantidade de matéria e massa dos materiais** (página 40) apresenta o conceito de massa molar (Parte A) e retoma as discussões sobre a Química Verde (Parte B), propondo, por meio de cálculos, a avaliação de processos mais adequados para produção de materiais que consideram a quantidade de resíduo gerado e a economia de átomos ao longo do processo. É interessante que a atividade seja realizada em pequenos grupos e que você acompanhe para auxiliar os estudantes e avaliar a compreensão sobre o assunto. Nos **Exercícios** (página 41) os estudantes poderão realizar cálculos relacionados aos conceitos discutidos sobre o mol e a massa molar.

O texto **3.5 – Volume molar dos gases** (página 42) conceitua a lei de Avogadro para o volume de 1 mol de qualquer gás. É comum os estudantes apresentarem dificuldades para imaginar a dimensão do volume molar de 22,7 L, estabelecido nas CPTP. Para auxiliar nesta visualização, podem ser utilizados dois vídeos do canal Pontociência: “Mol de Gás” e “Volume molar”, indicados em *Sugestões para o professor*. O primeiro vídeo apresenta a reação entre o bicarbonato de sódio e um ácido que apresenta como um dos produtos o dióxido de carbono. O gás é recolhido em uma garrafa de 20 L. Já o segundo vídeo utiliza da montagem de um cubo cujo volume corresponde ao volume molar. Você pode apresentar os vídeos após a leitura e discussão do texto 3.5, realizando pausas e solicitando aos estudantes que façam previsões sobre os aspectos apresentados na exibição para avaliar a compreensão do significado do volume molar.

Sugerimos aproveitar o tema da seção **Dialogando com as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas** (página 43) para construir uma ou mais aulas em conjunto com o professor responsável pelo componente curricular Geografia ou Sociologia. Por um lado, com base nas habilidades EM13CHS301 e EM13CHS302, pode-se discutir de que modo diferentes grupos sociais — incluindo a comunidade escolar e a família dos estudantes — estão sensíveis ao tema do desenvolvimento sustentável e colocam em prática, no dia a dia, ações com esse objetivo. Temas como o consumo consciente, o descarte de resíduos e a coleta seletiva podem ser abordados em sala de aula no sentido de implementar soluções concretas. Por outro lado, com base no que propõem as habilidades EM13CHS304 e EM13CHS305, pode-se verificar em que medida os consensos ambientais estabelecidos pelos organismos internacionais nas últimas décadas estão sendo implementados em nível local, regional e nacional, e de que modo os cidadãos podem cobrar por soluções concretas dos problemas socioambientais existentes em seus territórios.

Reunindo os conceitos até agora trabalhados, temos a **Atividade 5 – Relacionando quantidades em uma reação química** (página 44). Nela os estudantes iniciarão as discussões sobre a estequiometria das reações químicas. A Atividade 2 é retomada para, agora, serem feitas as previsões teóricas para as quantidades de produtos obtidos na reação a partir de quantidades determinadas de reagentes. Esta é uma etapa em que os estudantes costumam apresentar bastante dificuldade e, portanto, sugerimos que a atividade seja feita em pequenos grupos.

O texto **3.6 – Ecodesign** (página 45) retoma as discussões sobre sustentabilidade indicando como esta área contribui para o desenvolvimento de produtos que, por suas características, geram menos impactos ambientais. Esta pode ser uma oportunidade interessante para acessar com os estudantes as páginas que indicamos sobre educação ambiental em *Sugestões para o professor*. Este texto abre a discussão para a **Atividade 6 - Economizando materiais e energia** (página 47). Esta atividade é a proposta de um projeto sobre o ciclo de vida dos produtos. Para sensibilizar a turma sobre a importância de pensarmos sobre o ciclo de vida dos produtos e nossos hábitos de consumo, pode ser exibido o documentário “Lixo extraordinário”, indicado em *Sugestões para o professor*. Nele o artista plástico Vik Muniz acompanhou catadores de materiais recicláveis que trabalhavam em um aterro no Rio de Janeiro. No documentário, além das relações humanas, são exibidos objetos e produtos que foram descartados, mas que ainda estavam em condições de uso, como livros, que eram recolhidos pelos catadores e compunham uma pequena biblioteca. A discussão sobre o processo de produção e o uso que fazemos dos produtos faz parte do processo de construção da consciência ambiental, que abre e fecha este capítulo.

Resolução e comentários das Atividades de investigação

► Atividade 1

Ciclo de vida das embalagens p.30

Nesta atividade os estudantes poderão conhecer um pouco mais sobre os tipos de embalagens que encontramos no dia a dia. As respostas às questões serão formuladas de acordo com o material utilizado na embalagem escolhida por cada grupo de trabalho. Embalagens que reúnem materiais como plásticos, vidro, metais e papel, provavelmente devem ser as mais selecionadas.

Durante a atividade, os estudantes deverão indicar a constituição, as propriedades e as transformações relacionadas ao desenvolvimento dos materiais utilizados nas embalagens. Muitos processos não serão de conhecimento deles, mas você pode auxiliá-los nesta etapa. É

interessante que eles conheçam alguns dos processos industriais que não temos contato no dia a dia para compreender os danos ambientais associados e o alto valor agregado a certos materiais.

Com esta atividade esperamos que os estudantes percebam o impacto ambiental, social e econômico, relacionado à produção e descarte das embalagens. E, a partir desta reflexão, compreendam o papel fundamental da reciclagem para minimização destes danos, assim como o desenvolvimento de novos materiais que sejam menos nocivos ao meio ambiente, desde a produção até o descarte. É interessante oportunizar um momento para que os grupos debatam e socializem suas impressões, suas conclusões, seus resultados de pesquisa e suas propostas. Os itens da etapa **Reflexão** podem servir para ensejar a discussão.

► Atividade 2

Qual é a relação entre as quantidades de reagentes que formam os produtos de uma reação química? p.32

Nesta atividade os estudantes avaliarão a relação de proporcionalidade que há entre os reagentes e produtos de uma transformação química.

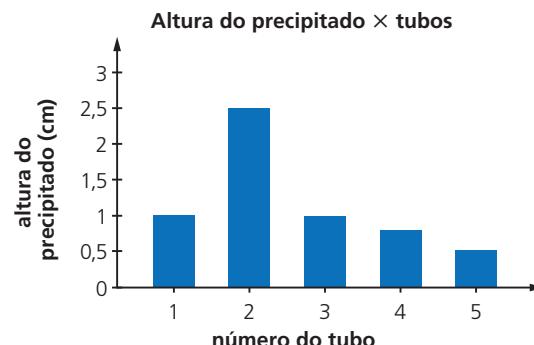
■ Parte A – Estabelecendo a relação ideal entre as quantidades de nitrato de chumbo (II) e de iodeto de potássio para a formação de iodeto de chumbo (II)

A seguir, você encontra comentários sobre itens de **O que fazer**.

2. A relação de proporção iodeto/nitrato para cada tubo é:

- tubo 1: 5/1;
- tubo 2: 2/1;
- tubo 3: 1/1;
- tubo 4: 1/2;
- tubo 5: 1/5.

3.



Alturas dos precipitados de PbI_2 para os tubos analisados na Atividade 2.

Reflexão

1. A relação 2/1, que corresponde ao tubo 2.
2. a) Tubo 1. Se a relação ideal é de 2 partes de iodeto para 1 de nitrato (2/1); colocando 5 partes de iodeto haverá excesso.
b) Tubos 3, 4 e 5. Se a relação ideal é 2/1, necessita-se sempre da metade da quantidade de nitrato em relação à de iodeto. Colocando-se a mesma quantidade dos dois reagentes (como ocorre no tubo 3) ou maior quantidade de nitrato, haverá nitrato de potássio em excesso.

Reflexão

1. a) $1 \cdot 10^{10}$ moléculas/metro
b) $1 \cdot 10^{13}$ moléculas/quilômetro
c) Como para cada km temos $1 \cdot 10^{13}$ moléculas, em 40 000 km teremos $4 \cdot 10^{17}$ moléculas. Isso significa que $4 \cdot 10^{17}$ moléculas alinhadas dariam uma volta na Terra pela linha do Equador. Portanto, $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas equivalem a 1 505 000 voltas.

■ Parte B – Verificando a existência de excesso de reagentes

Questões preliminares

1. O nitrato de chumbo.
2. O iodeto de potássio.
3. Não.
4. Se nenhuma reação ocorrer com o sobrenadante, significa que é a proporção ideal, ou seja, nem nitrato nem iodeto estão em excesso.

► Atividade 3

Contando moléculas [p. 39](#)

Nesta atividade os estudantes realizarão alguns cálculos para ajudá-los a compreender as dimensões de valores da ordem de grandeza da constante de Avogadro. Veja a seguir os comentários, item a item, de **O que fazer**.

1. a) Em uma hora temos 3 600 segundos, assim:
 $1 \text{ molécula} - 1 \text{ segundo}$
 $x - 3\,600 \text{ segundos}$
 $x = 3\,600 \text{ moléculas}$
Logo, seriam contadas 3 600 moléculas/hora.
- b) Em uma hora seriam contadas 3 600 moléculas, então em um dia, teríamos:
 $3\,600 \text{ moléculas} - 1 \text{ hora}$
 $x - 24 \text{ horas}$
 $x = 86\,400 \text{ moléculas}$
Logo, seriam contadas 86 400 moléculas/dia.
- c) Considerando que em um dia seriam contadas 86 400 moléculas, em um ano de 365 dias, seriam contadas:
 $86\,400 \text{ moléculas} - 1 \text{ dia}$
 $x - 365 \text{ dias}$
 $x = 31\,536\,000 \text{ moléculas}$
Logo, seriam contadas 31 536 000 moléculas/ano.
- d) Para contar as $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas de água, são necessários:
 $1 \text{ ano} - 31\,536\,000 \text{ moléculas}$
 $x - 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$
 $x = 1,9 \cdot 10^{16} \text{ anos.}$

► Atividade 4

Relacionando quantidade de matéria e massa dos materiais [p. 40](#)

Nesta atividade serão relacionados os conceitos de mol e massa molar. A partir destas relações será discutido como podemos determinar a quantidade de matéria em qualquer valor de massa de uma substância. A partir dos conceitos trabalhados, será discutida a geração de resíduos e a economia de átomos em processos químicos.

■ Parte A – Como calcular a massa molar das substâncias

2. A massa molar (MM) da água será dada por:
$$\text{MM H}_2\text{O} = (2 \cdot 1,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 16,0 \text{ g/mol}) = 18,0 \text{ g/mol}$$

Ou seja, 1 mol de moléculas de água tem a massa de 18,0 g.

■ Parte B – Massa molar e quantidade de resíduos produzida

Seguem comentários sobre cada item de **O que fazer** da página 40.

1. $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{K}_2\text{S}(\text{aq}) \rightarrow \text{FeS}(\text{s}) + 2 \text{KNO}_3(\text{aq})$
2. Para calcular as massas molares (MM), faremos:
$$\text{MM Fe}(\text{NO}_3)_2 = (1 \cdot 56,0 \text{ g/mol}) + (2 \cdot 14,0 \text{ g/mol}) + (6 \cdot 16 \text{ g/mol}) = 180 \text{ g/mol}$$

$$\text{MM K}_2\text{S} = (2 \cdot 39,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 32,0 \text{ g/mol}) = 110 \text{ g/mol}$$

$$\text{MM FeS} = (1 \cdot 56,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 32,0 \text{ g/mol}) = 88 \text{ g/mol}$$

$$\text{MM KNO}_3 = (1 \cdot 39,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 14,0 \text{ g/mol}) + (3 \cdot 16 \text{ g/mol}) = 101 \text{ g/mol}$$
3. Para calcular as massas de todas as substâncias faremos: coeficiente molar · massa molar.
De acordo com a equação, temos:
$$1 \text{ Fe}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 1 \text{ K}_2\text{S}(\text{aq}) \rightarrow 1 \text{ FeS}(\text{s}) + 2 \text{ KNO}_3(\text{aq})$$

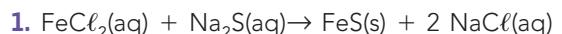
$$\text{m Fe}(\text{NO}_3)_2 = 1 \text{ mol} \cdot 180 \text{ g/mol} = 180 \text{ g}$$

$$\text{m K}_2\text{S} = 1 \text{ mol} \cdot 110 \text{ g/mol} = 110 \text{ g}$$

$$\text{m FeS} = 1 \text{ mol} \cdot 88 \text{ g/mol} = 88 \text{ g}$$

$$\text{m KNO}_3 = 2 \text{ mols} \cdot 101 \text{ g/mol} = 202 \text{ g}$$

Seguem comentários sobre cada item de **O que fazer** da página 41.



$$\begin{aligned} \text{MM FeCl}_2 &= (1 \cdot 56,0 \text{ g/mol}) + (2 \cdot 35,5 \text{ g/mol}) = \\ &= 127 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

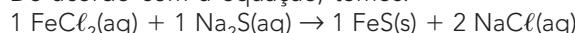
$$\begin{aligned} \text{MM Na}_2\text{S} &= (2 \cdot 23,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 32,0 \text{ g/mol}) = \\ &= 78 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MM FeS} &= (1 \cdot 56,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 32,0 \text{ g/mol}) = \\ &= 88 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MM NaCl} &= (1 \cdot 23,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 35,5 \text{ g/mol}) = \\ &= 58,5 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Para calcular as massas de todas as substâncias faremos: coeficiente molar · massa molar.

De acordo com a equação, temos:



$$\text{m FeCl}_2: 1 \text{ mol} \cdot 127 \text{ g/mol} = 127 \text{ g}$$

$$\text{m Na}_2\text{S}: 1 \text{ mol} \cdot 78 \text{ g/mol} = 78 \text{ g}$$

$$\text{m FeS}: 1 \text{ mol} \cdot 88 \text{ g/mol} = 88 \text{ g}$$

$$\text{m NaCl}: 2 \text{ mols} \cdot 58,5 \text{ g/mol} = 117 \text{ g}$$

- 2.** Para a produção de 1 mol de FeS a partir de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, são produzidos 202 g de resíduos (KNO_3). A partir do FeCl_2 , são produzidos 117 g de resíduos (NaCl).

3. Economia de átomos = massa do produto / massas dos reagentes

a) Para o uso do $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, a economia de átomos (EA) será determinada por:

$$\text{EA} = \text{m FeS} / (\text{m Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{m K}_2\text{S})$$

$$\text{EA} = 88 \text{ g} / (180 \text{ g} + 110 \text{ g}) = 0,30$$

b) Para o uso do FeCl_2 :

$$\text{EA} = \text{m FeS} / (\text{m FeCl}_2 + \text{m Na}_2\text{S})$$

$$\text{EA} = 88 \text{ g} / (127 \text{ g} + 78 \text{ g}) = 0,43$$

Reflexão

1. O processo a partir do uso dos reagentes FeCl_2 e Na_2S , pois há menor produção de resíduos e maior economia de átomos.

2. a) $\text{Fe}(\text{s}) + \text{S}(\text{s}) \rightarrow \text{FeS}(\text{s})$

b) Dadas as massas molares das espécies envolvidas e as massas que reagiram, teremos:

$$\text{EA} = \text{m FeS} / (\text{m Fe} + \text{m S})$$

$$\text{EA} = 88 \text{ g} / (56 \text{ g} + 32 \text{ g}) = 1$$

Atividade 5

Relacionando quantidades em uma reação química p.44

Seguem comentários sobre os itens de **O que fazer**.

- 1.** A seguir, quadro solicitado no item.

SUBSTÂNCIA	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3
Quantidade de matéria (em mol)	1	2	1	2
Massas molares (em g/mol)	331,2	166,0	461,0	101,1

Dados para a quantidade de matéria (em mol) e a massa molar (em g/mol) de cada substância envolvida na equação que representa a reação entre o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e o KI.

As massas molares (MM) serão dadas por:

$$\text{MM Pb}(\text{NO}_3)_2: (1 \cdot 207,2 \text{ g/mol}) + (2 \cdot 14,0 \text{ g/mol}) + (6 \cdot 16,0 \text{ g/mol}) = 331,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{MM KI: } (1 \cdot 39,1 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 126,9 \text{ g/mol}) = 166,0 \text{ g/mol}$$

$$\text{MM PbI}_2: (1 \cdot 207,2 \text{ g/mol}) + (2 \cdot 126,9 \text{ g/mol}) = 461,0 \text{ g/mol}$$

$$\text{MM KNO}_3: (1 \cdot 39,1 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 14,0 \text{ g/mol}) + (3 \cdot 16,0 \text{ g/mol}) = 101,1 \text{ g/mol}$$

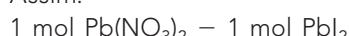
- 2.** A seguir, quadro solicitado no item.

SUBSTÂNCIA	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3
Massas das substâncias envolvidas (em g)	33,12	33,2	46,1	20,22
Quantidade de matéria (em mol)	0,1	0,2	0,1	0,2

Dados para a massa (em g) e a quantidade de matéria (em mol) de cada substância envolvida na equação que representa a reação entre o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e o KI.

Utilizando as massas molares determinadas no item anterior, a proporção em mols para as espécies e a lei de Proust, determinaremos a massa do PbI_2 .

Assim:



$$331,2 \text{ g} - 461,0 \text{ g}$$

$$33,12 \text{ g} - x$$

$$x = 46,1 \text{ g PbI}_2$$

Para a determinação da massa do KNO_3 , podemos utilizar as leis de Lavoisier ou Proust. Temos:

$$1 \text{ mol } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 - 2 \text{ mols } \text{KNO}_3$$

$$331,2 \text{ g} - 2(101,1) \text{ g}$$

$$33,12 \text{ g} - x$$

$$x = 20,22 \text{ g } \text{KNO}_3$$

Dada a equação: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ (aq)} + 2 \text{ KI} \text{ (aq)} \rightarrow \text{PbI}_2 \text{ (s)} + 2 \text{ KNO}_3 \text{ (aq)}$, temos que a proporção em mol para as espécies é, respectivamente, 1 : 2 : 1 : 2. A quantidade em mols para a massa de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ pode ser dada por:

$$1 \text{ mol } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 - 331,2 \text{ g}$$

$$x - 33,12 \text{ g}$$

$$x = 0,1 \text{ mol } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$$

Seguindo a proporção em mol, encontramos os valores para as demais substâncias.

3. A seguir, quadro solicitado no item.

EXPERIMENTO	MASSAS DAS SUBSTÂNCIAS (g)		MASSAS DAS SUBSTÂNCIAS APÓS A REAÇÃO (g)			
	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI
1	X = 165,6	176	230,5	Y = 101,1	0	10
2	92,8	Z = 83	W = 115,25	V = 50,55	10	0

Dados para as massas das substâncias antes e depois da reação genérica representada no enunciado.

De acordo com a equação, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ (aq)} + 2 \text{ KI} \text{ (aq)} \rightarrow \text{PbI}_2 \text{ (s)} + 2 \text{ KNO}_3 \text{ (aq)}$ temos a proporção em mols entre $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e KI. Dadas as massas molares das duas espécies, temos:

$$1 \text{ mol } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 - 2 \text{ mols KI}$$

$$331,2 \text{ g } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 - 2(166) \text{ g KI}$$

$$X - 166 \text{ g KI}$$

$$X = 165,6 \text{ g } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$$

Para calcular o valor de Y usaremos a lei de Lavoisier:

$$m \text{ Pb}(\text{NO}_3)_2 + m \text{ KI} = m \text{ PbI}_2 + m \text{ KNO}_3$$

$$165,6 \text{ g} + (176 - 10) \text{ g} = 230,5 + Y$$

$$Y = 101,1 \text{ g}$$

Para calcular o valor de Z usaremos a lei de Proust:

$$165,6 \text{ g } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 - 166 \text{ g KI}$$

$$82,8 \text{ g } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 - Z$$

$$Z = 83 \text{ g KI}$$

Para calcular o valor de W usaremos a lei de Proust:

$$166 \text{ g KI} - 230,5 \text{ g PbI}_2$$

$$83 \text{ g KI} - W$$

$$W = 115,25 \text{ g PbI}_2$$

Utilizando a lei de Lavoisier, encontraremos V:

$$m \text{ Pb}(\text{NO}_3)_2 + m \text{ KI} = m \text{ PbI}_2 + m \text{ KNO}_3$$

$$(92,8 - 10) \text{ g} + 83 \text{ g} = 115,25 + V$$

$$V = 50,55 \text{ g}$$

4. A massa molar do $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ é 331,2 g/mol, então:

- no experimento 1:

$$331,2 \text{ g} - 1 \text{ mol}$$

$$165,6 \text{ g} - x$$

$$x = 0,5 \text{ mol};$$

- no experimento 2:

$$331,2 \text{ g} - 1 \text{ mol}$$

$$82,8 \text{ g} - x$$

$$x = 0,25 \text{ mol}.$$

5. a)

TESTE	MASSAS DAS SUBSTÂNCIAS ANTES DA REAÇÃO (g)		MASSAS DAS SUBSTÂNCIAS APÓS A REAÇÃO (g)			
	A	B	C	D	A	B
1	X = 37	59	68	18	0	10
2	Y = 121	W = 147	Z = 204	54	10	0

Dados para as massas das substâncias antes e depois da reação genérica representada no enunciado do item 5.

Para calcular o valor de X, usaremos a lei de Lavoisier. No teste 1 vemos que, ao final, restaram 10 g de B sem reagir. Assim, teremos:

$$m\text{ A} + (m\text{ B} - 10) = m\text{ C} + m\text{ D}$$

$$X + 49\text{ g} = 68\text{ g} + 18\text{ g}$$

$$X = 37\text{ g}$$

Usaremos a lei de Proust para encontrar Y. Observe que no experimento 2 restaram 10 g de A, então chamarímos de Y' a massa de A que efetivamente reagiu. Y será então: $Y = Y' + 10$. Consideraremos ainda a massa de D. Assim, temos:

$$37\text{ g A} - 18\text{ g D}$$

$$Y' - 54\text{ g D}$$

$$Y' = 111\text{ g}$$

Sendo $Y = Y' + 10$, então:

$$Y = 121\text{ g}$$

Para calcular W usaremos a lei de Proust e a massa de D. Assim, temos:

$$49\text{ g B} - 18\text{ g D}$$

$$W - 54\text{ g D}$$

$$W = 147\text{ g}$$

Para calcular Z, usaremos a lei de Lavoisier. Assim, temos:

$$m\text{ A} + m\text{ B} = m\text{ C} + m\text{ D}$$

$$111\text{ g} + 147\text{ g} = Z + 54\text{ g}$$

$$Z = 204\text{ g}$$

b) No teste 2: massa total dos reagentes = massa total dos produtos

$$111\text{ g} + 147\text{ g} = 204\text{ g} + 54\text{ g}$$

$$258\text{ g} = 258\text{ g}$$

A massa foi mantida ao longo da reação química, obedecendo à lei de Lavoisier.

Resolução e comentários das Atividades de projeto

Atividade 6

Economizando materiais e energia p. 47

O objetivo desta atividade é trabalhar com a ideia de ciclo de vida de produtos. Essa ideia é fundamentada no desenvolvimento de uma concepção ecológica dos produtos, principalmente por uma área de conhecimento denominada *ecodesign*. O *ecodesign* busca assegurar que a fabricação de um produto envolva o uso sustentável e racional de energia, de água e de matérias-primas. A contribuição do *ecodesign* é propor um sistema de produção de baixo impacto ao meio ambiente,

considerando os aspectos sociais e econômicos envolvidos, concebendo objetos cotidianos de uso durável e tendo um fim assimilável por outros processos da vida. A realização de análises do ciclo de vida dos produtos tem se tornado comum por parte das indústrias e tem por objetivo avaliar de maneira quantitativa os impactos ambientais relacionados a um produto ou serviço desde a sua concepção mercadológica, planejamento, extração e uso de matérias-primas, gasto de energia, transformação industrial, transporte e consumo, até seu destino final.

Nesta atividade será realizada apenas uma análise qualitativa simplificada do ciclo de vida pelos estudantes, uma vez que a metodologia para a análise quantitativa é mais complexa, fugindo dos objetivos principais do trabalho.

Resolução e comentários das seções Articulação de ideias

■ Articulação de ideias p. 32

1. A ordem de prioridade (da melhor para a pior) dos possíveis destinos dos resíduos de um processo seria:

- Prevenção da geração de resíduos
- Minimização da produção de resíduos
- Reúso
- Reciclagem
- Queima do resíduo (caso seja combustível) para geração de energia
- Tratar para descarte

Comentário: Das escolhas possíveis, a melhor é a prevenção, pois se não são gerados resíduos, não é necessário tratá-los ou dar uma outra destinação a eles. Quando isso não é possível, a segunda melhor opção é tentar minimizar essa produção. Reutilizar é preferível a se reciclar o material, pois não há gasto de energia significativo na reutilização. Quando a reciclagem de um material combustível não é economicamente viável, ainda é melhor queimá-lo do que descartar o material, pois a queima pode gerar energia. A última opção é descartar o material, desde que ele seja tratado para não contaminar o ambiente.

■ Articulação de ideias p. 36

1. Lei de Lavoisier: Em uma reação química feita em recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. A lei ficou popularmente conhecida como "na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma".

Lei de Proust: a proporção em massa das substâncias que reagem e que são produzidas numa reação química é fixa, constante e invariável.

2. a) $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{CaO}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s})$

b) De acordo com a lei de Lavoisier, a massa total de produtos deve ser igual à massa inicial de reagentes.

Assim, temos:

$$m \text{ CO}_2 + m \text{ CaO} = m \text{ CaCO}_3$$

$$m \text{ CO}_2 + 56 \text{ g} = 100 \text{ g}$$

$$m \text{ CO}_2 = 44 \text{ g}$$

Então, a massa de dióxido de carbono produzida pela respiração e pelos processos de combustão é igual a 44 g.

3. Não. Durante a dissolução é liberado dióxido de carbono na forma de gás, que se dissipa no ambiente. A massa de gás produzida não é, portanto, medida por uma balança ao final do experimento e a massa final do sistema é menor. Assim, há a conservação das massas, mas não foi verificado porque o sistema estava aberto.

Resolução e comentários das seções Exercícios

■ Exercícios p. 35

1. A formação do sólido amarelo.

2. **Comentário:** É interessante que, ao discutir esta questão, os estudantes sejam levados a concluir, a partir dos resultados a seguir, qual reagente está em excesso. Você pode sugerir que eles preencham uma coluna a mais no quadro produzido no caderno e indiquem a conclusão sobre o reagente em excesso: tubo 1 = iodeto; tubo 2 = não há excesso; tubos 3, 4 e 5 = nitrito.

3. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{ KI} \rightarrow \text{PbI}_2 + 2 \text{ KNO}_3$ ou, se os estudantes não utilizaram a proporção ideal encontrada no experimento para balancear essa equação, ela ficará: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI} \rightarrow \text{PbI}_2 + \text{KNO}_3$.

Comentário: Se necessário, ajude os estudantes com as fórmulas das substâncias envolvidas. Não se pretende, nesse momento, que eles, necessariamente, saibam escrever essas fórmulas.

4. Sim. E deve ser, pois numa reação química há conservação de massa e, portanto, conservação dos átomos.

5. **Comentário:** Muitos estudantes não utilizam a relação encontrada no experimento para responder à questão

3. Nesta questão deve-se chamar a atenção para a conservação de massa e o correto balanceamento da equação. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{ KI} \rightarrow \text{PbI}_2 + 2 \text{ KNO}_3$

- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ (aq)} + 2 \text{ KI} \text{ (aq)} \rightarrow \text{PbI}_2 \text{ (s)} + 2 \text{ KNO}_3 \text{ (aq)}$
- Os números que antecedem as fórmulas químicas, denominados coeficientes de balanceamento da equação ou coeficientes estequiométricos.
- a) 2 iodeto de potássio para cada 1 nitrato de chumbo (II).
- b) Sim, encontraria sempre uma proporção ideal entre as quantidades dos reagentes para formar os produtos; porém, ela poderia ser diferente da relação ideal encontrada entre iodeto de potássio e nitrato de chumbo (II).

■ Exercícios p. 41

1.

SUBSTÂNCIA	FÓRMULA MOLECULAR	MASSA MOLAR
Cloreto de bário	BaCl_2	208,33 g/mol
Iodeto de potássio	KI	166 g/mol
Sulfato de alumínio	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	342,15 g/mol
Nitrato de chumbo II	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	331,2 g/mol
Hidróxido de alumínio	$\text{Al}(\text{OH})_3$	78 g/mol
Sulfato de cobre II	CuSO_4	159,6 g/mol
Nitrato de potássio	KNO_3	101,10 g/mol
Fosfato de bário	$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$	601,99 g/mol

Fórmulas moleculares e massas molares para as substâncias do exercício 1.

2. a) nitrato de potássio

$$1 \text{ mol } \text{KNO}_3 - 101,1 \text{ g} \\ x - 50 \text{ g} \\ x = 0,49 \text{ mol de } \text{KNO}_3$$

- b) brometo de sódio

$$1 \text{ mol } \text{NaBr} - 102,9 \text{ g} \\ x - 50 \text{ g} \\ x = 0,49 \text{ mol}$$

- c) gás oxigênio

$$1 \text{ mol } \text{O}_2 - 32 \text{ g} \\ x - 50 \text{ g} \\ x = 1,56 \text{ mol}$$

- d) sódio metálico

$$1 \text{ mol } \text{Na} - 23 \text{ g} \\ x - 50 \text{ g} \\ x = 2,17 \text{ mol}$$

3.

REAGENTES		PRODUTOS		
CaCO_3	HCl	Gás (CO_2)	CaCl_2	H_2O

Reagentes e produtos para a reação entre CaCO_3 e HCl . Exercício 3.

- Dióxido de carbono (CO_2)
- $\text{CaCO}_3 \text{ (aq)} + 2 \text{ HCl} \text{ (aq)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{ (g)} + \text{CaCl}_2 \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O} \text{ (l)}$
- De acordo com equação, temos que a reação de 1 mol de CaCO_3 forma 1 mol de CO_2 (44 g), assim:

$$1 \text{ mol } \text{CaCO}_3 - 1 \text{ mol } \text{CO}_2 \\ 1 \text{ mol } \text{CaCO}_3 - 44 \text{ g} \\ 0,1 \text{ mol } \text{CaCO}_3 - x \\ x = 4,4 \text{ g de } \text{CO}_2$$

- De acordo com equação, temos que a reação de 2 mol de HCl forma 1 mol de H_2O (18 g), assim:
- $2 \text{ mol } \text{HCl} - 1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{ mol } \text{HCl} - 18 \text{ g}$
- $x - 9 \text{ g}$
- $x = 1 \text{ mol de HCl}$

- Sabendo que 1 mol de CO é igual a 28 g, temos:
- $1 \text{ mol } \text{CO} - 28 \text{ g}$
- $x - 1500 \text{ g}$
- $x \approx 53,57 \text{ mol CO}$

5.

NÚMERO DE ÁTOMOS DE HIDROGÊNIO	2 mol $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 2 \cdot 3 \text{ mol H}$ 1 mol H – $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos H 6 mol H – x $x = 3,612 \cdot 10^{24}$ átomos H
NÚMERO DE ÁTOMOS DE FÓSFORO	2 mol $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 2 \cdot 1 \text{ mol P}$ 1 mol P – $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos P 2 mol P – x $x = 1,204 \cdot 10^{24}$ átomos H
QUANTIDADE DE MATÉRIA DE ÁTOMOS DE OXIGÊNIO	2 mol $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ $\rightarrow 2 \cdot 4 \text{ mol O} = 8 \text{ mol O}$
QUANTIDADE DE MATÉRIA DE ÁTOMOS DE FÓSFORO	2 mol $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ $\rightarrow 2 \cdot 1 \text{ mol P} = 2 \text{ mol P}$

Número de átomos e quantidade de matéria para o ácido fosfórico.

■ Exercícios p. 43

1. As massas molares (MM) serão dadas por:

- $\text{MM AgNO}_3: (1 \cdot 107,9 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 14,0 \text{ g/mol}) + (3 \cdot 16,0 \text{ g/mol}) = 169,9 \text{ g/mol}$
- $\text{MM BaCl}_2: (1 \cdot 137,3 \text{ g/mol}) + (2 \cdot 35,5 \text{ g/mol}) = 208,3 \text{ g/mol}$
- $\text{MM NaCl}: (1 \cdot 23,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 35,5 \text{ g/mol}) = 58,5 \text{ g/mol}$
- $\text{MM Na}_2\text{CO}_3: (2 \cdot 23,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 12,0 \text{ g/mol}) + (3 \cdot 16,0 \text{ g/mol}) = 106,0 \text{ g/mol}$
- $\text{MM Pb}(\text{NO}_3)_2: (1 \cdot 207,2 \text{ g/mol}) + (2 \cdot 14,0 \text{ g/mol}) + (6 \cdot 16,0 \text{ g/mol}) = 331,2 \text{ g/mol}$

2. Significa que a massa de 1 mol de iodo atômico

(ou $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos de iodo) é igual a 127 g.

3. Para o KNO_3 , a massa molar é: $39,1\text{ g/mol} + 14,0\text{ g/mol} + (3 \cdot 16,0)\text{ g/mol} = 101,1\text{ g/mol}$. Como 1 mol tem 101,1 g, logo 0,5 mol terá 50,55 g.

4. Essa afirmação é falsa, pois um mol de átomos de qualquer elemento tem $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos, independentemente de sua massa molar.

CaBr_2 equivalem a 6 mols de íons.

5. A massa molar da amônia (NH_3) será dada por:
 $14,0\text{ g/mol} + (3 \cdot 1,0)\text{ g/mol} = 17,0\text{ g/mol}$. Assim,
1 mol $\text{NH}_3 = 17,0\text{ g}$
 $x = 25,5\text{ g}$
 $x = 1,5\text{ mol NH}_3$

6. Dada a equação: $\text{CaBr}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Br}^-$. Portanto, para cada 1 mol de CaBr_2 tem-se 3 mols de íons (1 mol de Ca^{2+} e 2 mols de Br^-); logo, 2 mols de

Resolução e comentários das Questões de exames p. 48

■ Capítulo 1

1. A

Em uma transformação química ocorre a formação de novos materiais; portanto, o sistema final terá composição diferente do sistema inicial. No caso de uma transformação física a composição será a mesma.

2. C

Nas transformações químicas ocorrem formações de novas substâncias. A sublimação do gelo seco é a passagem direta do estado sólido para o gasoso e configura um processo físico.

3. C

Processos químicos envolvem a formação de novos materiais. Em 2 e 3 são formadas substâncias diferentes dos reagentes; portanto, temos processos químicos. Em 1 temos apenas uma mudança de estado físico.

4. $04 + 08 = 12$

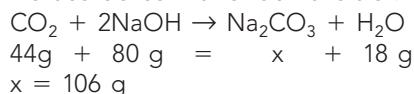
Em 04 e 08 temos a formação de novas substâncias, o que caracteriza a ocorrência de reações químicas.

■ Capítulo 2

1. Certo. De acordo com a lei de conservação das massas de Lavoisier, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. Já Dalton disse que em uma reação química os átomos são rearranjados, não são criados nem destruídos. Portanto, de acordo com o entendimento de Dalton sobre a reação química, temos que a massa inicial de reagentes é igual à massa final de produtos, assim como dito por Lavoisier.

2. B

De acordo com a lei de Lavoisier: massa dos produtos = massa dos reagentes, temos:



3. D

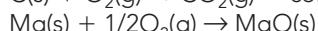
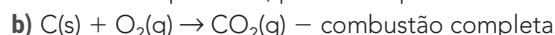
O sistema utilizado pelo estudante está aberto; portanto, a massa produzida de hidrogênio gasoso foi dispersada no ambiente e não foi medida durante a pesagem final.

4. B

Pelo método de tentativas, temos:



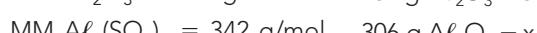
5. a) Os estudos de Lavoisier foram realizados em sistemas fechados que garantiam a medição das massas dos gases envolvidos nas reações. Assim, demonstrou que a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos, provando que a lei da conservação das massas nas reações químicas não foi contrariada.



■ Capítulo 3

1. D

Dada a equação balanceada: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$



$$x = 1026\text{ g Al}(\text{SO}_4)_3$$

2. C

Pelo método de tentativas, temos: $2\text{NaN}_3(\text{s}) \rightarrow 3\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{Na}(\text{s})$.

Somando-se os coeficientes: $2 + 3 + 2 = 7$.

3. E

Dada a equação: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) \rightarrow 3\text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$, vemos que para cada 1 mol de glicose, são produzidos 6 mols de gases de efeito estufa (metano e gás carbônico). Assim, temos:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 - 180 \text{ g} & 1 \text{ mol gás} - 22,4 \text{ L} \\ 900 \text{ g} - x & 30 \text{ mol gás} - x \\ x = 30 \text{ mol gases estufa} & x = 672 \text{ L} \end{array}$$

4. B

A caixinha de ouro deve conter a mesma quantidade em mol, consequentemente o mesmo número de átomos, da caixinha de prata. Assim:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ mol Ag} - 108 \text{ g} & 1 \text{ mol Au} - 197 \text{ g} \\ x - 24 \text{ g} & 0,22 \text{ mol Au} - x \\ x = 0,22 \text{ mol Ag} & x = 43,78 \text{ g Au} \end{array}$$

5. C

O uso do biocombustível obedece aos princípios da Química Verde por ser um combustível renovável em que o gás carbônico absorvido no crescimento da planta se contrapõe ao emitido no seu uso.

Atividades complementares

■ Exercícios sobre volume molar de gases

1. A massa de 40,0 mols de uma substância é 1200,0 g.
 - a) Calcule sua massa molar.
 - b) Sabendo que 1 mol dessa substância contém 6,0 g de átomos de hidrogênio e que o outro elemento presente é o carbono, qual é sua fórmula molecular?
2. O óxido nitroso (N_2O), um dos primeiros compostos gasosos a ser isolado e identificado, foi o primeiro anestésico sintético a ser descoberto, sendo conhecido como gás hilariante em razão da euforia leve que causa quando inalado em baixas concentrações. Em relação ao óxido nitroso, responda:
 - a) Qual é sua massa molar?
 - b) Se fosse possível realizar um experimento envolvendo a decomposição dessa substância, poderíamos obter dois gases: o nitrogênio (N_2) e o oxigênio (O_2). O que você poderia afirmar em relação ao volume desses dois gases que seriam formados? Justifique sua resposta.
3. Usando volumes de recipientes conhecidos (por exemplo, as garrafas de refrigerante PET têm volume de 2 L), estime o que significa, em termos reais, o volume molar de um gás nas CNTP.
4. Considerando que você fosse construir um cubo de 22,7 L, calcule a medida de uma aresta desse cubo.

Resolução e comentários das Atividades complementares

1. a) A massa molar refere-se a massa de 1 mol da substância, assim:

$$40,0 \text{ mol} - 1200 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol} - x$$

$$x = 30 \text{ g}.$$

Assim, MM = 30,0 g/mol.

- b) Como 1,0 g de H equivale a 1 mol, logo 6,0 g equivalem a 6 mols de átomos de H. Assim, para 1 mol desta substância, a massa total de carbono será dada por: $(30,0 - 6,0) \text{ g} = 24,0 \text{ g}$. Como 12,0 g de C equivalem a 1 mol, logo 24,0 g de C equivalem a 2 mols de átomos de C. Portanto, a fórmula molecular dessa substância é: C_2H_6 .

2. a) MM N_2O : $(2 \cdot 14,0 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 16,0 \text{ g/mol}) = 44,0 \text{ g/mol}$

b) A decomposição pode ser representada por: $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g})$. O volume obtido do gás nitrogênio (N_2) seria o dobro do volume do gás oxigênio (O_2) nas mesmas condições de temperatura e pressão, pois essa é a relação que apresentam quanto ao número de mols, como se pode constatar na equação.

3. O volume molar de um gás nas CNTP é 22,7 L, ou seja, esse volume corresponde ao volume de, aproximadamente, 11 garrafas PET.

4. O volume de um cubo é calculado pelo valor de sua aresta (a) elevada ao cubo: $V = a^3$. Sendo assim, a aresta do cubo deverá ter, aproximadamente, 28,3 cm, ou seja, $V = (28,3 \text{ cm})^3 = 22\,665 \text{ cm}^3 = 22,665 \text{ dm}^3 = 22,665 \text{ L}$.

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Leitura

• Mol e estequiometria

BORTOLAI, M. M. S.; REZENDE, D. B. A ressignificação do conceito de transformação por educandos do Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 3, p. 425-441, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/220>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Este artigo relata a ressignificação do conceito de transformação por estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual. Os resultados indicam que os educandos necessitam de discussões amplas para modificar sua estrutura cognitiva e atingir o pensamento conceitual.

CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. De massas e massas atômicas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 19, 2004. p. 8-10. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc19/a03.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Este artigo apresenta uma atividade experimental para duas sessões de laboratório de Química, envolvendo teoria atômica e leis ponderais das reações químicas. São abordadas as relações de massa na queima do ferro como evidências diretas da lei de Proust.

CAZZARO, F. Um experimento envolvendo estequiometria. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 10, 1999. p. 53-54. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc10/exper3.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Neste artigo o autor propõe a discussão sobre estequiometria a partir de um experimento simples.

ROCHA-FILHO, R.; SILVA, R. R. Mol: uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 1, 1995. p. 12-14. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc01/actual.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Este texto trata das novas abordagens para alguns conceitos da Química muito usados em livros-texto, em função da redefinição do significado da palavra "mol".

• Educação ambiental

CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; CLARO NETO, S. Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 22, nov. 2005. p. 17-21. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc22/a03.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

O artigo aborda uma proposta promissora para minimizar os impactos ambientais dos materiais plásticos: são os plásticos biodegradáveis, que, ao contrário dos sintéticos derivados do petróleo, sofrem biodegradação com relativa facilidade, integrando-se totalmente à natureza.

CANTO, E. L. *Plásticos: bem supérfluo ou mal necessário?* São Paulo: Moderna, 2010.

Este livro tem como proposta colocar o leitor em contato com informações sobre este material densamente presente em nossa cultura, o qual se confunde ora para o bem (às vezes supérfluo), ora para o mal.

DIAS, G. F. *Educação ambiental: princípios e práticas*. São Paulo: Gaia, 2010.

Este livro reúne informações conceituais sobre educação ambiental. O autor apresenta um histórico do desenvolvimento desta área e sugere mais de cem atividades para sua prática.

GOMES, R. N. et al. Desenvolvimento da química verde no cenário industrial brasileiro. *Revista Fitos: pesquisa, desenvolvimento e inovação em fitoterápicos*. Rio de Janeiro, Edição

especial, 6-7, p. 80-89, 2018. Disponível em: <https://www.revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/580>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Neste artigo, faz-se um relato da aplicação da Química Verde na indústria brasileira.

LENARDAO, E. J. et al. "Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 123-129, jan. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000100020. Acesso em: 28 ago. 2020.

Este artigo descreve os doze princípios da Química Verde e formas de aplicações destes.

Páginas de internet

• Mol e estequiometria

CK-12. *Chemistry Simulations. Balancing chemical Equations* Disponível em: <https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry/balancing-chemical-equations/app/index.html>.

Nesta página estão disponíveis uma animação que representa o rearranjo de átomos na reação de combustão do metano e várias equações para que sejam feitos os balanceamentos pelo preenchimento dos coeficientes.

JavaLab. *Law of Definite Proportions*

Disponível em: https://javalab.org/en/law_of_definite_proportions_en/.

Nesta simulação pode ser observado o rearranjo de átomos na reação entre os gases hidrogênio e oxigênio com a formação de água obedecendo à lei das proporções definidas.

PhET. *Balanceamento de Equações Químicas*

Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-chemical-equations.

Esta simulação funciona como um jogo em que se propõe balancear equações químicas.

PhET. *Reagentes, Produtos e Excesso*

Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers.

Com esta simulação pode-se discutir conceitos sobre reagentes em excesso e limitantes.

• Educação ambiental

Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre)

Disponível em: www.cempre.org.br.

A página do Cempre, associação sem fins lucrativos, é voltada para a reciclagem e conscientização sobre o lixo. Nela você vai encontrar fichas técnicas sobre 12 tipos de materiais recicláveis: papel de escritório, vidro, pneus, PET, plástico, filme, etc.

Instituto Akatu

Disponível em: www.akatu.org.br.

Nesta página do instituto Akatu, há uma série de informações sobre desperdício e soluções para esse problema.

Rede Brasileira de Educação Ambiental (REBEA)

Disponível em: <https://www.rebea.org.br/>.

Na página da rede brasileira de Educação ambiental (REBEA) você vai encontrar um material muito rico para consulta.

Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA).

Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea>.

Revista com foco nas publicações sobre Educação Ambiental.

Acesso em: 28 ago. 2020.

Vídeos

● Mol

Pontociência – Mol de Gás

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_vkWo5bPt_s.

Neste vídeo o gás recolhido pela reação entre o bicarbonato de sódio e um ácido é recolhido em um galão de água para mostrar que o volume produzido é maior do que 20 L.

Pontociência – Quanto vale um mol?

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8pUS6jJPAEE>.

Neste vídeo são medidas as massas correspondentes a 1 mol de substâncias diferentes.

Pontociência – Volume molar

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=kb0s_W-7wO8.

Neste vídeo é apresentada uma estrutura de um cubo com o volume correspondente ao volume molar.

● Educação ambiental

CCEAD-PUC-Rio. A química do fazer, Vestuários e Embalagens, Plásticos

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PnZwZLqlTlg>.

Este vídeo é um dos episódios do programa A química do fazer, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio discute-se a produção de polímeros plásticos e reciclagem destes.

CCEAD-PUC-Rio. Conversa Periódica, Lixo Urbano, A origem do lixo

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=garkWkDa7E8>.

Este vídeo é um dos episódios do programa Conversa Periódica, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio discute-se sobre a origem do lixo que produzimos diariamente e a relação com nossos hábitos de consumo.

CCEAD-PUC-Rio. É tempo de química, Vestuários e Embalagens, Destinos: Para onde vão as embalagens?

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Hpu4yPlw13s>.

Este vídeo é um dos episódios do programa É tempo de Química!, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio são discutidos os destinos das embalagens.

CCEAD-PUC-Rio. Origens: composição dos materiais de vestuários e embalagens

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LCQyqznBvW>.

Este vídeo é um dos episódios do programa É tempo de Química!, que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio a

relação entre os vestuários e as embalagens que utilizamos é abordada.

Pesquisa Fapesp. Química verde

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=l-MmIL0DaaM>.

Neste vídeo são apresentados resultados de pesquisas para o processamento de minérios de forma menos agressiva para o meio ambiente.

TV Unesp. Ciência Sem Limites. Química verde

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AAf0o0VZ8To>.

Neste vídeo são abordados os conceitos de Química Verde e sustentabilidade.

Lixo extraordinário. Produção de Hank Levine e Angus Aynsley. Brasil e Reino Unido. Almega Projects e O2 Filmes, 2010.

Este é um documentário que relata o trabalho do artista plástico Vik Muniz que acompanhou o trabalho de catadores de material reciclável no aterro de Jardim Gramacho no Rio de Janeiro.

Acesso em: 28 ago. 2020.

Unidade 2

Ligações químicas e interações intermoleculares

Na unidade 1, apresentamos a ideia de modelos científicos e como podemos utilizá-los para explicar diversos fenômenos e propriedades dos materiais. Nesta unidade seguiremos com o estudo das propriedades utilizando os modelos de ligações químicas e de interações intermoleculares para explicar de forma mais aprofundada algumas propriedades já discutidas, como a solubilidade.

Anteriormente, apresentamos explicações para justificar a dissolução do sal de cozinha em água baseando-nos apenas nas interações entre as partículas da água e as partículas do sal, sem abordar a natureza dessas partículas e dessas interações. Nesta unidade, vamos avaliar uma explicação para esse fenômeno: a molécula de água, polar, estabelece interações do tipo íon-dipolo com os íons do retículo cristalino do sal de cozinha. Neste processo, as ligações iônicas entre os íons do sal são rompidas e novas interações são formadas entre os íons e as moléculas de água. Este processo é chamado de solvatação. O modelo cinético-molecular não nos fornece dados suficientes para elaborar tal explicação, mas os modelos de ligações químicas e interações intermoleculares sim. Desta forma, o estudo destes novos modelos faz-se necessário nesta etapa.

Outro exemplo interessante é o caminhar dos insetos sobre as águas. Sabemos que isso ocorre porque, entre as

moléculas de água, há interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio. Estas interações ocorrem em todas as direções dentro do líquido, entretanto na superfície do líquido ocorrem apenas lateralmente e para baixo. Então, na superfície forma-se o que chamamos de tensão superficial. Esta tensão é uma propriedade característica de cada líquido e é a responsável por sustentar o inseto caminhando sobre a água. A elaboração desta explicação também não é possível se utilizarmos apenas os modelos estudados até o momento.

Quando os modelos que temos acesso não são suficientes para explicar os fenômenos que estamos analisando, lançamos mão de novos modelos. E este tem sido o caminho traçado em nossos estudos das propriedades, da constituição e das transformações dos materiais.

No capítulo 4 contemplamos os modelos de ligações químicas e a polaridade de uma molécula a partir de sua geometria. No capítulo 5 direcionamos a abordagem para as interações intermoleculares e o estudo dos polímeros.

Por meio dessa unidade será possível retomar, por exemplo, as habilidades EF09CI01 e EF09CI03 desenvolvidas nos anos finais do Ensino Fundamental.

Capítulo 4

Ligações químicas e interações entre átomos p. 52

Competências gerais: 1, 2, 4, 5 e 9

Competência específica: 3

Habilidades: EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303 e EM13CNT307

Objetivos do capítulo

Neste capítulo retomaremos as discussões sobre as propriedades dos materiais. Assim, nosso objetivo é utilizar o modelo das ligações químicas para explicar estas propriedades. Abordaremos como o tipo de ligação estabelecida entre os átomos de um material se reflete nas propriedades e características deste e como estes aspectos devem ser considerados para as escolhas corretas e seguras de usos e aplicações para fins diversos.

Orientações didáticas

Iniciamos o capítulo com o texto **4.1 – A molécula de água (H_2O)** (página 53). Nele são discutidas algumas propriedades da água e o processo histórico de como a linguagem química foi elaborada e aperfeiçoada até termos os símbolos e representações que utilizamos

atualmente. As representações para os átomos propostas por Dalton são retomadas. Pode ser proposto que os estudantes façam as representações de algumas moléculas simples utilizando a notação criada por Dalton. Eles poderão perceber como a proposta de Dalton apresentava limitações, que foram resolvidas pelas contribuições de outros cientistas, como Berzellius. Assim, é interessante ressaltar como vários cientistas contribuíram para o desenvolvimento e aprimoramento da linguagem química. Para que os estudantes tenham uma dimensão ainda mais clara sobre o assunto, você pode questioná-los sobre como seria se para cada idioma ou cultura no mundo fossem utilizados símbolos diferentes para os elementos químicos. Assim, a mais famosa das moléculas, H_2O , teria diversas representações diferentes, o que não seria viável.

A **Atividade 1 – Modelos de ligação química e propriedades dos materiais** (página 55) propõe que os estudantes analisem as propriedades organolépticas, a condutividade elétrica e a solubilidade como critérios possíveis para categorização dos materiais. Se algum dos materiais não estiver disponível, pode-se substituir por outro que tenha características semelhantes. Por meio desta atividade esperamos que os estudantes possam relacionar algumas propriedades dos materiais às ligações que os constituem. As partes D e E podem ser realizadas de forma demonstrativa devido à utilização de aguarrás e os resultados compartilhados com a turma para que, em grupos, realizem as discussões propostas. A síntese da atividade permitirá que os estudantes analisem os parâmetros observados e façam inferências quanto à possibilidade ou não de categorização das substâncias apenas pelas propriedades analisadas.

O texto **4.2 – Propriedades dos materiais e tipos de ligações químicas** (página 59) utiliza o modelo das ligações químicas para interpretar algumas propriedades dos materiais como a temperatura de fusão. Para isso são comparadas algumas substâncias que, apesar de apresentarem ligações covalentes, apresentam valores distintos de temperatura de fusão. Para responder a esta situação são introduzidos os conceitos de interação intermolecular e de ligação química.

Os modelos de ligação química também são utilizados para explicar a solubilidade dos materiais no texto **Que evidências sobre a natureza das ligações químicas podemos obter conhecendo a solubilidade dos materiais?** (página 61). É interessante que seja retomado o modelo cinético-molecular já estudado para que a discussão anteriormente realizada possa ser aprofundada, considerando agora o modelo de ligações químicas e o de interações intermoleculares. E o texto **Que evidências sobre a natureza das ligações químicas podemos obter conhecendo a condutividade elétrica dos**

materiais? (página 62), aliado aos textos anteriores, pode ser utilizado para a retomada da Atividade 1 com o intuito de aprofundar as discussões realizadas.

Para a abordagem do texto **4.3 – Modelo de ligação covalente** (página 63), sugerimos que seja feita uma análise, conjunta com os estudantes, do gráfico de energia potencial em função da distância entre os núcleos para melhor compreensão sobre como este pode auxiliar no entendimento do modelo de ligação covalente. Muitos estudantes têm dificuldades em relacionar o gráfico aos processos de interação e repulsão estabelecidos entre os átomos. O gráfico pode ser reproduzido no quadro durante a leitura do texto para que seja feita a conexão entre ambos. A simulação “Interações atômicas” que indicamos nas *Sugestões para o professor* (página 244) pode ser utilizada conjuntamente à leitura. Nela são representadas as interações entre dois átomos e a energia relativa a esta interação é destacada no gráfico de potencial. Um ponto bastante interessante é a representação das forças de atração e de repulsão por meio de vetores que podem auxiliar no entendimento das variações de energia durante a formação da ligação covalente. Pode-se trabalhar a lei de Coulomb para melhor compreensão das forças atrativas e repulsivas, bem como para avaliar a interpretação do gráfico de potenciais e a formação das ligações covalentes.

Recomendamos que a **Atividade 2 – Simulação: Polaridade das ligações e polaridade das moléculas** (página 65) seja realizada em grupo. Esta é uma atividade mais longa, com maior grau de dificuldade. Nela são representadas moléculas cujos átomos podem ter os valores de eletronegatividade alterados. Assim, os estudantes poderão observar moléculas polares e apolares com as representações para as cargas parciais, dipolos, vetores de momento dipolar etc. As discussões entre os estudantes poderão auxiliá-los na compreensão dos aspectos apresentados. Se a escola não possuir uma sala de informática, você pode operar a simulação de forma demonstrativa e aguardar que os estudantes respondam às questões propostas. Essa simulação pode ser executada no telefone celular e é uma possibilidade de aproveitar os equipamentos dos estudantes na aula. O texto **4.4 – A polaridade das ligações covalentes** (página 66) retoma aspectos discutidos na simulação. Podem ser estabelecidos paralelos entre eles para favorecer a aprendizagem.

A **Atividade 3 – Estruturas de Lewis** (página 67) apresenta o passo a passo para a construção das estruturas de Lewis. O objetivo é familiarizar os estudantes com este tipo de representação. Não é necessário aprofundar abordando estruturas mais complexas. Como este é um processo que costuma gerar dúvidas nos

estudantes, podem ser elaboradas, junto com a turma, algumas fórmulas de Lewis de acordo com o passo a passo proposto. É interessante iniciar por fórmulas mais simples e aumentar gradativamente a complexidade das moléculas apresentadas.

A **Atividade 4 – Arranjo espacial: geometria molecular** (página 69) introduz a discussão sobre geometria molecular. Utilizando balões, os estudantes poderão observar disposições semelhantes às de átomos nas moléculas para visualizar as geometrias linear, trigonal plana e tetraédrica. Destacamos que os ângulos entre os balões não serão exatamente iguais aos ângulos entre os átomos, mas é uma forma interessante, que auxilia no entendimento do modelo. Os estudantes podem ter maior dificuldade para compreender a geometria tetraédrica. O texto **4.5 – Geometria molecular** (página 70) retoma a discussão feita na Atividade 4, sistematiza os tipos de geometrias moleculares e traz a discussão sobre o modelo de repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (VSEPR). A simulação “Geometria Molecular”, indicada em *Sugestões para o professor*, pode ser utilizada concomitantemente ao texto para auxiliar no entendimento do modelo. Nela os estudantes poderão criar moléculas com e sem pares de elétrons não ligantes e observar como estes afetam a geometria da molécula. Diferenciar a disposição dos pares de elétrons ao redor do átomo central e a geometria da molécula é um ponto de atenção nesta discussão. A simulação pode ser uma boa opção para esclarecer essas dúvidas. Ela também pode ser utilizada para verificação da compreensão dos estudantes acerca do tema. Você pode solicitar que eles façam previsões sobre a geometria de algumas moléculas a partir da disposição de seus átomos e pares de elétrons não ligantes. E, em seguida, apresentar a representação das geometrias corretas para confirmar ou refutar as propostas apresentadas. O caminho contrário também pode ser feito apresentando moléculas e solicitando que os estudantes justifiquem a geometria observada.

O texto **4.6 – Fórmula molecular e estrutural** (página 72) dá sequência ao estudo das representações utilizadas na Química. A representação estrutural é de suma importância no estudo da Química Orgânica, por exemplo. Na página CanvasMol, indicada em *Sugestões para o professor*, estão disponíveis as representações em 3D para diversas moléculas diferentes, incluindo o DNA, algumas estruturas cristalinas, como a do cobre e as dos alótropos de carbono. A página permite escolher como será visualizada a estrutura selecionada, por exemplo, por fórmulas de traços, fórmula de bolas, fórmula estrutural completa, entre outras. Os estudantes terão contato com múltiplas formas de representar moléculas e retículos cristalinos, além de poder avaliar como cada representação

pode ser adequada para fins específicos. A partir das ferramentas da página, é possível girar e ampliar a molécula para que partes sejam analisadas mais detalhadamente, observar apenas a representação dos átomos sem os traços que representam as ligações químicas e avaliar a disposição dos átomos no espaço a partir do VSEPR. É possível utilizar o site para verificar a compreensão dos estudantes sobre geometria, ligações químicas e representações para fórmulas estruturais.

O texto **4.7 – Modelo de ligação iônica** (página 73) apresenta a ligação iônica e a estrutura do retículo cristalino do cloreto de sódio. A página CanvasMol tem disponível a representação deste retículo. Ele pode ser apresentado para auxiliar os estudantes na visualização da disposição espacial dos íons neste e em outros retículos cristalinos, para diferenciá-los das moléculas. Nas *Sugestões para o professor*, trouxemos a indicação do recurso “Simulação Microscópica da Ligação Iônica”. Nele é possível variar a carga dos íons e observar um modelo para a interação eletrostática estabelecida até que a ligação iônica seja efetivada em nível submicroscópico. A partir do modelo de ligações iônicas, você pode retomar a Atividade 1 e reavaliar com os estudantes as propriedades das substâncias iônicas utilizadas naquele momento. Os vídeos “Testador de Condutividade” e “Pílulas de ciência 2 - Condutividade elétrica”, ambos do canal Pontociência indicados em *Sugestões para o professor*, discutem a condutividade elétrica de soluções possibilitada pela presença de íons provenientes da dissolução de substâncias iônicas em água. Eles podem ser inseridos na discussão para, além da condutividade, avaliar como a solubilidade varia para cada substância, sendo, portanto, uma propriedade específica dos materiais, como já foi visto. Para compreender o processo de solvatação do cloreto de sódio, pode ser utilizada a animação “Dissolução de NaCl em água”, também indicada na seção *Sugestões para o professor*.

O texto **4.8 – Modelo de ligação metálica** (página 75) apresenta o modelo da nuvem de elétrons e como ele pode ser utilizado para explicar as propriedades dos metais, como maleabilidade e condutibilidade elétrica e térmica. O vídeo “Entortando o metal”, indicado em *Sugestões para o professor*, pode ser usado para exemplificar a maleabilidade dos metais tão presentes em nosso cotidiano. O arranjo cristalino dos metais, como o de cobre, pode ser explorado na página CanvasMol. Pode ser exibido para a classe um pedaço de fio de cobre, ou qualquer objeto feito do metal e, a partir daí, avaliar as propriedades organolépticas, algumas das propriedades físicas, como a maleabilidade, e, por fim, a representação a nível atômico para o retículo proposto. As representações comumente usadas para o modelo de nuvem de

elétrons e para o modelo cinético-molecular podem gerar a compreensão errônea de que, nos metais, os átomos estão organizados em fileiras. Assim, apresentar estes retículos pode auxiliar na compreensão dos modelos e na identificação de suas limitações.

A **Atividade 5 – Uso dos materiais, suas propriedades e os modelos de ligação química** (página 78) traz a proposta de um projeto em que os estudantes utilizam os modelos de ligações químicas para explicar as propriedades de um material e as aplicações às quais se destina. Este projeto relaciona-se às discussões sobre Química Verde, realizadas no capítulo 3 deste volume, na medida em que os estudantes também farão pesquisas sobre os processos de obtenção de matéria-prima do produto escolhido, bem como sobre os impactos ambientais e sociais associados à produção, uso e descarte do material. Assim, os componentes Biologia e Geografia podem contribuir com a elaboração do projeto para as abordagens relativas aos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Resolução e comentários das Atividades de investigação

D Atividade 1

Modelos de ligação química e propriedades dos materiais p. 55

Algumas propriedades dos materiais podem ser interpretadas a partir do tipo de ligação estabelecida entre os átomos. Esta é a proposta desta atividade em que os estudantes, observando propriedades organolépticas e específicas, poderão analisar a validade de classificar materiais em grupos a partir de suas propriedades.

■ Parte A – Propriedades organolépticas das substâncias

SUBSTÂNCIA	PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS
a) açúcar (sacarose) – C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	granulado branco, opaco, sem cheiro
b) grafite – C _{grafite}	sólido poroso, preto, opaco, sem cheiro, quebradiço
c) alumínio – Al	sólido prateado, sem cheiro, brilhante, maleável
d) cobre – Cu	sólido acobreado, sem cheiro, brilhante, maleável
e) iodo – I ₂	granulado preto, com leve brilho metálico, o frasco apresenta vapores violeta



SUBSTÂNCIA	PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS
f) quartzo – SiO_2	cristal transparente, sem cheiro
g) iodeto de potássio – KI	pó branco, opaco, sem cheiro
h) naftaleno – C_{10}H_8	sólido branco, com odor característico
i) ferro – Fe	sólido acinzentado, sem cheiro, com brilho, maleável
j) cloreto de sódio – NaCl	pó branco, opaco, sem cheiro

Propriedades organolépticas para as substâncias observadas no item 1.

Comentário: Na descrição das propriedades organolépticas, os estudantes costumam caracterizar algumas substâncias como leves ou pesadas. Nesse caso, é importante ressaltar que a propriedade em questão é a densidade dos materiais e não exatamente a sua massa, que depende do tamanho da amostra fornecida. Seria mais adequado referir-se a um determinado material como mais denso ou menos denso. É importante orientar os estudantes a não cheirarem os materiais. O vapor de iodo, por exemplo, é muito irritante para os olhos e as mucosas.

Reflexão

- Sim. O grupo das substâncias que estão na forma de pó ou grãos e o grupo das que não estão na forma de pó ou grãos.

Comentário: Podem surgir outras formas de agrupar as substâncias, de modo que se verifica que essas propriedades não são suficientes para classificar as substâncias de acordo com os modelos de ligação química.

■ Parte B – Temperatura de fusão

Reflexão

- Durante a fusão, dependendo do tipo de substância, rompem-se as ligações químicas entre os átomos ou as interações entre as moléculas.
- A temperatura de fusão depende da força da ligação ou da interação entre as partículas. Para as substâncias que apresentam altas temperaturas de fusão, ocorre o rompimento de ligações fortes entre os átomos. Já para aquelas que apresentam baixos valores de temperatura de fusão, ocorre o rompimento de interações entre as moléculas. Assim, para as substâncias moleculares, em que são rompidas as interações intermoleculares, as temperaturas de fusão são mais baixas do que as temperaturas de fusão de substâncias em que são rompidas ligações entre átomos, como nas substâncias iônicas, metálicas e nos sólidos covalentes.
- Sim. As substâncias com baixos valores de temperatura de fusão (itens a, e, h) e as com altos valores (itens b, c, d, f, g, i, j).

Comentário: Pode-se pensar em agrupar as substâncias em três grupos: aquelas com baixas temperaturas de fusão (itens a, e, h), aquelas com temperaturas de fusão intermediárias (itens c, g, j) e aquelas com altas temperaturas de fusão (itens b, d, f, i).

■ Parte C – Condutividade elétrica no estado sólido

A seguir, o quadro solicitado em **O que fazer:**

SUBSTÂNCIAS BOAS CONDUTORAS	SUBSTÂNCIAS MÁS CONDUTORAS
b, c, d, i	a, e, f, g, h, j

Condutividade elétrica das substâncias no estado sólido.

Reflexão

1. A presença de elétrons livres que podem se movimentar.
2. Sim. O grupo das substâncias boas condutoras, que possuem elétrons livres, e as más condutoras, que não possuem elétrons livres.

■ Parte D – Solubilidade em água (solvente polar) e aguarrás (solvente apolar)

Seguem comentários sobre os itens de **O que fazer:**

- 4 e 5.** A seguir, o quadro solicitado.

SUBSTÂNCIAS SOLÚVEIS EM ÁGUA	SUBSTÂNCIAS SOLÚVEIS EM AGUARRÁS	SUBSTÂNCIAS INSOLÚVEIS
a, g, j	e, h	b, c, d, f, i

Avaliação da solubilidade em água e em aguarrás.

Comentário: A substância e (iodo, solubilidade em água: 0,335 g/L) é parcialmente solúvel em água, fornecendo uma coloração amarela.

- 6.** Água e aguarrás são imiscíveis, ou seja, não se misturam. O sistema apresenta duas fases, sendo que a aguarrás fica na fase superior.

Comentário: Considerando que a aguarrás é incolor, assim como a água, pode-se pedir aos estudantes que sugiram um teste para identificar qual líquido está na fase superior e qual está na fase inferior. Uma possibilidade é acrescentar ao sistema uma substância colorida que seja, por exemplo, solúvel em água e não em aguarrás, como o sulfato de cobre (II).

Reflexão

1. A aguarrás é uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos, ou seja, compostos orgânicos cujas moléculas são cadeias abertas constituídas apenas por carbono e hidrogênio. Essa substância é muito utilizada como solvente.
2. Água (solvente polar) e aguarrás (solvente apolar) não são miscíveis porque suas interações não são favoráveis, já que a sua polaridade é muito distinta.
3. As diferenças de solubilidade estão relacionadas à polaridade das substâncias, que pode definir as interações entre soluto e solvente. Portanto, as substâncias solúveis em aguarrás provavelmente são apolares ou fracamente polares e aquelas solúveis em água provavelmente apresentam um caráter polar mais acentuado.

Comentário: As expressões “semelhante dissolve semelhante” e “polar dissolve polar e apolar dissolve apolar”, que costumam surgir na fala dos estudantes, não são totalmente adequadas para explicar as diferenças de solubilidade entre as substâncias. A polaridade pode colaborar para a previsão de solubilidade das substâncias, mas não deve ser tratada como uma regra infalível.

■ Parte E – Condutividade elétrica em solução aquosa e em solução de aguarrás

Seguem os quadros solicitados nos itens de **O que fazer:**

- 1.**

SOLUÇÕES BOAS CONDUTORAS	SOLUÇÕES MÁS CONDUTORAS
g, j	a

Condutividade elétrica das soluções aquosas.

- 2.**

SOLUÇÕES BOAS CONDUTORAS	SOLUÇÕES MÁS CONDUTORAS
não tem	e, h

Condutividade elétrica das soluções de aguarrás.

Reflexão

- No estado sólido, os íons estão organizados de forma rígida e não podem se movimentar. Em solução, os íons podem se movimentar e, portanto, conduzem corrente elétrica.
- Grupo das substâncias condutoras e grupo das substâncias não condutoras. Mesmo sendo solúveis, algumas substâncias não apresentam íons e, portanto, não conduzem eletricidade.

■ Parte F – Síntese dos resultados

Seguem comentários sobre os itens de **O que fazer**:

- A seguir, o quadro solicitado no item.

SUBSTÂNCIA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO ESTADO SÓLIDO	SOLUBILIDADE EM ÁGUA	SOLUBILIDADE EM AGUARRÁS	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SOLUÇÃO	ASPECTO DA SUBSTÂNCIA	TEMPERATURA DE FUSÃO
a	não	sim	não	não	granulado branco, opaco, sem cheiro	185 °C
b	sim	não	não	não	sólido poroso, preto, opaco, sem cheiro, quebradiço	3 825 °C
c	sim	não	não	não	sólido prateado, sem cheiro, brilhante, maleável	659 °C
d	sim	não	não	não	sólido acobreado, sem cheiro, brilhante, maleável	1 083 °C
e	não	não	sim	não	granulado preto, com leve brilho metálico, o frasco apresenta vapores violetas	114 °C
f	não	não	não	não	crystal transparente, sem cheiro	1 610 °C
g	não	sim	não	sim	pó branco, opaco, sem cheiro	686 °C
h	não	não	sim	não	sólido branco, com odor característico	80 °C
i	sim	não	não	não	sólido acinzentado, sem cheiro, com brilho, maleável	1 535 °C
j	não	sim	não	sim	pó branco, opaco, sem cheiro	801 °C

Propriedades das substâncias de a a j.

3. A seguir, o quadro solicitado no item.

SUSTÂNCIAS AGRUPADAS	CRITÉRIOS USADOS PARA CLASSIFICAÇÃO
g, j	Solúveis em água, conduzem corrente elétrica em solução aquosa e não conduzem corrente elétrica no estado sólido.
e, h	Insolúveis em água e solúveis em aguarrás. Não conduzem corrente elétrica no estado sólido nem em solução.
a	Solúvel em água e insolúvel em aguarrás. Não conduz eletricidade no estado sólido nem em solução aquosa.
f	Não conduz eletricidade, insolúvel em água e em aguarrás.
b	Conduz eletricidade no estado sólido, insolúvel em água e em aguarrás.
c, d, i	Conduz eletricidade no estado sólido, insolúvel em água e em aguarrás.

Substâncias agrupadas e critérios usados para classificação.

Comentário: O ideal é que o estudante tente usar o maior número possível de propriedades para agrupar as substâncias. Existem outros critérios de classificação; esse é apenas um exemplo.

Reflexão

- Comentário:** É normal cada grupo usar critérios diferentes. Usando o critério de solubilidade em água, a substância **a** pode ser agrupada com **g** e **j**. Por outro lado, quando se considera a condutividade em solução, a substância **a** é agrupada com **e** e **h**. Verifica-se que, quanto maior o número de propriedades usado para fazer o agrupamento das substâncias, mais próximo dos modelos de ligações químicas é possível chegar.
- Não.

Atividade 2

Simulação: Polaridade das ligações e polaridade das moléculas [p. 65](#)

Nesta atividade os estudantes poderão observar como a eletronegatividade dos átomos e a geometria molecular são essenciais para a definição da polaridade de uma molécula. São discutidos os conceitos polaridade das ligações e moléculas, caráter iônico das ligações covalentes, cargas parciais, momento dipolar resultante e outros conceitos.

Seguem comentários sobre os itens de **O que fazer**:

- O átomo A tem menor eletronegatividade do que o átomo B. Portanto, os elétrons da ligação estão mais próximos do átomo B. O deslocamento da nuvem eletrônica gera a formação de dipolos.
- Não haverá formação de dipolo nesse caso, tendo em vista que a nuvem eletrônica está distribuída uniformemente entre os átomos.
- O átomo B tem menor eletronegatividade do que o átomo A. Portanto, os elétrons da ligação estão mais próximos do átomo A. O deslocamento da nuvem eletrônica gera a formação de dipolos, porém, o sentido do dipolo será invertido em relação à molécula inicial, uma vez que o átomo A passa a ser o átomo mais eletronegativo.
- Independentemente de os valores de eletronegatividade serem maiores, continuam sendo iguais. Dessa forma, a nuvem eletrônica estará distribuída uniformemente entre os átomos e, assim, não haverá formação de dipolo.
- Etapa 1 e 3: polar (o momento dipolar é diferente de zero porque as eletronegatividades de A e B são diferentes). Etapa 2 e 4: apolar (o momento dipolar é igual a zero porque as eletronegatividades de A e B são iguais).
- As moléculas são iguais. A eletronegatividade de A na etapa 1 é igual à eletronegatividade de B na etapa 3. E a eletronegatividade de B na etapa 1 é igual a de A na etapa 3.
- As moléculas não são iguais porque os valores de eletronegatividade para os átomos A e B nas duas situações são diferentes. Na etapa 2, a eletronegatividade é a menor na escala; na etapa 4, o valor é o maior.
- As cargas parciais serão nulas porque a nuvem eletrônica estará distribuída uniformemente entre os átomos e, assim, não haverá formação de dipolo.
- Quanto maior for a diferença de eletronegatividade entre os átomos, maior será o caráter iônico da ligação.
- Considerando que as eletronegatividades de A e B são iguais, a nuvem eletrônica está uniformemente distribuída entre os átomos. Assim, não há a formação de polos negativo ou positivo.

- k)** O átomo B apresenta maior densidade eletrônica porque, de acordo com a escala, a cor vermelha indica potencial eletrostático negativo, ou seja, maior acúmulo de cargas negativas no entorno deste átomo. Fato este devido à maior eletronegatividade de B.
- l)** A orientação da molécula será diferente. O átomo A estará orientado para a placa positiva e o átomo B para a placa negativa porque há inversão nos sinais dos dipolos.
- m)** O “Dipolo molecular” é o vetor resultante para os vetores “Momento dipolar” (versão HTML5) ou “Dipolos das ligações” (versão Java). Assim, pelo somatório de vetores, temos a orientação apresentada.
- n)** Ligações AB e CB: polares.
- o)** A ligação AB agora é apolar porque não há diferenças de eletronegatividade entre A e B. A molécula permanece polar, mas a direção, o sentido e o valor do vetor “Dipolo molecular” são agora diferentes.
- p)** As ligações AB e CB continuam polares porque há diferenças de eletronegatividades entre os átomos. Mas a molécula agora é apolar, visto que os momentos dipolares das ligações AB e CB apresentam mesma direção e sentidos opostos e, consequentemente, somatório nulo.
- q)** Os principais fatores que determinam a polaridade de uma molécula são as eletronegatividades dos átomos constituintes e a disposição destes no espaço.

r e s)

MOLÉCULA	POLARIDADE DA LIGAÇÃO	POLARIDADE DA MOLÉCULA
H ₂ (hidrogênio)	apolar	apolar
N ₂ (nitrogênio)	apolar	apolar
O ₂ (oxigênio)	apolar	apolar
F ₂ (flúor)	apolar	apolar
HF (fluoreto de hidrogênio)	polar	polar
H ₂ O (água)	polar	polar
CO ₂ (dióxido de carbono)	polar	apolar
HCN (cianeto de hidrogênio)	polar	polar
O ₃ (ozônio)	apolar	polar
NH ₃ (amônia)	polar	polar
BH ₃ (borano)	polar	apolar
BF ₃ (trifluoreto de boro)	polar	apolar
CH ₂ O (formaldeído)	polar	polar
CH ₄ (metano)	polar	apolar
CH ₃ F (fluorometano)	polar	apolar
CH ₂ F ₂ (difluorometano)	polar	polar
CHF ₃ (trifluorometano)	polar	polar
CF ₄ (tetrafluorometano)	polar	apolar
CHCl ₃ (clorofórmio)	polar	polar

Polaridades das ligações e das moléculas da Atividade 2.

Atividade 3

Estruturas de Lewis p. 67

A construção das estruturas de Lewis pode ser uma tarefa difícil para determinadas moléculas. Nesta atividade, os estudantes poderão acompanhar as etapas de elaboração das estruturas de Lewis a partir da identificação e da distribuição dos elétrons de valência na estrutura. Também será considerada a construção das estruturas de Lewis para íons.

Atividade 4

Arranjo espacial: geometria molecular p. 69

Para facilitar a visualização das geometrias moleculares, nesta atividade os estudantes poderão visualizar a disposição de balões de látex que representarão as nuvens eletrônicas dos átomos. Poderão ser discutidas a geometria linear, a trigonal a plana e a tetraédrica.

Reflexão

1. O conjunto de dois balões adquire a disposição geométrica linear.

Comentário: Se unirmos as extremidades dos balões por uma linha, podemos traçar uma reta. Essa disposição geométrica é denominada linear ou digonal. O conjunto de três balões adquire a disposição geométrica plana, com ângulo de 120° entre os balões.

Comentário: Se unirmos as extremidades dos balões por uma linha, podemos traçar um triângulo. Essa disposição geométrica é denominada trigonal planar. O conjunto de quatro balões adquire a disposição geométrica espacial como se fosse uma pirâmide.

Comentário: Se unirmos as extremidades dos balões por uma linha, podemos traçar um tetraedro. Os balões estão dispostos em direção aos vértices desse tetraedro. Considerando uma situação ideal, em que os balões tivessem exatamente o mesmo tamanho, as faces do tetraedro seriam quatro triângulos equiláteros, ou seja, teríamos um tetraedro regular. O ângulo entre os balões seria de 109,5°. Essa disposição geométrica espacial é denominada tetraédrica ou tetagonal.

2. A seguir, o quadro solicitado no item.

NÚMERO DE BALÕES	FIGURA QUE REPRESENTA A DISPOSIÇÃO GEOMÉTRICA DOS BALÕES	NOME DA DISPOSIÇÃO GEOMÉTRICA DOS BALÕES
2	Reta	Linear ou diagonal
3	Triângulo	Trigonal planar
4	Tetraedro	Tetraédrica ou tetagonal

Figuras e nomes das disposições geométricas envolvendo dois, três e quatro balões.

Resolução e comentários das atividades de projeto

Atividade 5

O uso dos materiais, suas propriedades e os modelos de ligação química [p. 78](#)

Neste projeto, os estudantes farão pesquisas sobre materiais diversos e, portanto, os resultados obtidos serão relativos a cada tema pesquisado. Com esta atividade, os estudantes poderão retomar os princípios da Química Verde ao avaliar os impactos de produção, uso e descarte do material selecionado. A proposta é de que o projeto seja construído ao longo do estudo do capítulo e, ao final, os estudantes apresentem os resultados obtidos. Esta é uma oportunidade interessante para que os estudantes incorporem aos poucos os conhecimentos adquiridos ao projeto em desenvolvimento e possam perceber as mudanças nas compreensões sobre a temática possibilitadas pelos novos conceitos trabalhados. E, ao final, com a sistematização de todo o processo, poderão avaliar os conceitos adquiridos e as conexões entre eles.

Resolução e comentários das seções Articulação de ideias

■ Articulação de ideias [p. 61](#)

1. a) Rompendo interações intermoleculares; formando interações intermoleculares.
b) Rompendo interações intermoleculares; formando interações intermoleculares.
c) Rompendo ligações metálicas.
d) Rompendo interações intermoleculares.
e) Rompendo ligações iônicas.

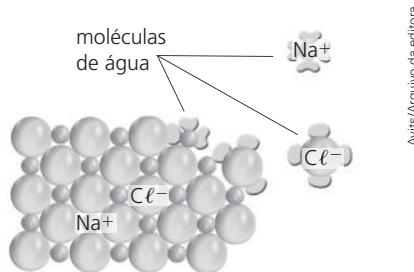
2. A seguir, o quadro solicitado no item.

SUBSTÂNCIA	TEMPERATURA DE FUSÃO	TIPO DE INTERAÇÃO INTERMOLECULAR OU DE LIGAÇÃO QUÍMICA ROMPIDA NA FUSÃO	INTENSIDADE DA LIGAÇÃO QUÍMICA OU DA INTERAÇÃO INTERMOLECULAR
açúcar (sacarose)	baixa	interação intermolecular	fraca
grafite	alta	ligação covalente	forte
alumínio	alta	ligação metálica	forte
cobre	alta	ligação metálica	forte
iodo	baixa	interação intermolecular	fraca
quartzo	alta	ligação covalente	forte
iodeto de potássio	alta	ligação iônica	forte
naftaleno	baixa	interação intermolecular	fraca
ferro	alta	ligação metálica	forte
cloreto de sódio	alta	ligação iônica	forte

Relações entre a intensidade e os tipos de interações e as temperaturas de fusão de diversas substâncias.

■ Articulação de ideias p. 62

1. Comentário: O objetivo desta questão é criar a oportunidade para os estudantes refletirem e proporem modelos para a solvatação do cloreto de sódio na água. Eles não conseguirão, necessariamente, chegar sozinhos ao modelo considerado cientificamente correto. Espera-se que, a partir dos modelos propostos, você conduza a discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas.



Avis/Arquivo da editora

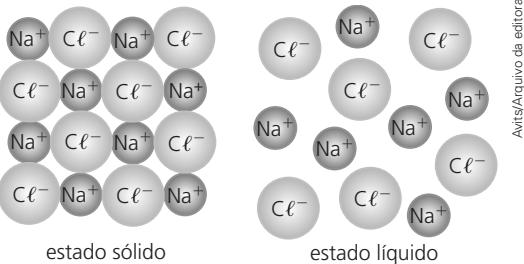
Modelo para a solvatação do cloreto de sódio na água.
Os elementos não estão representados em proporção.
Cores fantasia.

2. a) A casa que teve a tinta removida foi a casa pintada com cal, pois há formação de interações entre a cal e a água da chuva.
 b) O componente da mistura que se dissolveu foi o sal de cozinha e o que não se dissolveu foi a areia. Isso pode ser explicado pela possibilidade de se formarem interações entre sal e água, o que não ocorre entre areia e água.
Comentário: Quando ocorre a dissolução, a formação das novas interações entre soluto-solvente pode liberar energia, compensando a energia consumida na quebra das ligações/interações soluto-soluto, desde que a dissolução seja um processo exotérmico, o que nem sempre é o caso.

■ Articulação de ideias p. 63

1. a) A condução de corrente elétrica pode ser explicada pela presença de íons móveis na solução contendo cloreto de sódio (Na^+ e Cl^-), enquanto o açúcar, que é uma substância molecular, ao se dissolver em água, não forma íons que possam conduzir a corrente elétrica.
 b) No estado sólido, os íons que formam o retículo cristalino do composto iônico estão fixos e não podem se movimentar; portanto, não conduzem corrente elétrica.
 c) Sim. Nesse caso, os íons que formam o cloreto de sódio (Na^+ e Cl^-) ficam livres e podem conduzir a corrente elétrica.

- d) No estado sólido, os íons que formam o retículo cristalino do composto iônico estão fixos e não podem se movimentar; portanto, não conduzem corrente elétrica. Já no estado líquido, os íons estão livres para se movimentar, podendo conduzir a corrente elétrica.



Modelos para o cloreto de sódio no estado sólido e no estado líquido. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

- 2.**

a) Cobre e alumínio são os de uso mais comum (cobre, porque é melhor condutor, e alumínio, porque é mais barato); ligas metálicas, como constantan (composta de cobre e níquel) e nicromo (composta de níquel e cromo), usadas em resistências de aparelhos elétricos. Metais como ouro, prata e platina encontram aplicações mais específicas, como em *chips* semicondutores.

b) São todos metais.

c) A presença de elétrons móveis explica a condutividade elétrica dos metais.

■ Articulação de ideias p. 64

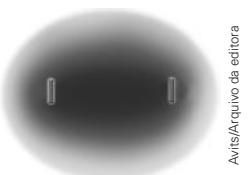
- 1.**

 - a) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\ell) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - b) Pode-se afirmar que a energia dos reagentes é maior que a dos produtos.
 - c) A energia de ligação dos produtos é maior que a dos reagentes.
 - d) Os produtos apresentam maior estabilidade que os reagentes, pois têm menor energia.

2. Quanto maior for a energia potencial química de uma substância, mais reativa e menos estável ela é. Da mesma forma, quanto menor sua energia potencial química, menos reativa e mais estável ela é.

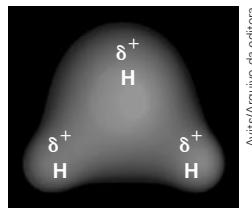
■ Articulação de ideias p. 67

1. a)



Modelo para a molécula de iodo, evidenciando a distribuição da nuvem eletrônica em torno dos dois núcleos dos átomos. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

b)



Avits/Argivne da editora

Modelo para a molécula de água, evidenciando a distribuição da nuvem eletrônica em torno dos três núcleos dos átomos. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

■ Articulação de ideias p. 69

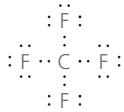
- 1. a)** Fósforo e hidrogênio:



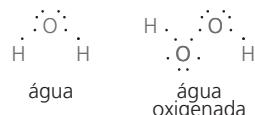
- b)** Enxofre e hidrogênio:



- c) Flúor e carbono:



2.



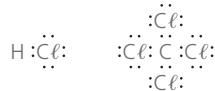
3. a)



- b)** Ligação covalente.

- 4. a)** Hidrogênio e carbono. As ligações covalentes são estabelecidas entre os ametais e ametais e hidrogênio. As ligações formadas com sódio e cálcio são do tipo iônica.

- b)



Cloreto de hidrogênio Tetracloreto de carbono

■ Articulação de ideias p. 71

- 1.**

 - a)** HBr: brometo de hidrogênio; geometria linear.
 - b)** F_2 : flúor; geometria linear.
 - c)** CH_4 : metano; geometria tetraédrica.
 - d)** NH_3 : amônia; geometria piramidal.
 - e)** CCl_4 : tetracloreto de carbono; geometria tetraédrica.

- 2.** a) trigonal plana: SO_3 (trióxido de enxofre).
 b) piramidal: PCl_3 (tricloreto de fósforo).
 c) angular: H_2O (água).
 d) linear: CO_2 (dióxido de carbono).
 e) tetraédrica: CH_3Cl (clorometano)

3. a)



b) Geometria piramidal.

4. a e b)

MOLÉCULA	POLARIDADE DAS LIGAÇÕES QUÍMICAS	POLARIDADE DA MOLÉCULA
I	polar	apolar
II	polar	polar
III	polar	polar
IV	polar	apolar
V	polar	polar
VI	polar	polar

Polaridade das ligações e das moléculas do item 4.

■ Articulação de ideias p. 75

- As cerâmicas são substâncias que devem possuir grande estabilidade, o que explica sua pouca reatividade. Possuem ligações fortes entre as partículas (ligações iônicas e covalentes), o que justifica a alta temperatura de fusão. São sólidas e devem possuir rede cristalina com espaços entre as partículas, o que justifica a baixa densidade. O fato de serem quebradiças está relacionado ao fato de as ligações serem rígidas.
- Isso pode ser explicado pelo fato de que, quanto maior for a carga, maior será a atração eletrostática entre os íons e, consequentemente, mais forte a ligação. A carga do íon Ca^{2+} é maior que a carga do íon K^+ ; portanto, a atração eletrostática é maior no composto CaF_2 .
- Porque a temperatura de fusão do sal de cozinha é muito maior (801°C) do que a temperatura que a chama do fogão pode alcançar ($> 400^\circ\text{C}$).
- No composto KNO_3 , o potássio apresenta carga +1 (K^{+1}) e o nitrato apresenta carga -1 (NO_3^-), enquanto no composto PbI_2 o chumbo apresenta carga +2 (Pb^{+2}) e o iodeto apresenta carga -1 (I^-). Dessa forma, a atração eletrostática entre os íons chumbo (II) e iodeto é maior que a atração entre os íons potássio e nitrato, pois o chumbo apresenta carga maior, o que pode colaborar para uma menor solubilidade devido à maior interação eletrostática entre os íons. Outros fatores além da carga, como o tamanho dos íons e a energia no retículo cristalino, entram na determinação da solubilidade.

■ Articulação de ideias p. 77

- a) Porque, nas panelas de barro, o calor é transmitido de um átomo a outro exclusivamente pela vibração dessas partículas. Além disso, não apresentam cargas móveis para propagar o calor; portanto, demoram a aquecer, mas também demoram a esfriar.
- b) Porque o alumínio apresenta elétrons livres que são os responsáveis pela propagação rápida do calor, ou seja, ele se aquece rápido, mas se esfria rápido também, quando perde calor para o meio.
- O copo de vidro mantém a bebida gelada por mais tempo em um dia de calor, pois o vidro não apresenta cargas em movimento capazes de conduzir o calor, enquanto o alumínio apresenta essas cargas móveis que conduzem o calor.

Resolução e comentários das seções Exercícios

■ Exercícios p. 68

1.



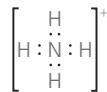
2.



3.



4.



Atividade complementar

Por que os cristais não são todos iguais?

Investigação

Nesta atividade, vocês assistirão a dois vídeos em que cristais foram produzidos. A pergunta que fica é: por que os cristais não são todos iguais?

O que fazer

1. Assistam aos vídeos do canal Pontociência indicados a seguir:

a) O cristal de metal e o tal de fractal.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5PcvI3Y1DmQ>.

b) Crescendo Cristais.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NjnxBCCUiTA>.

Acesso em: 19 set. 2020.

Reflexão

1. Quais são as principais diferenças de obtenção dos cristais nos dois vídeos?
2. Sabendo que o cristal do vídeo b foi produzido a partir de uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4), quais são as ligações químicas predominantes entre os átomos dos cristais obtidos nos dois vídeos?
3. Os cristais obtidos têm formatos bem diferentes. Elabore uma explicação para esta diferença.
4. Podemos notar no vídeo b que a tonalidade da solução diminuiu ao longo do processo. Ao que se deve esta mudança?

Resolução e comentários da Atividade complementar

Nesta atividade, os estudantes observarão em dois vídeos o crescimento de cristais de materiais diferentes para avaliar se todos os cristais são iguais ou não. Eles poderão perceber que, de acordo com a substância utilizada, o aspecto do cristal é diferente em função da organização dos átomos constituintes da estrutura, ou seja, a organização dos átomos influencia no aspecto macroscópico que observamos.

Reflexão

1. No vídeo a, o cristal é obtido pela passagem de corrente elétrica em uma solução. No vídeo b, ocorre a cristalização por evaporação do solvente da solução.
2. O CuSO_4 é uma substância iônica e, portanto, a ligação iônica é a predominante. Mas no ânion sulfato também estão presentes ligações covalentes. No cristal obtido no vídeo, foi realizada a eletrólise de uma solução de cloreto de estanho (II), que dá origem a cristais de estanho metálico e, portanto, as ligações predominantes são metálicas.
3. Os formatos dos cristais são diferentes porque estes são constituídos por substâncias diferentes. O arranjo entre os átomos no retículo cristalino, seja ele metálico ou iônico, determina o aspecto macroscópico observado.
4. A solução apresenta cor azul em função da presença dos íons Cu^{2+} . À medida que o cristal "cresce", íons cobre são retirados da solução, depositando-se sob a forma de CuSO_4 . Assim, a intensidade da cor diminui.

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Leitura

FERREIRA, M.; DEL PINO, J. C. Experimentação e modelagem: estratégias para a abordagem de ligações químicas no Ensino Médio. *Acta Scientiae*. Canoas: Editora da Ulbra. Disponível em: www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/135/125. Acesso em: 30 ago. 2020.

Neste artigo, os autores propõem o uso associado da modelagem e da experimentação para o ensino de ligações e de geometria molecular a partir da Teoria de Repulsão dos Pares de Elétrons de Valência.

MORTIMER, E. F. O significado das fórmulas químicas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc03/conceito.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Neste artigo, discute-se o significado de se atribuírem fórmulas às substâncias, tomando como exemplo a água.

Aponta-se também as possibilidades e limites dos modelos de estrutura molecular.

MORTIMER, E. F.; MOL, G. S.; DUARTE, L. P. Regra do octeto e teoria da ligação química no Ensino Médio: dogma ou ciência? *Química Nova*. São Paulo: SBQ, v. 17, n. 3, 1994. p. 243-52. Disponível em: http://static.sites.sqb.org.br/quimicanova.sqb.org.br/pdf/Vol17No3_243_v17_n3_%2811%29.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

Neste artigo, os autores tecem críticas ao ensino de ligações químicas a partir da regra do octeto.

TOMA, H. E. Ligação química: abordagem clássica ou quântica? *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 6, 1997. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc06/conceito.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo procura ressaltar que os modelos de ligação química não são absolutos; ao contrário, são construções de uma outra ordem de realidade – a realidade do mundo infinitamente pequeno –, que só podemos compreender

com o uso de teorias que se modificam com o desenvolvimento da ciência.

TRINDADE J. O.; HARTWIG, D. R. Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das ligações químicas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 34, n. 2, 2012. Disponível em: http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc34_2/06-PE-70-11.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

O artigo relata o resultado de um minicurso sobre ligações químicas, oferecido a alunos da 1^a série do Ensino Médio envolvendo estratégias diversificadas de ensino: atividades de informática (realidade virtual-3D, animações, vídeos), modelagem (modelos plásticos, bexigas) e material instrucional (apostila).

Páginas de internet

• CanvasMol

Disponível em: <https://alteredqualia.com/canvasmol/>.

Neste site podem ser observadas moléculas representadas em 3D e em outros formatos. Elas estão em permanente movimento em três eixos.

• Dissolução de NaCl em água

Disponível em: <http://www.quimica.net/emiliano/dissolucao-nacl.html>.

Nesta animação pode ser observada a representação submicroscópica para a solvatação do cloreto de sódio pela água.

• PhET – Geometria Molecular

Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecule-shapes.

Nesta simulação considera-se a construção de moléculas a partir da teoria VSEPR. Podem ser inseridos pares de elétrons não ligantes para avaliar a influência destes na geometria da molécula.

• PhET – Interações atômicas

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/atomic-interactions>.

Nesta simulação apresenta-se o poço de potencial e as forças atrativas e repulsivas entre átomos. É possível observar como o valor da energia potencial varia de acordo com os átomos envolvidos e com a distância que há entre eles.

• Simulação Microscópica da Ligação Iônica

Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=29856>.

Nesta simulação pode ser aprofundada a discussão sobre a formação das substâncias iônicas.

Acesso em: 30 ago. 2020.

Vídeos

• CCEAD PUC-Rio – É Tempo de Química – Interações Moleculares e Solubilidade – Episódio: O que mantém os átomos em uma molécula

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=tErOFH3_1mo.

O vídeo aborda a interação entre os átomos e sua relação com as propriedades das substâncias e os fenômenos físicos do nosso cotidiano.

• Pontociência – Crescendo Cristais

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NjnxBCUitA>.

Neste vídeo podemos observar o crescimento de um cristal de sulfato de cobre a partir de uma solução deste sal.

• Pontociência – Entortando o metal

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-cK72nrQyG8>.

Este vídeo aborda a maleabilidade, propriedade de substâncias metálicas.

• Pontociência – O cristal de metal e o tal de fractal

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5PcvI3Y1DmQ>.

Neste vídeo, por meio da aplicação de corrente elétrica, podemos observar o crescimento de cristais de um metal.

• Pontociência – Testador de Condutividade

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=D6-CsVamIWw>.

Este vídeo aborda a condução de eletricidade (utilizando o testador de condutividade que foi construído) pelas substâncias: açúcar, sal de cozinha, hidróxido de sódio e ácido clorídrico. É um vídeo interessante para você discutir propriedades das substâncias iônicas e moleculares.

• Pontociência – Pílulas de ciência 2 – Condutividade elétrica

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VqexYS4LrAY>.

Neste vídeo são realizados testes de condutividade para mostrar como a presença de sais dissolvidos tornam a água condutora de energia elétrica.

Acesso em: 30 ago. 2020.

Capítulo 5

Interações intermoleculares p. 79

Competências gerais: 1, 2 e 9

Competência específica: 3

Habilidades: EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303 e EM13CNT307

Objetivos do capítulo

Neste capítulo abordaremos os modelos de interações intermoleculares, a fim de que os estudantes compreendam as propriedades das substâncias moleculares. Também serão contempladas algumas propriedades dos materiais poliméricos e sólidos covalentes.

Orientações didáticas

O texto **5.1 – As interações intermoleculares e as propriedades das substâncias moleculares** (página 80) apresenta as interações estabelecidas entre as moléculas, levando em consideração seus caráteres polar ou apolar. Assim, pode ser interessante retomar rapidamente as discussões realizadas no capítulo 4 sobre a polaridade das

moléculas. Os quadros e os gráficos do Livro do Estudante destacam dados de propriedades físicas que não podem ser justificados apenas pelo tipo de ligação química entre os átomos. Surge daí a necessidade de abordar outras formas de interação entre moléculas. Este aspecto é essencial para que os estudantes possam compreender e diferenciar as propriedades das substâncias iônicas, metálicas e moleculares. Assim, a análise dos dados apresentados pode ser feita em conjunto com a turma.

Além das variações das temperaturas de ebulição, pode ser contemplada a análise da influência da polaridade das moléculas e dos tipos de interações intermoleculares estabelecidas sobre a miscibilidade de líquidos. Para isso você pode usar os vídeos do canal Pontociência indicados em *Sugestões para o professor* deste capítulo (página 248). Há uma sequência de três vídeos intitulados “Tornando líquidos imiscíveis” separados em “prever”, “observar” e “explicar”. Neles é apresentado um sistema formado por etanol, aguarrás, iodo e água e o estudante é solicitado a fazer previsões e propor explicações para o que foi exibido. Estes vídeos podem ser utilizados como uma atividade avaliativa para sistematizar as discussões realizadas sobre as interações intermoleculares. O vídeo “prever” pode ser exibido para a turma e as respostas registradas. Após, o vídeo “observar” seria exibido e novas respostas registradas e, por fim, o vídeo “explicar” fechando a discussão com a explicação teórica para o fenômeno. Para complementar esta discussão, pode ser utilizada a animação “Mistura de uma substância polar com uma apolar” indicada em *Sugestões para o professor*, que representa em nível submicroscópico a mistura entre água e hexano. Atividades como esta podem auxiliar em uma abordagem que apresente as interações intermoleculares para além dos dizeres: semelhante dissolve semelhante.

Na **Atividade 1 - Polímeros e interações intermoleculares** (página 85) os estudantes poderão observar como as interações intermoleculares podem ser um critério para definir as aplicações e usos de materiais poliméricos. Por exemplo, uma sacola plástica não pode ser usada para secar uma superfície, assim como os papéis não resistem a muito peso, apesar de ambos serem constituídos por polímeros. Estas comparações podem ser estabelecidas para que os estudantes possam compreender a importância de se analisar as propriedades de um material para definir quais usos e aplicações serão dados a ele. O texto **5.2 – Polímeros e interações intermoleculares** (página 88) retoma e explica a Atividade 1. Você pode fazer a leitura conjunta com os estudantes reavaliando as respostas dadas.

O texto **5.3 – As propriedades dos sólidos covalentes** (página 89) trata das propriedades destas substâncias que, apesar de apresentarem ligações covalentes, têm propriedades bem diferentes das substâncias moleculares.

Para observar as representações de algumas destas estruturas, você pode acessar a página CanvasMol, indicada em *Sugestões para o professor*.

Para finalizar a discussão sobre as interações intermoleculares e sólidos covalentes, pode ser feita uma atividade avaliativa com os estudantes a partir do vídeo “Jogo do disco apolar” do canal Pontociência, indicado na seção *Sugestões para o professor*. Nele, um disco de papel com uma face coberta por grafite é adicionado ao sistema formado por água e aguarrás. Os estudantes observarão que a face com grafite sempre permanece voltada para a fase de aguarrás. Podem ser feitas perguntas sobre o sistema em si, relacionando a formação de duas fases distintas pela união de um solvente polar e outro apolar e a posição destes líquidos em função das diferentes densidades, assim como a posição do disco de papel, pelos mesmos motivos. Os estudantes podem ser solicitados a nomear as interações que prevalecem neste sistema para explicar o fenômeno observado.

Resolução e comentários das atividades de investigação

D Atividade 1

Polímeros e interações intermoleculares p. 85

Nesta atividade serão avaliadas algumas propriedades dos polímeros relacionadas às interações intermoleculares.

■ Parte A – Papel molhado

TIPO DE MATERIAL	RESULTADO OBSERVADO
papel não encerado	absorve água
papel encerado	não absorve água
sacola plástica	não absorve água

Resultados dos testes da água sobre papel e plástico.

Reflexão

1. Apenas os papéis não encerados.
2. O guardanapo absorve água mais rápido que o papel de saco de pão.
3. A molécula da celulose apresenta vários grupos hidroxila ($-OH$), capazes de formar interações por ligações de hidrogênio com a água, mas a estrutura do polietileno não permite essa interação.
4. Porque os hidrocarbonetos são moléculas apolares e, portanto, não interagem com a água, que é molécula polar.

■ Parte B – Polímeros e absorção de água

Reflexão

1. Os cristais incharam, ou seja, aumentaram de tamanho.
2. A poliacrilamida pode formar interações por ligação de hidrogênio com água, a partir de seus átomos de hidrogênio ligados ao átomo de nitrogênio, aumentando de tamanho.
3. Os cristais murcharam, ou seja, diminuíram de tamanho.
4. A água forma interações íons-dipolo com os íons do cloreto de sódio, mais intensas que as interações com a poliacrilamida. Assim, a água antes incorporada é liberada e o cristal murcha.
5. Ele murchou, liberando água que dissolveu o sal.

■ Parte C – Polímeros nas fraldas

Para os itens 1 a 10 de **O que fazer**, os valores podem variar um pouco, mas o resultado que se espera para o volume final (V_f) é $V_{f1} > V_{f4} > V_{f3} > V_{f2}$ e, consequentemente, para o volume absorvido (V_a) é $V_{a2} > V_{a3} > V_{a4} > V_{a1}$.

Reflexão

1. A fralda descartável é mais eficiente, pois absorveu maior volume de água.
 2. A fralda descartável absorveu maior quantidade de líquido do bêquer 2, que continha apenas água destilada. Isso ocorre porque os íons sódio, do poliacrilato de sódio, interagem fortemente com as moléculas de água. Nas soluções aquosas de NaCl , essa interação também ocorre, competindo com a absorção de água pela fralda descartável. Quanto mais concentrada é a solução, menor é a absorção de água pela fralda.
- Após a realização da atividade, pode ser válido realizar com os estudantes uma reflexão a respeito do volume de lixo produzido no caso da fralda descartável em comparação com o da fralda de algodão. A ideia é que os estudantes possam ponderar também a questão da sustentabilidade ao decidir qual é o tipo de fralda que tem a melhor relação custo-benefício.

Resolução e comentários das seções Articulação de ideias

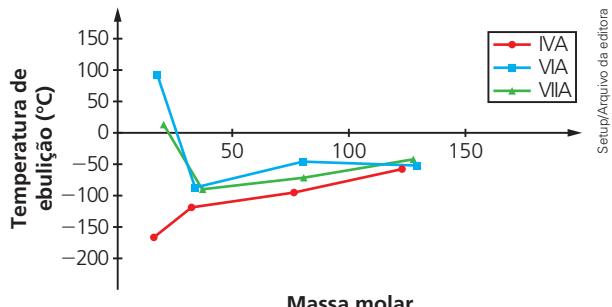
■ Articulação de ideias p. 84

1. A seguir, o quadro solicitado no item.

FÓRMULA DO HIDRETO	MASSA MOLAR (g/mol)	TEMPERATURA DE EBULIÇÃO (°C)	GRUPO DA TABELA PERIÓDICA
CH_4	16	-161,4	14 (4A)
SiH_4	32	-112	14 (4A)
GeH_4	76,6	-88,5	14 (4A)
SnH_4	122,7	-52	14 (4A)
H_2O	18	100	16 (6A)
H_2S	34	-85,5	16 (6A)
H_2Se	81	-41,5	16 (6A)
H_2Te	129,6	-49	16 (6A)
HF	20	19,5	17 (7A)
$\text{HC}\ell$	36,5	-85	17 (7A)
HBr	81	-67	17 (7A)
HI	128	-35	17 (7A)

Temperaturas de ebulação para alguns hidretos e sua correspondência ao grupo da tabela periódica.

- 2.



Temperatura de ebulação para os hidretos em função da massa molar.

3. a) Quanto menor for a massa molar, menor será a temperatura de ebulação.
- b) A força da interação é proporcional à massa molar. A massa molar está relacionada ao tamanho das partículas. Assim, quanto maior é a massa molar, maior é o número de interações entre as moléculas e mais forte a ligação entre elas. Portanto, maior será temperatura de ebulação.
4. a) H_2O e HF .
- b) Nas duas substâncias existe uma interação intermolecular conhecida como ligação de hidrogênio, que é uma interação relativamente forte, quando comparada às outras interações intermoleculares. Quanto mais forte a interação, maior a temperatura de ebulação.

5. As moléculas polares, como o HF, apresentam maior temperatura de ebulição que as moléculas apolares como o CH₄. Isso ocorre porque as interações entre moléculas apolares são do tipo Van der Waals, que são interações mais fracas do que as interações entre moléculas polares, que podem ser do tipo dipolo-dipolo. No caso específico do HF, a interação dipolo-dipolo é do tipo ligação de hidrogênio.

■ Articulação de ideias p. 89

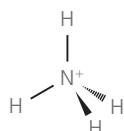
1. No papel molhado, as moléculas de água estabelecem interações com as moléculas de celulose, diminuindo as interações entre as próprias moléculas da celulose. O enfraquecimento das interações intermoleculares da celulose torna o material mais suscetível ao rompimento e, por isso, é mais fácil rasgar o papel molhado.
2. Não. O comportamento seria semelhante ao experimento que comparou a água destilada e as soluções aquosas de NaCl, ou seja, a urina seria absorvida em menor quantidade, assim como foram as soluções salinas.
3. Cortar 10 pedaços idênticos do recheio de uma fralda descartável, medindo a massa de cada um na balança, de modo a obter o mesmo valor. Em 10 bêqueres de 100 mL, colocar um pedaço de recheio em cada e acrescentar 50 mL de água, medidos em uma proveta. Após 30 minutos, medir o volume residual no primeiro bêquer, com o auxílio da proveta, e calcular o volume absorvido pela diferença entre o volume inicial e o volume residual. Repetir o procedimento, com os bêqueres subsequentes, a cada 30 minutos, até que se obtenham três valores iguais para o volume absorvido. Esse é, portanto, o volume máximo de absorção. Pode-se também construir um gráfico com os dados de tempo (no eixo da abscissa) e volume absorvido de água (no eixo da ordenada). O valor constante que será obtido na curva corresponde ao volume máximo absorvido. Ao final, divide-se esse valor pela massa do recheio, obtendo-se o volume máximo de água absorvido por grama do recheio.

Resolução e comentários das Questões de exames p. 90

■ Capítulo 4

1. B

De acordo com o modelo de repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (VSEPR), considerando apenas os átomos ligados ao átomo central, a geometria da molécula é tetraédrica.



2. a) Considerando os átomos constituintes (ametais) do composto sólido hipotético, podemos classificá-lo como molecular porque são estabelecidas ligações covalentes interatômicas.

b) Considerando a presença de átomos com eletronegatividades diferentes na molécula, ela terá caráter polar e a força intermolecular presente é do tipo dipolo-dipolo.

c) As forças de Van der Waals (dipolo-dipolo induzido) mantêm a película (apolar) adherida ao vidro (de caráter predominantemente apolar).

3. A

I. Moléculas são formadas pela união de átomos por meio de ligações covalentes estabelecidas entre ametais, como no gás nitrogênio. De acordo com o modelo cinético molecular, a interação entre as moléculas de um gás é insignificante e estas se movem livremente.

II. O modelo de mar de elétrons faz referência às substâncias metálicas formadas por átomos da classe dos metais.

III. Uma rede cristalina composta de íons de cargas opostas é característica de substâncias iônicas geralmente formadas pela união de átomos das classes dos metais e ametais, como no cloreto de sódio (NaCl).

4. A

Na sequência, temos:

(5) Ligações covalentes são estabelecidas entre os átomos de carbono (ametais).

(3) A molécula de iodo é apolar e há, portanto, interações intermoleculares do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido entre elas.

(4) A ligação estabelecida entre íons de carga oposta é a iônica.

(2) Entre as moléculas de NH₃ são estabelecidas as ligações de hidrogênio em função da interação entre os átomos de hidrogênio de uma molécula e os átomos de nitrogênio de outra molécula.

(1) As moléculas de CH₃Cl são polares e entre elas são estabelecidas interações do tipo dipolo-dipolo.

5. C

Quanto maior a diferença entre os valores de eletronegatividade dos átomos, maior o caráter iônico da ligação. Assim, avaliando os pares indicados nas alternativas da questão, vemos que os valores de eletronegatividade mais distantes estão no par 17 e 57. Consultando a tabela periódica, temos cloro (Cl) e lantânio (La), respectivamente.

6. D

As ligações iônicas geralmente são estabelecidas entre metais e ametais; as covalentes, entre ametais; e as metálicas, entre metais.

7. E

Nas substâncias moleculares são estabelecidas ligações covalentes entre os átomos. Essas substâncias não são boas condutoras de corrente elétrica porque não apresentam cargas livres mesmo quando líquidas ou em solução. Comente com os estudantes que, apesar de a questão trazer o termo “pontos de ebulação”, ele não é recomendado, porém, ainda pode aparecer em livros e vestibulares. Atualmente, utiliza-se o termo “temperatura de ebulação”.

8. C

Abaixo, está representada a fórmula eletrônica de Lewis para a molécula de nitrogênio.



Entre os átomos de nitrogênio são estabelecidos três compartilhamentos de pares de elétrons, o que configura uma ligação tripla.

■ Capítulo 5

1. D

Devido às diferenças de eletronegatividade entre carbono e oxigênio, as ligações estabelecidas na molécula são covalentes polar. No entanto, a molécula apresenta geometria linear e é apolar. Assim, as interações intermoleculares estabelecidas entre as moléculas são as forças de Van der Waals.

2. B

- I. Algumas substâncias iônicas são solúveis em água. Nesse processo, ocorre a dissociação dos íons que, livres em solução, possibilitam a condução de corrente elétrica.
- II. Substâncias iônicas são geralmente quebradiças.
- III. Substâncias iônicas geralmente têm altas temperaturas de fusão.

3. E

A água é polar, e podemos inferir que a gasolina não é polar, porque não se dissolve em água. Assim, substâncias solúveis em água provavelmente não serão solúveis em gasolina ou terão baixa solubilidade. Observando que as substâncias I e III são solúveis em água, mas pouco solúveis em gasolina, podemos inferir que elas são polares.

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Leitura

CURI. D. Polímeros e interações intermoleculares. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 23, maio 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc23/a05.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2020.

O artigo mostra uma possibilidade de se trabalhar o conceito de interações intermoleculares por meio de experimentos simples, empregando-se materiais poliméricos como papel, sacola plástica, gel para plantas e fraldas descartáveis.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E. Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 29, ago. 2008. p. 20-3. Disponível em: <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc29/05-RSA-1008.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2020. O artigo apresenta e discute uma abordagem calcada na problematização para o estudo das interações intermoleculares e alguns conceitos relacionados.

MARCONATO, J. C.; FRANCHETTI, S. M. M. Polímeros superabsorventes e as fraldas descartáveis: um material alternativo para o ensino de polímeros. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 15, maio 2002. Disponível em: <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc15/v15a09.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2020.

Neste trabalho propõe-se uma forma alternativa para o ensino de polímeros por meio da utilização das fraldas descartáveis, um material constituído essencialmente de polímeros de origem natural ou sintética.

Páginas de internet

• CanvasMol

Disponível em: <https://alteredqualia.com/canvasmol/>. Neste site podem ser observadas moléculas representadas em 3D e em outros formatos. Elas estão em permanente movimento em três eixos.

• Mistura de uma substância polar com uma apolar

Disponível em: <http://www.quimica.net/emiliano/polar+apolar.html>. Nesta animação pode ser observada a representação submicroscópica para a mistura de hexano e água. Acesso em: 29 ago. 2020.

Vídeos

• Pontociência – Jogo do disco apolar

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ny5fowixZoQ>. Neste vídeo podemos observar a interação de um disco de papel coberto em uma face por grafite com um sistema formado por água e aguarrás.

• Pontociência – Óleo e glicerina: solubilidade em água

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=j33s7x4dBtQ>. Neste vídeo são observados sistemas formados por água, glicerina e óleo, e como o detergente age sobre eles.

• Pontociência – Tornando líquidos imiscíveis - Prever

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=sW_5rWpjslc. Parte 1 de 3. Neste vídeo é exibido um sistema formado por álcool etílico, hexano e iodo. O vídeo termina pedindo que se faça uma previsão sobre o que acontecerá se água for adicionada ao sistema.

• Pontociência – Tornando líquidos imiscíveis – Observar

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Esh5Ay7To24>. Parte 2 de 3. Na segunda parte do experimento, água foi adicionada ao sistema contendo álcool etílico, hexano e iodo.

• Pontociência – Tornando líquidos imiscíveis – Explicar

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=V52qGMWHPk4>. Parte 3 de 3. Na terceira parte do experimento, faz-se a explicação para o observado após a adição de água ao sistema.

Acesso em: 29 ago. 2020.

Energia

Essa unidade terá como tema principal as transformações de energia que ocorrem tanto de maneira natural quanto por meio de máquinas. Será possível, portanto, contextualizar o conteúdo dos capítulos de diversas maneiras, permitindo aos estudantes atribuir novos significados a elementos comuns do cotidiano, como os fenômenos térmicos, os processos de propagação de calor e as pilhas. O estudo das transformações de energia permitirá aos estudantes compreender também as maneiras pelas quais a energia elétrica pode ser armazenada. Esse tema fornecerá as bases para uma discussão de extrema importância para o contexto socioambiental atual, que é a busca por possibilidades de armazenamento de energia elétrica oriunda de fontes renováveis e sustentáveis de energia. A fotografia de abertura da unidade pode ser usada para introduzir um diálogo com os estudantes a respeito desse assunto.

No capítulo 6, serão abordados, inicialmente, conceitos relacionados ao estudo da Termologia. Nesse capítulo, será importante esclarecer aos estudantes a diferença entre o uso de termos como “calor” no contexto da ciência e no cotidiano. Serão trabalhados também os processos de transferência de calor, utilizando a mudança de estados físicos da água como contexto.

O capítulo 7 introduzirá o estudo das leis da Termodinâmica e das transformações de energia que ocorrem por meio das máquinas térmicas. O estudo dessas máquinas permitirá estabelecer com os estudantes discussões a respeito do impacto do surgimento delas na sociedade e, mais especificamente, nos setores produtivos.

Por fim, no capítulo 8, serão abordados as transformações químicas e os processos de oxirredução que ocorrem na geração de energia elétrica.

Por meio dessa unidade será possível retomar, por exemplo, as habilidades EF07CI02, EF07CI03, EF07CI05 e EF08CI03 desenvolvidas nos anos finais do Ensino Fundamental.

Capítulo 6

Calor, temperatura e propriedades térmicas dos materiais p. 94

Competências gerais: 1, 2 e 9

Competências específicas: 1 e 3

Habilidades: EM13CNT102, EM13CNT301, EM13CNT302

Objetivos do capítulo

Neste capítulo, vamos abordar os conceitos de temperatura, calor e energia térmica por meio da leitura de textos, de experimentos simples e da discussão de conhecimentos prévios. Pretendemos que os estudantes sejam capazes de definir calor como energia em trânsito entre corpos a diferentes temperaturas e que essa transferência tem um sentido determinado. Além de diferenciar temperatura, calor e sensação térmica nas diferentes situações cotidianas, vamos reconhecer e compreender as escalas termométricas e analisar os processos de transmissão de calor. Estudaremos, também, como cada material apresenta propriedades específicas relacionadas à capacidade de armazenar energia térmica e troca de calor, como o calor específico, a condutividade térmica e o calor latente. Por fim, vamos abordar os efeitos de dilatação térmica dos materiais.

Orientações didáticas

O capítulo inicia abordando os conceitos de calor, temperatura e equilíbrio térmico. Esses temas estão presentes no cotidiano dos estudantes, mas, por meio do estudo da Termodinâmica, espera-se que eles compreendam e se apropriem das terminologias científicas adequadas para a descrição dos fenômenos térmicos, promovendo, assim, o seu letramento científico. Por serem temas comuns ao dia a dia, as possibilidades de contextualização são diversas, por isso, sugerimos explorar situações que possam ampliar o senso crítico dos estudantes, relacionando os assuntos com questões e processos da sociedade e do meio ambiente.

Para iniciar o estudo dos fenômenos térmicos, sugerimos discutir as concepções prévias que os estudantes têm acerca dos termos calor e temperatura. Alguns questionamentos podem nortear a discussão, como: “O que significa dizer que alguém está com calor?”, “O que significa dizer que estamos com frio?”, “Calor e temperatura têm o mesmo significado?”. Além dessas perguntas, a leitura do texto de abertura do capítulo (página 94) apresenta diversos exemplos de situações nas quais os conceitos da Termologia estão presentes. A imagem de abertura, que retrata calotas polares derretendo, pode proporcionar a reflexão e o debate sobre a importância de compreender os processos de transmissão de calor para propor soluções que visem ao desenvolvimento sustentável e à preservação da vida no planeta. Pode-se concluir essa abordagem inicial indicando que esses e outros temas poderão ser compreendidos e analisados por meio do estudo da Termologia, desenvolvido ao longo do capítulo.

O desenvolvimento da **Atividade 1 – Termômetros** (página 95) proporciona o ponto de partida para o estudo dos conceitos de calor, temperatura e equilíbrio térmico por meio da investigação do funcionamento de termômetros. Estes instrumentos permitem quantificar o grau de agitação das moléculas do corpo analisado, tarefa que não pode ser realizada com o uso de nossos sentidos. Pontue que, apesar de um copo de vidro parecer parado, sua estrutura a nível molecular está em constante agitação. Após a realização da atividade, é importante discutir com os estudantes por que é necessário esperar um determinado intervalo de tempo para que a temperatura seja corretamente aferida pelo termômetro. As respostas servirão para conceituar equilíbrio térmico, conforme proposto no texto **6.1 – Temperatura, equilíbrio térmico e calor** (página 96). É essencial que os estudantes compreendam que esse tempo decorre do fato de que a transferência de energia entre as partículas de um corpo não ocorre instantaneamente. A transferência de calor pode ocorrer de diversas formas, o que será estudado no decorrer do capítulo, mas é interessante discutir, por exemplo, por que é recomendado posicionar o sensor do termômetro sob as axilas. Essa recomendação visa aumentar a superfície de contato da pele com o sensor, otimizando o processo de condução de calor e eliminando possíveis interferências na aferição da temperatura. A partir da discussão sobre o funcionamento dos termômetros, pode-se definir o conceito de temperatura e calor. A temperatura é a grandeza associada à energia de agitação das partículas que compõem um corpo. O calor, por outro lado, é energia térmica em trânsito que flui espontaneamente entre dois sistemas a diferentes temperaturas. É importante deixar claro para o estudante que a troca de calor sempre vai ocorrer espontaneamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, não existindo, assim, a transferência de “frio”. É possível que um corpo de menor temperatura ceda calor a um de maior temperatura, mas esse processo não ocorre espontaneamente, sendo necessário forçá-lo com o uso de máquinas térmicas, como ocorre nos refrigeradores. Ainda assim, nesse caso, não há transferência de “frio”, mas a transferência de calor entre dois corpos.

Recomendamos a leitura em sala do boxe **Regulação térmica nos seres humanos** (página 96), que trata dos processos de regulação de temperatura do corpo humano. O vídeo “Por que meu corpo sempre tem 37 °C de temperatura?”, indicado em *Sugestões para o professor*, pode ser utilizado para complementar esse assunto. Debata com os estudantes sobre quais são as temperaturas, mínima e máxima, que um corpo consegue suportar. Essa discussão pode servir como ponto inicial de uma atividade de pesquisa e reflexão sobre as condições necessárias para a existência de vida, encaminhada em

parceria com o professor de Biologia. Para ampliá-la, pode-se apresentar o tardigrado, uma criatura que consegue sobreviver em temperaturas inferiores a -270°C e superiores a 150°C , utilizando o texto: “Tardigrado: o animal mais resistente do planeta”, indicado em *Sugestões para o professor*.

Dando sequência ao estudo de temperatura, os tipos de termômetro são apresentados. É importante destacar que cada tipo de termômetro usa uma propriedade termométrica diferente: a dilatação de um líquido, a resistência elétrica de um sólido, as mudanças de cores dos objetos, etc. Se possível, providencie alguns termômetros de diferentes tipos para que os estudantes possam testar e ampliar seu interesse pelo funcionamento e aplicação de cada um. Uma reflexão que pode ser proposta é sobre o tipo de termômetro mais apropriado para ser utilizado em barreiras sanitárias e no combate a pandemias causadas por doenças contagiosas. Espera-se que eles reconheçam que o termômetro deve ser capaz de aferir a temperatura a certa distância, como o termômetro de infravermelho.

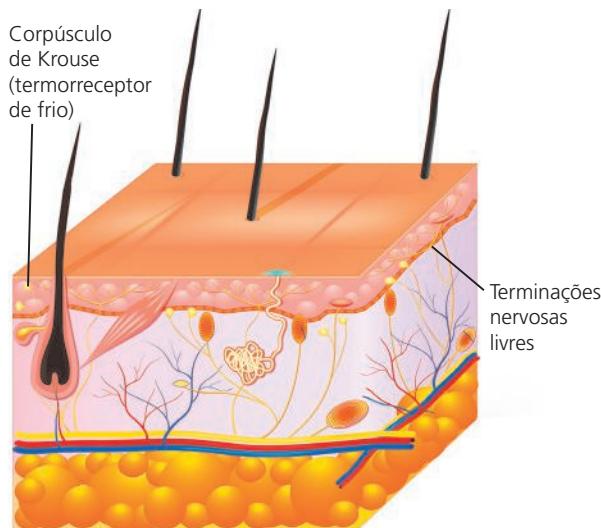
A partir do conhecimento dos instrumentos de medida, torna-se importante trabalhar as escalas termométricas. O artigo “Junho de 2019 foi mês mais quente já registrado no planeta, dizem EUA” indicado em *Sugestões para o professor*, pode contribuir para despertar a curiosidade sobre as diferentes escalas de temperatura utilizadas no Brasil e nos Estados Unidos. A escala Celsius, apesar de ser a mais utilizada no nosso cotidiano, não é a escala utilizada para medidas científicas. O Sistema Internacional de Unidades determinou que a unidade de medida fundamental para a temperatura é o kelvin. Já a escala Fahrenheit é utilizada nos Estados Unidos, Bahamas, Ilhas Cayman, Libéria, Palau, Estados Federados da Micronésia e as ilhas Marshall.

Como atividade de ampliação, pode-se propor aos estudantes que pesquisem outras escalas de temperatura, como a escala Fahrenheit, a escala Réaumur e a escala Rankine, indicando o contexto histórico no qual foram desenvolvidas, as diferenças entre os pontos fixos de cada escala e como elas se relacionam com a escala Celsius. Os resultados da pesquisa podem ser apresentados na forma de um relatório, infográficos, vídeos, etc.

A **Atividade 2 – Temperatura e sensação de quente e frio** (página 99) pode ser utilizada para discutir o conceito de sensação térmica. A partir desta atividade, apresente o conceito de condutividade térmica, discutida no texto **6.2 – Sensação e condutividade térmica** (página 100), grandeza que quantifica a capacidade dos materiais de conduzir calor. Durante a realização da atividade, os estudantes perceberão que o metal parecerá mais frio do que a madeira. Esta observação poderá servir como base para um debate sobre a diferença entre sensação térmica e temperatura. O texto a seguir pode subsidiar essa discussão.

Como nosso corpo processa as sensações de frio e quente?

A sensação térmica é a maneira como nossos sentidos percebem a temperatura do ambiente e de objetos. Ela é mediada pelos termorreceptores, receptores nervosos presentes na pele capazes de captar estímulos de natureza térmica, representados na figura abaixo.



A pele humana possui diversos tipos de sensores que podem captar estímulos de natureza térmica, como os sensores de frio e as terminações nervosas livres. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

A atividade dos sensores de frio ocorre entre -5°C a 45°C , enquanto a dos sensores de calor ocorre entre 30°C e 47°C . A partir de 45°C , os receptores de dor aumentam a sua atividade, pois temperaturas acima desse valor podem comprometer a nossa integridade física.

A partir da leitura desse texto, é possível debater a questão: a temperatura considerada confortável para nosso corpo é cerca de 22°C , ou seja, muito menor do que a do nosso corpo, que é acima de 36°C . Conhecendo os conceitos de troca de energia térmica e o que gera a sensação de “frio” e “calor”, a essa temperatura, nós estaríamos com frio, pois estaríamos perdendo calor para o ambiente ao nosso redor. Então, para essa temperatura, não deveríamos estar sentindo “frio”? Nossa corpo percebe essa temperatura como ideal, pois estamos em processo de metabolização constante, gerando energia a todo momento. Esse processo faz nosso corpo aumentar de temperatura, por isso precisamos de um ambiente a temperatura mais baixa, para que possamos ceder parte desse calor e manter nossa temperatura interna entre 36°C e 37°C . Um exemplo de como nossa atividade metabólica gera energia térmica é quando nos exercitamos. A Atividade complementar 1 – Sensação térmica pode ser realizada para aprofundar esse assunto.

A **Atividade 3 – Temperatura e calor** (página 100) inicia o estudo sobre trocas de calor. É importante que o estudante compreenda que a quantidade de calor trocada é

proporcional à massa e à diferença de temperatura entre os corpos, e também ao calor específico, uma propriedade do material. Por isso, a equação que define quantidade de calor trocada não apresenta apenas a temperatura de um corpo, mas a diferença de temperatura entre o corpo e outro externo a ele. Além disso, é importante salientar que a transferência de calor só ocorre em um sentido de forma espontânea: do sistema de maior para o de menor temperatura. Sendo o calor energia térmica em trânsito, as unidades de medida da quantidade de calor são as mesmas de energia. É comum utilizar a caloria como unidade de medida para essa grandeza, mas pode-se utilizar o joule e outras unidades de medida para energia. Na relação de proporção apresentada na atividade, chamada de equação fundamental da calorimetria, a constante que aparece é o calor específico e, assim como a condutividade térmica, depende das características do material. Esse conceito pode ser contextualizado com situações diversas do cotidiano dos estudantes. Sugermos utilizar algumas dessas situações para que o estudante comprehenda que, quanto maior o calor específico de um corpo, maior será a quantidade de energia necessária para elevar sua temperatura. Um bom exemplo é o da diferença de temperatura entre a areia e a água do mar ao final do dia. Nesse exemplo, a temperatura da água é superior à da areia da praia, pois o calor específico da água é maior do que o da areia. O texto **6.3 – Calor e temperatura na linguagem cotidiana e na ciência** (página 102) discute as trocas de calor e os termos relacionados aos fenômenos térmicos utilizados cotidianamente. Esse debate mobiliza os conhecimentos adquiridos até então e contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico e científico do estudante. O texto descreve diversas situações cotidianas utilizando as terminologias científicas adequadas. O objetivo é promover o letramento científico dos estudantes, para que eles identifiquem e se apropriem das linguagens próprias das ciências para a descrição de fenômenos naturais. A partir da leitura do texto sobre as teorias científicas sobre o calor, os estudantes podem compreender a dinâmica da construção do conhecimento científico. Pode-se propor, por exemplo, uma atividade para os estudantes representarem os modelos correspondentes às teorias apresentadas no texto e, ainda, indicar situações nas quais as previsões dessas teorias falham. Essa proposta contribui para que os estudantes se apropriem dos procedimentos e práticas das Ciências da Natureza, no caso, a representação de modelos explicativos e a construção e avaliação de hipóteses.

No texto anterior, foi utilizado o conceito de energia interna para descrever as situações. Esse conceito é definido no texto **6.4 – Temperatura e energia interna de um sistema** (página 103). Novamente, essa é uma oportunidade para desenvolver a habilidade de representação de modelos explicativos. Pode-se, por exemplo, solicitar aos estudantes que representem as partículas de um gás

ou de um líquido para que eles relacionem as possíveis energias das partículas (energia cinética de translação, de rotação e de vibração) à temperatura.

O objetivo da **Atividade 4 – Propriedades térmicas dos materiais** (página 103) é investigar o calor específico dos materiais e como essa propriedade influencia as trocas de calor nos quais eles participam. Essa grandeza é trabalhada no texto **6.5 – Calor específico** (página 104). O quadro 6.2 pode ajudar a compreender algumas situações, como por que um bloco de cobre e um bloco de vidro, de mesma massa, quando recebem a mesma quantidade de calor, atingem temperaturas diferentes. A resolução de exercícios numéricos reforça a compreensão das grandezas térmicas anteriores.

Para abordar os conceitos de calor latente de fusão e de vaporização, trabalhados no texto **6.6 – Calor latente de fusão e de vaporização** (página 105), pode-se realizar um experimento simples com um termopar ou termômetro que permita medir temperaturas em torno de 0 °C e um recipiente de vidro com gelo. O vidro permite que os estudantes visualizem as transformações do experimento. Promova o aquecimento do conjunto (recipiente e gelo) e meça a temperatura do sistema enquanto o gelo derrete. As medidas podem ser registradas no quadro, em um gráfico de temperatura em função do tempo; dessa maneira, os estudantes poderão perceber que a temperatura do sistema permanecerá estável em um intervalo de tempo. Essa temperatura corresponde ao ponto de fusão do gelo. Promover atividades experimentais é essencial para o aprofundamento do conhecimento científico, pois a relação entre a prática e a teoria potencializa o processo de ensino-aprendizagem. Para tanto, é essencial incentivar os estudantes a elaborar previsões antes da realização do experimento, e analisar e interpretar os resultados. Esse experimento simples permite que os estudantes percebam que parte do calor que está sendo transferido ao sistema é utilizado em um processo que não resulta no aumento da temperatura da amostra de gelo. Discuta com eles o que pode estar acontecendo com essa energia. Considerando que energia não pode ser destruída, pois é sempre conservada, essa energia que não observamos no processo de mudança de estado está sendo utilizada para mudar o estado de agregação molecular da amostra. É interessante comentar que esta é a razão de reduzir a chama do fogão (“abaixar o fogo”) depois que o líquido entra em ebulição, quando cozinharmos alimentos em água. Por exemplo, quando cozinharmos arroz, se mantivermos a chama alta após o sistema atingir o ponto de ebulição, a energia transmitida pela chama será utilizada para transformar líquido em vapor e não para aumentar a temperatura do sistema. Isso fará com que a água “seque” mais rápido, e não altera o tempo de cozimento. Esse tipo de comentário permite demonstrar como situações cotidianas podem ser compreendidas por meio do

conhecimento científico, contribuindo para a economia doméstica e para a adoção de ações sustentáveis.

O estudo dos fenômenos térmicos continua com o assunto das formas de transmissão de calor: condução, convecção e irradiação, abordadas no texto **6.7 – Formas de propagação e calor** (página 106). A realização da **Atividade 5 – Condução de calor em metais** (página 106) permite investigar experimentalmente o processo de condução térmica. Antes de explorar as figuras 6.25 e 6.26, pode-se pedir aos estudantes que produzam esquemas representativos das situações da atividade, considerando o movimento das partículas que constituem os objetos submetidos à fonte de calor. O quadro 6.4, na página 108 do Livro do Estudante, pode ser utilizado para investigar os materiais que compõem os objetos cotidianos, desde o material escolhido para o revestimento de nossas habitações, ao escolhido para a confecção de panelas e utensílios de cozinha. A figura 6.27, na página 108 do Livro do Estudante, pode servir como ponto inicial de uma atividade em parceria com o professor de Geografia sobre habitações em diversas regiões do mundo, considerando os aspectos culturais, naturais e de sustentabilidade.

A **Atividade 6 – Propagação do calor na água** (página 109) permite a visualização do processo de convecção térmica por meio de uma situação muito comum: a fervura de um líquido. Além desta atividade, a **Atividade complementar 2 – Correntes de convecção em um copo de leite** e a **Atividade complementar 3 – Correntes de convecção no ar** podem ser realizadas para a investigação da propagação de calor por convecção. Outro exemplo familiar aos estudantes é o processo de funcionamento de um refrigerador caseiro, abordado no boxe **Por que nas geladeiras que contêm apenas uma porta as prateleiras são grades?** (página 110). É importante destacar que este fenômeno ocorre somente em fluidos, líquidos ou gases, pois, nesse processo há transporte de matéria, o que não poderia acontecer em um sólido. A seção **Articulação de ideias** (página 110) retoma o problema da diferença de temperatura entre a areia da praia e água do mar, com o objetivo de compreender as correntes de convecção que se formam por causa dessa diferença. Sugerimos que aproveite o tema para abordar uma questão relativa a um problema das grandes cidades: a inversão térmica. Os estudantes poderão fazer uma pesquisa sobre o fenômeno, elaborando, como produto final, um desenho ou esquema explicativo. É importante que se dê destaque aos tipos de poluentes que estão presentes nesse tipo de fenômeno e como podemos reduzir a incidência desses poluentes nas nossas cidades. O artigo “Saiba como a inversão térmica pode agravar os efeitos da poluição”, indicado em *Sugestões para o professor*, pode servir como subsídio para essa discussão, que pode ser desenvolvida em parceria com a área de Biologia.

A **Atividade 7 – Radiação térmica** (página 111) aborda a terceira forma de transmissão de calor: a radiação. Destaque o papel do Sol como fonte principal de calor do nosso planeta. É importante destacar que esse é um processo que independe de um meio material como intermediário, diferentemente dos outros dois processos estudados. Diversos exemplos podem ser utilizados para explorar os processos de propagação de calor, como a garrafa térmica e a estufa. O texto “A garrafa térmica”, indicado em *Sugestões para o professor*, pode servir como subsídio para a exploração desses exemplos. A figura 6.34, na página 112 do Livro do Estudante, representa o funcionamento de um coletor solar, que utiliza os três processos de propagação de calor. Essa é uma oportunidade para debater com os estudantes outras possibilidades de dispositivos térmicos que visem à sustentabilidade, considerando o que aprenderam sobre os processos de propagação de calor. Pode-se, por exemplo, organizar os estudantes em grupos e pedir que proponham ou pesquisem um dispositivo que reduza o consumo de recursos naturais não-renováveis para a refrigeração ou aquecimento de ambientes, para ser utilizado no cultivo de alimentos, para a produção de vestimentas, para a construção de habitações, etc. Alguns exemplos que podem ser citados são os isolamentos térmicos sustentáveis utilizados na construção civil, como o forro de embalagem longa vida, ou embalagens térmicas produzidas com fibras de coco.

Por último, o capítulo propõe o estudo da dilatação térmica no texto **6.8 – Dilatação térmica** (página 112). Já trabalhamos o conceito de temperatura associado à energia de agitação molecular de um material. Partindo deste conceito, quando um sólido sofre aumento de temperatura, seus átomos passam a vibrar mais intensamente, fazendo com que a separação média entre os átomos aumente. Esse processo ocorre de forma diferente em cada material e, para caracterizar essa diferença, utilizamos uma constante chamada coeficiente de dilatação. Sugerimos que seja feita uma discussão para avaliar a familiarização com o tema. Questione os estudantes se eles já observaram em seu dia a dia materiais que sofreram algum tipo de dilatação. Alguns exemplos simples são os pisos ou paredes com rachaduras. Caso não seja mencionado na discussão, explique que, durante a construção de pontes e viadutos, deixam-se pequenas fendas para que essas estruturas possam dilatar de modo a evitar rachaduras e danos à estrutura. Pontue que a dilatação térmica pode ser descrita como linear, superficial ou volumétrica, mas que, em todos os casos, ela depende do tamanho inicial do objeto, do material de que ele é feito e da variação de temperatura. A dilatação linear, por exemplo, ocorre quando a variação no comprimento do objeto é muito maior do que a variação de suas demais dimensões. Quando as dimensões são comparáveis, faz-se uso da dilatação volumétrica. A *Atividade complementar 4 – Propriedades térmicas do ar e da água* pode ser realizada para aprofundar as reflexões sobre a dilatação dos

materiais. Para ampliar os conhecimentos sobre a dilatação dos materiais, sugerimos uma atividade de pesquisa sobre a dilatação anômala da água e a sua importância para a manutenção da vida aquática. A questão 1 da seção **Articulação de ideias** (página 113) pode servir como ponto inicial para o debate sobre esse importante fenômeno. A seção **Exercícios** (página 113), que finaliza o capítulo, permite aplicar as relações estudadas e revisar os conceitos de Termologia. Mesmo considerando essencial dar prioridade aos conceitos físicos em detrimento da aplicação de equações, estes exercícios permitem que o estudante aplique os conhecimentos científicos adquiridos utilizando uma linguagem própria das ciências.

Resolução e comentários das Atividades de investigação

D Atividade 1

Termômetros p. 95

Nesta atividade, os estudantes investigarão as condições necessárias para a aferição correta de temperaturas com o uso de termômetros. É uma oportunidade para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os conceitos de temperatura, calor e equilíbrio térmico.

Deve-se tomar cuidado com a manipulação das fontes de calor, para que não ocorra acidentes.

Reflexão

- O termômetro clínico utiliza um sensor que capta a temperatura emitida pela pessoa ao ser posto em contato com alguma parte do corpo da pessoa. A partir desse sensor, constituído de um termorresistor, um sinal elétrico é levado para um processador digital que calcula a temperatura corporal. O termômetro de laboratório utiliza um material, normalmente álcool com corante, que sofre grande dilatação com pequenos incrementos de temperatura. Esse termômetro possui uma escala previamente calibrada que relaciona a dilatação do material com a variação de temperatura.
- O sensor, normalmente localizado em uma das extremidades, deve estar em contato com o corpo.
- Deve-se esperar um intervalo de tempo para que a transferência de calor ocorra entre o corpo e o termômetro, para que o equipamento esteja em equilíbrio térmico com o corpo. Pode-se, por exemplo, citar que alguns dispositivos emitem um aviso sonoro que indica o instante em que se pode cessar o contato do termômetro e realizar a leitura.

- 4.** O termômetro clínico possui um sensor que precisa estar em contato com o corpo. Indica-se que seja utilizado em regiões do corpo que permitam cobrir o sensor por completo, como a região das axilas. Se utilizado para medir a temperatura de um objeto rígido, a medida poderá ser incorreta, pois a interferência do ar e mesmo a faixa de temperatura na qual o termômetro opera, aproximadamente entre 30 °C e 45 °C, pode gerar erros nas medidas. Para medida de temperatura de objetos, o ideal é utilizar um termômetro específico para esse fim.
- 5.** O texto “Tensão elétrica indica a temperatura nas ruas”, indicado no boxe **Para saber mais**, na página 113 do Livro do Estudante, pode servir como subsídio para a pesquisa e debate dos resultados.

Atividade 2

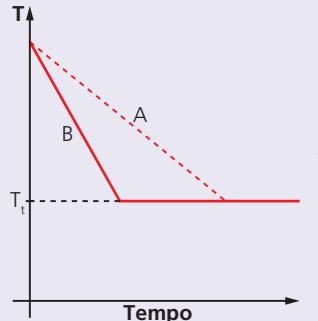
Temperatura e sensação de quente e frio p. 99

Nesta atividade, os estudantes vão utilizar os conhecimentos sobre temperatura e equilíbrio térmico para investigar os conceitos de sensação térmica.

Reflexão

- 1.** Resposta depende da interpretação do estudante. Espera-se que os estudantes citem a diferença os materiais dos quais os objetos são feitos. O metal transfere o calor da mão mais rapidamente para o objeto, resultando na sensação de resfriamento.
- 2. a)** O A é o bloco de madeira e o B é o de metal. O bloco de metal tem uma condutividade térmica maior do que o de madeira, portanto, a transferência de calor entre ele e o corpo será mais eficiente e atingirá o equilíbrio térmico mais rapidamente.
- b)** Os blocos sofreram aumento de temperatura. O corpo humano é mantido a aproximadamente 37 °C, e a temperatura ambiente costuma ser mais baixa que esse valor. Ou seja, após o contato com o corpo, os objetos sofrerão aumento de temperatura.
- c)** A temperatura final vai depender de quanto tempo a pessoa ficou em contato com os blocos e da temperatura ambiente. Porém, considerando um intervalo de tempo suficientemente grande, os blocos atingirão a temperatura corporal da pessoa que os segurou.
- d)** O bloco de metal parecerá mais quente, devido à sua condutividade térmica. A capaci-

dade de transferir calor do metal é maior do que a madeira. O gráfico será semelhante à figura abaixo, com possíveis alterações no aspecto das curvas, mas com o material B atingindo a temperatura do corpo humano mais rapidamente do que o material A.



Setup/Arquivo da editora

Gráfico da variação da temperatura em função do tempo para os blocos de madeira e de metal em contato com as mãos de uma pessoa.

Atividade 3

Temperatura e calor p. 100

Nesta atividade os estudantes investigarão quantitativamente as trocas de calor entre corpos. Para tanto, serão apresentados ao conceito de caloria e à expressão da quantidade de calor trocada. É importante acompanhar o registro das temperaturas em cada etapa do experimento, assim como a utilização da expressão de quantidade de calor para o encaminhamento das questões de reflexão.

Reflexão

- 1.** Os bêqueres possuem graduação. Podemos utilizar essa medida para determinar o volume de água. Considerando a densidade da água igual a 1,0 g/cm³ e 1 mL = 1 cm³, podemos dizer que o volume da água em mL é igual à sua massa em g.
- 2.** A quantidade de calor quantifica o calor cedido ou recebido pelo sistema. A experiência indica que as quantidades de calor dependem da massa dos corpos e da diferença de temperatura, e não do valor de temperatura do corpo. Por exemplo, partes iguais de água a 20 °C misturadas com água a 0 °C trocam mais calor do que partes iguais de água a 80 °C misturadas com água a 70 °C.
- 3 e 4.** Considerando o sistema constituído pelo bêquer, o ar e as duas porções de água como um sistema termicamente fechado, a quantidade de calor cedido deve ser igual à quantidade de calor recebido pelas amostras de água.
- 5.** Possíveis diferenças devem-se ao fato de o sistema não estar isolado, podendo ocorrer perda de parte do calor para o bêquer e para o ambiente.

6. Os sinais indicam o sentido da transferência de calor. O sinal positivo indica que o sistema recebeu calor, e o sinal negativo indica que o sistema perdeu calor.

O quadro 6.4, na página 108 do Livro do Estudante, pode auxiliar na análise dos resultados. Se as barras tiverem as mesmas dimensões, o material com maior condutividade térmica irá derreter mais rapidamente as gotas.

Atividade 4

Propriedades térmicas dos materiais [p. 103](#)

Nesta atividade, os estudantes investigarão o calor específico de alguns materiais por meio da troca de calor entre eles e uma massa de água. É importante acompanhar o registro das medidas realizadas pelos estudantes, para que eles tenham resultados experimentais para subsidiar as questões de reflexão.

Reflexão

1. Porque ocorre a transferência de calor entre o objeto e a porção de água em razão da diferença de temperatura entre eles.
2. O material que gera maior aquecimento é a água.
3. Resposta pessoal. Como a água é a substância que tem o maior calor específico entre os quatro, ela cede maior quantidade de energia ao entrar em contato com a água fria do pote e eleva mais a sua temperatura.

Atividade 5

Condução de calor em metais [p. 106](#)

Esta atividade proporciona a visualização do processo de condução térmica.

Deve-se tomar cuidado com a manipulação das fontes de calor, para que não ocorra acidentes.

Reflexão

1. O pingão mais próximo da vela cairá primeiro. A sequência de pingos que cairão seguirá a sequência em que foram colocados na lâmina, do mais próximo para o mais distante. Espera-se que os primeiros caiam mais rápido, pois ocorre a dissipação da energia térmica ao longo do processo de condução, como perda de energia para a porção de ar no entorno do sistema. Outras variáveis no experimento podem contribuir para essa diferença, como diferença no tamanho dos pingos, a distância entre eles e variações na chama da vela.
2. Caso tenham sido utilizados ferro e cobre, a parafina no cobre derreterá mais rápido.

Atividade 6

Propagação do calor na água [p. 109](#)

Nesta atividade, os estudantes investigarão a convecção térmica por meio da visualização de correntes de convecção em um líquido.

Deve-se tomar cuidado com a manipulação das fontes de calor, para que não ocorra acidentes.

Reflexão

1. A porção de água que se encontra no fundo do tubo recebe o calor da chama primeiro, e, ao aquecer, sua densidade diminui e essa porção sobe, carregando a serragem do fundo.
2. Não. A parte de cima da água terá uma temperatura menor do que a parte de baixo, pois a parte de baixo é aquecida e, quando sobe, dissipá calor para o ambiente externo.
3. Ela praticamente não se move.
4. A água recebe calor diretamente da chama nas duas situações, mas, na situação da figura 6.28b, as correntes de convecção se formam devido à diferença de densidade das porções de água inferior e superior, diferentemente do que acontece na figura 6.29, em que a porção de água aquecida já está na parte superior do tubo.

Atividade 7

Radiação térmica [p. 111](#)

A partir de um aparato experimental bastante simples, esta atividade possibilita investigar a relação entre radiação e temperatura, fundamental para compreender o processo de propagação de calor por radiação.

Reflexão

1. As regiões mais próximas da lâmpada terão uma temperatura maior do que as regiões mais distantes. A lâmpada irradia calor em todas as direções, que é transmitido ao ar e aos objetos ao redor. O ar absorve parte dessa energia térmica; portanto, quanto mais distante da lâmpada, menor a quantidade de calor recebida pelo objeto, no caso, o termômetro.

- 2.** Não. A convecção faz com que o ar aquecido em torno da lâmpada se move para cima, de modo que ele não chegaria ao termômetro. O movimento do ar para cima reduz significativamente a transferência de calor por condução. Além disso, a condutividade térmica do ar é baixa, provocando pouca variação de temperatura ao longo da linha horizontal.

Resolução e comentários das seções Articulação de ideias

■ Articulação de ideias p. 97

- 1.** Os sistemas citados são fontes de calor, utilizam um sistema elétrico que converte a energia elétrica em energia térmica constantemente. Durante o funcionamento desses equipamentos sempre haverá aquecimento e, com isso, não haverá equilíbrio térmico. Quando os equipamentos estiverem desligados, após algum tempo eles entrarão em equilíbrio térmico com o ambiente.
- 2.** O chuveiro elétrico, o secador de cabelos e a prancha de alisamento de cabelos, são exemplos de aparelhos que se comportam de maneira similar. De modo geral, podem ser citados equipamentos resitivos.

■ Articulação de ideias p. 98

- 1.** A resposta pode variar de acordo com os resultados da pesquisa dos estudantes. Pode-se indicar a pesquisa de pontos de fusão e de vaporização de materiais, da temperatura dos equipamentos resitivos, da temperatura de estrelas e corpos celestes, etc. Sugerimos acompanhar esse processo de pesquisa verificando se as fontes utilizadas são confiáveis. Para sistematizar os resultados das pesquisas, sugerimos compor em um cartaz ou no quadro uma escala de temperatura com os resultados, indicando a temperatura e o exemplo de sistema. Dessa maneira, os estudantes desenvolverão a noção de estimativa de temperatura.

■ Articulação de ideias p. 102

- 1.** O calor, cientificamente falando, é a energia em trânsito que flui espontaneamente do corpo (ou local) de maior temperatura para o corpo (ou local) com menor temperatura. Portanto, a noção de frio corresponde a um corpo que cede calor a outro, resultando na diminuição de sua temperatura. O frio, ao contrário do calor, não é uma grandeza física. Utilizando a terminologia da Termologia, a expressão corresponde seria "Feche a porta para o calor não sair".

■ Articulação de ideias p. 105

- 1.** Aplicando os dados da questão na relação para quantidade de calor:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 1 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot 1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

- 2.** A resposta depende dos resultados obtidos na atividade. Usando os calores específicos fornecidos pelo quadro 6.2, na página 105 do Livro do Estudante, os estudantes deverão usar a equação $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, colocando a massa de 20 g e a variação de temperatura (temperatura de ebulição da água – temperatura final medida pelo termômetro após o equilíbrio térmico).

■ Articulação de ideias p. 109

- 1.** O calor específico da água é 17,8 vezes maior do que o da prata. A condutividade térmica da prata é 676 vezes maior que a da água. O calor específico é quantidade de calor necessária para elevar em 1 $^\circ\text{C}$ a temperatura de 1 g de determinado material. Ou seja, será necessário aproximadamente 17 vezes mais calor para aquecer a mesma massa de água do que de prata. A condutividade térmica está relacionada com a propriedade específica de um material de transmitir o calor. A prata é capaz de conduzir calor 676 vezes mais do que a água. Calor específico e condutividade térmica são grandezas diferentes e, portanto, se comportam de maneira distinta para os diferentes materiais. Rigorosamente falando, a condutividade térmica depende do calor específico, mas também depende de outras variáveis, o que torna o problema mais complexo. Assim, não existe uma relação simples entre estas duas propriedades. O objetivo desta questão é exatamente mostrar que estas duas propriedades térmicas são distintas e variam de material para material.

- 2.** Resposta pessoal. Uma resposta possível seria a madeira, por ter uma baixa condutividade térmica, a propagação de calor entre o ambiente interno e externo é minimizada, garantindo o conforto térmico. Outra opção são os revestimentos com isopor ou a construção de paredes duplas, que utilizam o ar como isolante térmico.

■ Articulação de ideias p. 110

- 1.** Na instalação de um aparelho de ar condicionado e de um aquecedor é necessário levar em consideração a formação das correntes de convecção em que o ar frio desloca-se para baixo, por ser mais denso, e o ar quente desloca-se para cima, por apresentar menor densidade. Diante disso, o ar condicionado deve ser instalado na parte superior do cômodo, e o aquecedor, na parte inferior do cômodo.
- 2.** Como o calor específico da areia é bem menor que o da água, ela sofrerá variações de temperatura com maior facilidade. Durante o dia, a

areia aquecerá mais rapidamente do que a água. Com isso, o ar sobre a areia ficará mais quente, diminuindo sua densidade e então subirá. O ar sobre a água é então deslocado para areia. Durante a noite, o processo é oposto, a areia irá esfriar com maior rapidez, em relação à água e, por isso, irá descer deslocando o ar da areia em sentido ao mar.

■ Articulação de ideias p. 112

1. Cores escuras absorvem a radiação térmica, aumentando a temperatura do corpo. Desta forma, nas regiões desérticas, o uso de roupas claras reduz a absorção da radiação, refletindo-a, e proporciona maior conforto térmico.
2. Ao aquecer uma panela com água em um fogão elétrico teremos:

Radiação: calor emitido do resistor ao fundo da panela;

Condução: aquecimento da panela por completo, incluindo seu cabo;

Convecção: a água absorve o calor do fundo da panela. Dessa maneira, formam-se correntes de convecção, ou seja, a água do fundo, com temperatura maior, sobe e água da superfície, com menor temperatura, desloca-se para baixo.

3. O efeito estufa é um fenômeno natural responsável pela manutenção da temperatura na Terra. Ele ocorre pela reflexão da radiação solar na superfície terrestre que atinge as camadas superiores da atmosfera que, em parte, é refletida de volta para a superfície da Terra formando uma espécie de estufa. No entanto, alguns gases aumentam a parte da radiação refletida. O aumento da emissão desses gases devido à ação humana, acarreta o aumento da temperatura média da Terra, promovendo, por exemplo, o derretimento das geleiras nos polos. Deve-se, portanto, desenvolver medidas para reduzir a emissão de gases do efeito estufa, como o CO₂, produzido pela queima de combustíveis fósseis. O texto "A ONU e a mudança climática", indicado em Sugestões para o professor, pode subsidiar a discussão sobre as consequências da intensificação do efeito estufa.

■ Articulação de ideias p. 113

1. Ao solidificar, a água expande em razão da reorganização na posição de suas moléculas. Essa reorganização ocorre em busca de uma estabilidade eletrostática, já que a molécula de água é polar. A expansão da água causa o rompimento da garrafa e pode provocar acidentes ou, até mesmo, danificar o congelador.
2. Não. Existem materiais com expansão térmica negativa, conhecidos como NTE. Esses materiais, ao serem aquecidos, contraem ao invés de expandir. São empregados em materiais que necessitam de alta precisão e em pequenos circuitos elétricos para controlar a dilatação dos componentes ele-

trônicos ao aquecerem. Além desses materiais, é importante ressaltar o comportamento anômalo da água. A água ao ser aquecida entre 0 °C e 4 °C sofre uma contração de seu volume.

3. Resposta pessoal. Um exemplo é o funcionamento dos alarmes contra incêndio, dos pisca-piscas de árvores de Natal, dos dispositivos liga-desliga de alguns ferros elétricos baseados na dilatação de lâminas bimetálicas e na dilatação de uma coluna líquida no tubo capilar de termômetros.

Resolução e comentários das seções Exercícios

■ Exercícios p. 113

1. Isso ocorre porque, além de haver uma interação maior da mão com a fôrma do bolo (que manterá a sua temperatura logo após a abertura do forno), a capacidade de conduzir calor do metal é maior do que a do ar, aquecendo a região dos dedos mais rapidamente. Ao abrir o forno, o ar quente tende a se deslocar para o ambiente (que possui uma temperatura menor); dessa forma, não queimarão a mão, pois ocorrerá uma diminuição da temperatura do ar no interior do forno. Essa é a causa de um dos cuidados que devemos ter ao assar um bolo: por causa dessa troca rápida de calor entre o ar interno e externo, não se deve abrir o forno antes de certo tempo quando ele está sendo assado (geralmente por volta de 30 minutos). Antes desse tempo, a massa ainda não adquiriu rigidez suficiente e o resfriamento abrupto pode fazer com que sua estrutura desmorone, o que gera o famoso "bolo solado".

2. Os dedos aderem à fôrma de gelo devido ao congelamento das gotículas de água presente nos dedos. Isso ocorre em razão da troca de calor entre dedos e fôrma de gelo. A fôrma de metal perde calor com maior facilidade para a mão, reduzindo rapidamente a temperatura na superfície dos dedos e congelando as gotículas de água presentes nesta região.

3. Considerando desprezível a capacidade térmica do copo, ao colocar o anel na água, o anel irá ceder calor e a água irá absorver o calor, desta forma:
$$Q_{\text{absorvido}} + Q_{\text{cedido}} = 0$$

$$20 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot (11 - 10) ^\circ\text{C} = -m \cdot 0,032 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot (11 - 37) ^\circ\text{C}$$
$$m = 24 \text{ g}$$

4. O ouro, por ter uma temperatura maior, irá ceder calor para o ferro até atingir o equilíbrio térmico a uma temperatura T, desta forma:

$$Q_{\text{absorvido}} + Q_{\text{cedido}} = 0$$

$$25 \text{ g} \cdot 0,11 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot (T - 14,9) ^\circ\text{C} = -35 \text{ g} \cdot 0,032 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot (T - 64,1) ^\circ\text{C}$$
$$2,75 \cdot (T - 14,9) = -1,12 \cdot (T - 64,1)$$
$$T = 29,14 ^\circ\text{C}$$

Atividades complementares

► Atividade complementar 1

Sensação térmica

Investigação

É comum utilizar as mãos para sentir se um objeto está quente ou não. Quando queremos verificar se uma pessoa está com febre, tocamos a sua testa. Para saber se o leite está morno, colocamos um pouco nas costas de uma das nossas mãos. Mas essa sensação pode ser diferente do esperado, como veremos nessa atividade.

Material

Três vasilhas grandes o suficiente para que uma pessoa possa submergir uma mão inteira em cada uma delas.

O que fazer

1. Coloque uma das mãos em uma vasilha com água morna (acima da temperatura ambiente) e a outra em uma vasilha com água fria.
2. Depois de dois minutos, coloque as duas mãos em uma terceira vasilha com água à temperatura ambiente. O que você acha que vai sentir em cada uma das mãos?

Reflexão

1. O que você observou?
2. A sensação que você experimentou foi a esperada no início do experimento?

► Atividade complementar 2

Correntes de convecção em um copo de leite

Investigação

Vamos investigar as correntes de convecção com um experimento simples e de baixo custo, que pode ser realizado em sala de aula. Cuidado ao manusear o sistema de aquecimento para evitar queimaduras.

Material

1 copo de vidro ou bêquer, um pouco de leite, corante alimentício, água, vela ou outro sistema de aquecimento, tripé, tela de amianto, 1 canudo.

O que fazer

1. Encha o copo com água e, com a ajuda do canudo, adicione um pouco de leite no fundo do copo. Isso

pode ser feito inserindo o canudo em um outro copo com leite misturado com corante e sugando uma pequena porção.

2. Sele o canudo com o dedo para que o leite não escape. Transfira o canudo com o líquido para o copo com água e deposite o leite no seu fundo. Aguarde alguns instantes até que o leite decante e se separe por completo da água.
3. Aqueça o sistema e observe as correntes de convecção que se formarão.

Reflexão

1. Você observou alguma diferença no sistema após o aquecimento? Explique o que pode estar acontecendo.
2. Se utilizássemos outro material no lugar do leite, ainda teríamos o mesmo resultado?

► Atividade complementar 3

Correntes de convecção no ar

Investigação

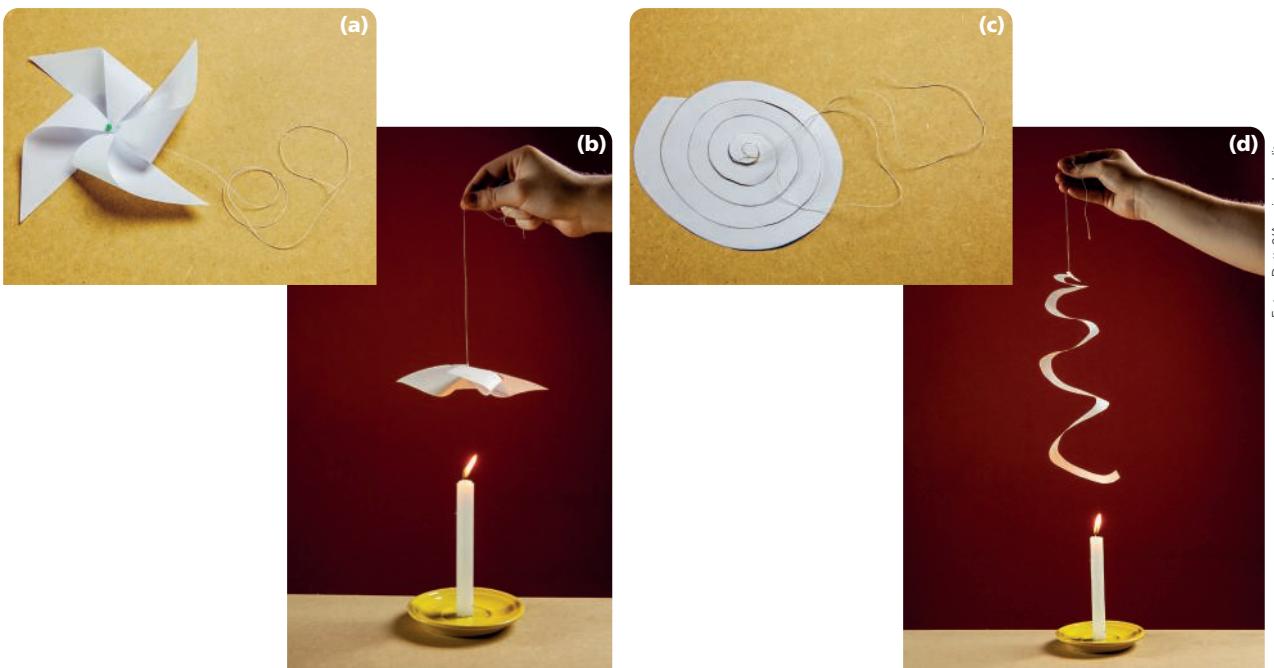
Alguns tipos de aves, como os urubus e gaviões, ao voarem, sobem para níveis superiores utilizando-se das correntes de convecção do ar. Na prática de asa-delta esse fenômeno também é usado para subir na atmosfera. Nesta atividade, vamos investigar esse fenômeno.

Material

1 folha de papel A4, 1 alfinete, 1 linha de costura de 50 cm, 1 tesoura, 1 vela, 1 lâmpada halógena de filamento de 60 W ou 100 W.

O que fazer

1. Construa um cata-vento de papel, com um papel quadrado de 10 cm de lado, cortando suas diagonais até chegar a 1 cm do seu centro. Dobre as 4 pontas furando-as e fixando-as no centro do quadrado com o alfinete, conforme a figura (a).
2. Passe a linha de costura pelo orifício central do cata-vento e coloque o conjunto na vertical sobre a chama de uma vela, como na figura (b). Se puder, coloque o cata-vento sobre a chama de um fogão e registre o que acontece.
3. Construa uma espiral de papel, como na figura (c), furando-a com um alfinete no centro por onde passará a linha de costura.
4. Coloque essa espiral sobre a chama da vela (d). Fique atento para que a vela não queime o papel. Outra opção para esse experimento é substituir a vela pela lâmpada.



Fotos: Dotta2/Arquivo da editora

Arranjo experimental para a realização da atividade.

Reflexão

1. Por que o cata-vento e a espiral giram quando colocados acima da vela?
2. Compare o comportamento da água na Atividade 6, na página 109 do Livro do Estudante, com o do ar nessa atividade do cata-vento. Quais são as semelhanças entre os fenômenos?

Atividade complementar 4

Propriedades térmicas do ar e da água

Investigação

Vamos estudar como as propriedades térmicas de materiais diferentes determinam o seu comportamento quando recebem calor de fontes semelhantes.

Deve-se tomar cuidado com o sistema de aquecimento, para que não ocorra acidentes.

Material

2 balões, um pouco de água, 1 vela.

O que fazer

1. Encha os dois balões com ar, mas, em um deles, adicione água até a metade. Os dois balões devem ter aproximadamente o mesmo volume.
2. Posicione a vela sob cada um dos balões, sem encostar na superfície do deles. Acenda-a e anote as observações sobre o comportamento do sistema.

Reflexão

1. Qual dos dois balões estourou primeiro?
2. Justifique os resultados observados, considerando as propriedades térmicas da água e do ar, como o calor específico e o coeficiente de dilatação.

Resolução e comentários das atividades complementares

► Atividade complementar 1

Sensação térmica

Nesta atividade, os estudantes investigarão como diferenças de temperatura influenciam a sensação térmica.

Reflexão

1. A mesma água provocará uma sensação diferente em cada mão. A água à temperatura ambiente parecerá fria para a mão que estava na água morna, e quente para a mão que estava na água fria.
2. Resposta pessoal.

► Atividade complementar 2

Correntes de convecção em um copo de leite

Esta atividade é outra oportunidade para visualizar correntes de convecção com materiais de fácil acesso.

Reflexão

1. Sim. Uma parte do leite começou a se movimentar em direção à parte de cima do copo. Por causa do aquecimento da parte de baixo do copo, a densidade do leite é modificada, se tornando menor do que a da água na parte de cima. Um líquido menos denso tende a subir e trocar de lugar com o líquido mais denso. Esse processo de transferência de matéria são as correntes de convecção.
2. Sim. Qualquer material com densidade próxima à da água poderia ser utilizado. As correntes de convecção se formam porque as diferenças de temperatura entre a parte de cima e a de baixo da coluna de líquido modificam as densidades do material em cada uma dessas regiões. Quando ocorre variação das densidades, as correntes se formam. Se o líquido utilizado for muito mais denso que a água, uma diferença de temperatura muito alta será necessária e as correntes não serão visualizadas facilmente.

► Atividade complementar 3

Correntes de convecção no ar

Nesta atividade os estudantes investigarão as correntes de convecção no ar por meio da construção de aparelhos feitos com material de fácil acesso.

Reflexão

1. Tanto o cata-vento como a espiral giram por causa do movimento ascendente do ar aquecido pela chama da vela; esse movimento do ar subindo exerce força sobre os papéis inclinados dos dois dispositivos produzindo torques que fazem eles girarem.
2. Assim como na Atividade 6 do Livro do Estudante, em que a água sobe dentro do recipiente e leva a serragem, como no movimento ascendente do ar, o movimento de subida deve-se à diferença de densidade entre as porções do fluido. A parte aquecida se expande e a densidade diminui, resultando nas correntes de convecção observadas.

► Atividade complementar 4

Propriedades térmicas do ar e da água

Essa atividade, apesar de ser muito simples, permite trabalhar conceitos diversos dentro da Termologia, como temperatura, trocas de calor, dilatação volumétrica e calor específico.

Reflexão

- 1 e 2.** Espera-se que o balão apenas com ar estoure primeiro. O calor transmitido pela chama da vela faz o ar no interior do balão aquecer e, consequentemente, expandir. Como vimos, ao receber calor, as moléculas de um material começam a vibrar de forma mais intensa, gerando dilatação. Para o caso dos gases, como o que está presente dentro do balão, esse efeito é ainda mais intenso. A superfície delicada do balão se rompe em razão da pressão que o gás expandido exerce. Quando o balão contém água, parte da energia que seria utilizada para o aquecimento e a consequente expansão do gás é direcionada para o aquecimento do líquido. Como consequência, o gás não expande tanto e o balão não estoura tão facilmente.

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Leitura

• Termodinâmica e Ondas

SEAR, Física II: *Termodinâmica e Ondas*, Pearson Education do Brasil, 2012, Sear and Zemansky and Young and Freedman, Brasil.

Livro didático complementar para ensino de ciências.

• Termoscópio, termômetros e escalas termométricas

UFRGS. *Termoscópio, Termômetros e Escalas Termométricas*. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/termosc.htm>; <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/termo.htm>; <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/escala.htm>. Acesso em: 22 ago. 2020.

Nestas páginas do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, é possível encontrar diversas informações históricas e técnicas sobre termoscópios, termômetros e escalas termométricas.

- **Ensinando Termodinâmica por meio de experimentos de baixo custo**

ROCHA, R. F. A., & DICKMAN, A. G., Ensinando Termodinâmica por meio de Experimentos de Baixo Custo. *Abakós*, 4(2), 71-93, 2016.

Este artigo demonstra o uso do *kit Caixa Mágica* com experimentos de Termodinâmica para estudantes do Ensino Médio. Os experimentos utilizam material de baixo custo, incluindo materiais reciclados, facilmente adaptáveis em salas de aula.

- **Ensino de Termologia com aplicação de um jogo didático**

REIS, J. S.; V. C. M., OLIVEIRA; AMORIM, A. M. A.; SANTOS, B. M.; Ensino de termologia com aplicação de um jogo didático. *Física na Escola*, v. 16, n. 2, 2018. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num2/a10.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Este artigo apresenta uma experiência didática realizada com estudantes do Ensino Médio na forma de jogo, denominado "Caminhos Termométricos", elaborado com o intuito de auxiliar a abordagem do conteúdo de Termometria, especificamente sobre as transformações de escalas de temperatura, a fim de despertar o interesse dos estudantes.

Páginas de internet

- **Tardígrado: o animal mais resistente do planeta**

Disponível em: <https://www.jornalciencia.com/tardigrado-o-animal-mais-resistente-do-planeta/>.

Artigo sobre o tardígrado, um animal que propõe reflexões sobre as condições necessárias para a existência e manutenção de vida.

- **Junho de 2019 foi mês mais quente já registrado no planeta, dizem EUA**

Disponível em: <https://exame.com/mundo/junho-de-2019-foi-mes-mais-quente-ja-registrado-no-planeta-dizem-eua/>.

Artigo de uma revista nacional noticiando que o mês de junho de 2019 foi o mais quente em 140 anos, estabelecendo um recorde global, de acordo com o mais recente relatório mensal do clima divulgado pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA). O texto apresenta elementos que podem contribuir com o estudo de escalas termométricas, além da conexão com o tema do aquecimento global.

- **A garrafa térmica**

Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf>.

Este texto do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), da Universidade de São Paulo, aborda os conceitos físicos que explicam o funcionamento de uma garrafa térmica. Observando o funcionamento desse objeto tão comum, é possível aprender mais sobre os processos de transmissão de calor.

- **Simulação interativa: Mudanças de estado**

Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter.

Simulação virtual interativas desenvolvidas pela Universidade do Colorado envolvendo conceitos de volume, temperatura e pressão. Essas simulações podem ser utilizadas para aplicar os conceitos de mudanças de estado físico da matéria.

- **Saiba como a inversão térmica pode agravar os efeitos da poluição**

Disponível em: <http://g1.globo.com/educacao/noticia/2010/09/saiba-como-inversao-termica-pode-agravar-os-efeitos-da-poluicao.html>.

Artigo que explica como a inversão térmica ocorre, quais fatores contribuem para a sua intensificação e quais as consequências para a saúde humana.

- **A ONU e a mudança climática**

Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica/>.

Nesta página a Organização das Nações Unidas disponibiliza diversas informações sobre as consequências da intensificação do efeito estufa e as medidas propostas para mitigá-las.

Acesso em: 22 ago. 2020

Vídeos

- **Por que meu corpo sempre tem 37 °C de temperatura?**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=czI6tQra7Wg>.

Vídeo que explica de forma detalhada e didática como nosso corpo realiza o controle de temperatura, a termorregulação.

- **Como enxergar o calor do ar**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AS8kO1Co630>.

Vídeo do canal “Manual do Mundo” que demonstra que, com uma lupa e uma lanterna, é possível ver o ar quente em movimento devido à formação de correntes de convecção térmica.

- **No calor, ventilador pra dentro ou pra fora?**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xxuzB8r0JQ4>.

Vídeo do canal “Manual do Mundo” que explica qual a melhor forma de refrescar um ambiente através da pergunta: devemos colocar o ventilador virado pra dentro ou pra fora? Esse experimento pode ser utilizado para discutir com os estudantes conceitos de transferência de calor por convecção.

Acesso em: 22 ago. 2020.

Leis da Termodinâmica e máquinas térmicas p. 114

Competências gerais: 1, 2, 5 e 9

Competências específicas: 1 e 3

Habilidades: EM13CNT102, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT307

Objetivos do capítulo

Neste capítulo, vamos introduzir e discutir a primeira e segunda leis da Termodinâmica. Vamos mostrar que a primeira lei da Termodinâmica é uma manifestação do princípio da conservação da energia em sistemas termodinâmicos, e que a segunda lei é fundamental para determinar a eficiência máxima de uma máquina térmica. O estudo inicia com a apresentação dos conceitos de trabalho, calor e energia, e como eles se relacionam para compor a primeira lei da Termodinâmica. O objetivo é que os estudantes sejam capazes de compreender como essa lei é formulada com base no princípio da conservação da energia. Esperamos também que eles compreendam a importância do campo da Termodinâmica no cotidiano e no desenvolvimento tecnológico. Para tanto, são abordados o princípio de funcionamento das máquinas térmicas e seus impactos nos diversos setores produtivos da sociedade. Os conceitos de entropia e os ciclos termodinâmicos, assim como a definição de processos idealizados reversíveis e processos reais irreversíveis, serão discutidos neste capítulo. Esperamos que, ao longo do capítulo, os estudantes sejam capazes de compreender como a entropia está relacionada com a eficiência das máquinas e com a energia que é necessariamente dissipada numa máquina térmica, mesmo a que elimine todas as formas de atrito. É importante que compreendam também que projetos de máquinas térmicas que violam a segunda lei da Termodinâmica são inviáveis. Por fim, associamos o conceito de entropia à ideia de probabilidade e ao grau de desordem de um sistema.

Orientações didáticas

A termodinâmica é o ramo da ciência que estuda o calor e sua relação com outras formas de energia. Ela é descrita em termos de variáveis macroscópicas, que envolvem um número absurdamente grande de partículas, como temperatura, pressão, volume, energia interna e entropia, contrariamente ao caso das variáveis microscópicas de cada partícula, como velocidade e posição.

A termodinâmica considera o comportamento estatístico médio das partículas microscópicas que constituem um sistema macroscópico. Ela descreve os processos de transformação de energia térmica em outras formas de energia, onde sempre ocorre o princípio da conservação da energia. No entanto, apenas o princípio da conservação da energia não explica o funcionamento das máquinas térmicas. Existem vários projetos de máquina que, apesar de respeitarem a conservação de energia, são inviáveis pois violam a segunda lei da Termodinâmica. Assim, uma outra variável macroscópica fundamental de um sistema termodinâmico é a sua entropia, que está relacionada com a parte da energia que não pode ser usada para a realização de uma tarefa.

Sobre a Termodinâmica, Albert Einstein afirmou:

Uma teoria é tanto mais admirável quanto maior for a simplicidade de suas premissas, maior o número de coisas que relaciona, e mais extensa a sua área de aplicação. Eis o porquê de minha profunda admiração pela termodinâmica clássica. É a única teoria física de conteúdo universal sobre a qual estou convencido de que, dentro do âmbito de aplicação de seus conceitos básicos, nunca será descartada. (*apud* CHIBENI, S. S. Teorias construtivas e teorias fenomenológicas. Disponível em: <https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/tiposdeteorias.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020)

Assim, o ensino de Termodinâmica no Ensino Médio deve-se propor a abordar questões fundamentais desse campo de estudo, e não se limitar à descrição de poucas situações, descritas por expressões matemáticas simples, como a lei dos gases ideais. É importante destacar que a Termodinâmica trata de situações idealizadas, como processos reversíveis, isotérmicos e adiabáticos, que não ocorrem na natureza. Essas idealizações são semelhantes à ausência de atrito, sugerida por Galileu para descrever sistemas físicos na Mecânica clássica. Apesar de não serem reais, processos reversíveis, isotérmicos e adiabáticos podem ser aproximações satisfatórias para descrever o comportamento de sistemas termodinâmicos, assim como a ausência de atrito explica razoavelmente o comportamento de alguns sistemas mecânicos.

A abertura do capítulo (página 114) pode iniciar um debate inicial para apresentar a Termodinâmica e a importância de seu estudo. É interessante verificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos termos “Termodinâmica” e “máquinas térmicas”. Eles podem, por exemplo, citar exemplos de sistemas termodinâmicos e de máquinas térmicas, que poderão ser revisitados ao fim do capítulo para verificar se as definições que eles elaboraram ou tinham foram confirmadas, ampliadas ou modificadas. Pode-se comentar que a usina termelétrica da imagem de abertura utiliza princípios de máquinas térmicas para o seu funcionamento. Para explorar as transformações de energia nesse tipo de

instalação, o professor pode representar no quadro, em conjunto com os estudantes, um esquema simplificado do funcionamento da usina termelétrica, explicitando as formas de energia em cada etapa. Por fim, pode-se explicar que a Termodinâmica, as transformações de energia, as relações entre variáveis como pressão, volume e temperatura, e a importância desse estudo para a geração de energia e compreensão dos fenômenos naturais serão o objeto de estudo do capítulo.

A **Atividade 1 – Aquecimento da água sem fonte de calor** (página 115) inicia o estudo da relação entre as grandezas termodinâmicas de um sistema e as transformações de energia que ocorrem nele, mostrando como podemos converter energia mecânica em energia térmica, ou seja, como podemos gerar calor a partir do movimento. Essa atividade possibilita aos estudantes investigar e verificar, de forma simples, o princípio que Joule demonstrou com seu experimento. Outra possibilidade para os estudantes observarem como a energia mecânica se transforma em calor é descreverem o que ocorre ao esfregar as mãos ou quando atritamos as mãos sobre a capa do caderno. O aumento da temperatura verificado nas mãos deve-se ao trabalho realizado pela força de atrito, que é dissipado na forma de calor. Sugermos que, antes da experiência proposta na atividade, se verifique qual é a explicação para a transformação do trabalho mecânico em calor. A discussão sobre o tema permite introduzir o conceito de trabalho como sendo uma transferência de energia, questão essencial para que a atividade seja compreendida.

O texto **7.1 – Trabalho, energia interna e calor** (página 116) apresenta algumas das grandezas fundamentais para a descrição de sistemas termodinâmicos. Debater o que os estudantes entendem por “trabalho” pode ser um ponto de partida para abordar o conceito. O trabalho é um assunto importante da Física, em especial a Termodinâmica, pois este é o objetivo do funcionamento de uma máquina térmica, equipamento que impactou profundamente a sociedade pós-industrial. A figura 7.5 pode ser utilizada para discutir o trabalho como o resultado da aplicação de uma força sobre determinado sistema físico. O exemplo do êmbolo da seringa, representado na figura 7.6, permite mostrar como o trabalho aplicado sobre o sistema produziu uma variação de volume. Esse mesmo exemplo pode ser utilizado para discutir a diferença entre trabalho exercido pelo sistema sobre a vizinhança e o trabalho exercido pela vizinhança sobre o sistema. É importante destacar que os sinais opostos atribuídos à grandeza trabalho nessas duas situações servem para diferenciar se o trabalho foi feito sobre o sistema ou pelo sistema. Este ponto precisa ficar muito claro para o professor: para que ele possa decidir se prefere atribuir o sinal positivo

ao trabalho realizado pelo sistema ou sobre o sistema, sabendo que o sinal negativo será atribuído à situação oposta. A mesma analogia pode ser utilizada para diferenciar calor cedido e calor recebido pela vizinhança. Normalmente consideramos que o calor é positivo quando é cedido para o sistema (sobre o sistema). Trabalho e calor são formas de transferir energia de um sistema para outro, sendo que o trabalho se relaciona com transferência de energia mecânica e calor com transferência de energia térmica. Outra propriedade essencial de um sistema é a chamada energia interna, que corresponde à soma da energia cinética e da energia potencial de todas as partículas do gás, líquido ou sólido. Em caso de gases diatômicos, como o N₂ e o O₂ presentes no ar, além da energia cinética de translação das moléculas, precisamos considerar a energia cinética de rotação das moléculas, a energia cinética de vibração e a energia potencial que faz com que os átomos se agreguem em uma molécula. A primeira lei da Termodinâmica estabelece que podemos aumentar a energia interna de um sistema fornecendo calor para ele e/ou aplicando sobre ele trabalho mecânico. A sua expressão matemática determina que a variação da energia interna é dada pela soma do calor transferido e o trabalho realizado sobre o sistema. No entanto, se o trabalho for realizado pelo sistema, o sinal do trabalho na expressão da primeira lei será negativo. Essa lei decorre da conservação de energia em transformações termodinâmicas. Pode-se retomar a Atividade 1 e investigar como a primeira lei da Termodinâmica explica os resultados obtidos: ao promover a agitação da água, realiza-se trabalho sobre o sistema, fazendo com que a energia interna aumente, conforme verificado pelo aumento de temperatura.

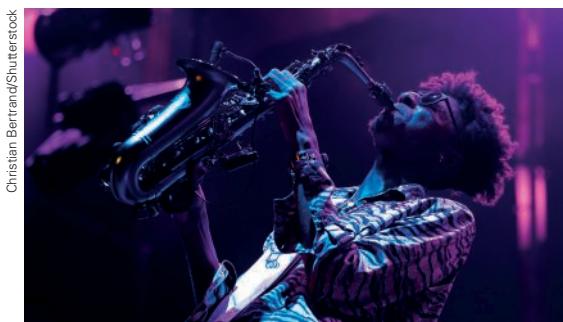
A **Atividade 2 – Relação entre pressão, volume e temperatura de um gás** (página 118) e a **Atividade 3 – Gás ideal** (página 119) permitem trabalhar as relações de proporcionalidade entre as grandezas termodinâmicas pressão, temperatura e volume de um gás. O objetivo é levar a definição da lei dos gases ideais, PV = nRT, apresentada no texto **7.2 – Gás ideal** (página 120). Depois de realizar as atividades, é importante reforçar com os estudantes o conceito de gás ideal, como constituído de partículas que não interagem entre si e que não ocupam volume. Os estudantes podem apresentar dificuldade em compreender a necessidade do uso de um modelo. Portanto, enfatize que, na área de Ciências da Natureza, modelos são utilizados para representar situações idealizadas, que permitem sistematizar conhecimentos e compreender a realidade. Esses modelos têm limites de aplicação, mas permitem descrever determinados fenômenos que exibem estrutura e/ou comportamento semelhantes. O modelo do gás ideal é, portanto, uma aproximação para gases rarefeitos e a altas

temperaturas. A simulação interativa “Gases: introdução”, indicada no boxe **Para saber mais** (página 134) pode ser explorada para aprofundar a discussão sobre o assunto. Sugerimos também a realização da Atividade complementar 1 – Transformações gasosas em uma beixa. O boxe a seguir permite demonstrar que, mesmo que o gás ideal seja um modelo com limitações, este pode ser utilizado como base para explicar diversos fenômenos, como o mecanismo da respiração humana. A investigação sobre esse fenômeno pode ser desenvolvida em parceria com a área de Biologia.

Transformações gasosas na respiração humana

Parte do mecanismo da respiração humana pode ser explicado a partir do modelo de gás ideal. Em uma primeira aproximação, consideramos que o número de mols e a temperatura do ar inspirado e expirado mantêm-se constantes.

Ao inspirar, os músculos da caixa torácica se expandem, aumentando o volume dos pulmões e causando a diminuição de pressão no interior deles. A diferença de pressão faz com que o ar do meio exterior entre nos pulmões. Ao expirar, os músculos se contraem, reduzindo o volume dos pulmões e aumentando a pressão interna, fazendo com que o ar nos pulmões seja expelido para o meio externo.



Christian Bertrand/Shutterstock

Para tocar instrumento de sopro, é necessário controlar os movimentos respiratórios.

A Atividade 4 – Máquina térmica e sociedade (página 121) permite realizar a integração com a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao explorar o papel do desenvolvimento das máquinas térmicas na Revolução Industrial e quais os seus impactos na organização da sociedade. Debata com os estudantes como era feita a realização do trabalho antes da invenção das máquinas térmicas e quais as consequências da sua utilização nos mais diversos setores da sociedade. É importante destacar as questões ambientais, além das sociais e econômicas. Após a atividade de pesquisa, o texto 7.3 – Máquinas térmicas (página 122) apresenta a definição de máquina térmica, fundamental para que os estudantes reconheçam as transformações de energia relacionadas a elas, possibilitando que eles compreendam a importância dessas

máquinas em seu cotidiano e em setores estratégicos, como o de geração de energia elétrica.

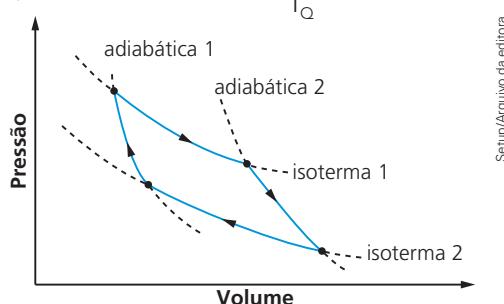
O tema da seção **Dialogando com as Ciências Humanas e Sociais aplicadas** (página 122) pode ser aproveitado para construir uma ou mais aulas em conjunto com os professores responsáveis pelos componentes curriculares Sociologia ou História. A Revolução Industrial é um tópico relevante para observar o caráter não neutro da técnica e os impactos tanto positivos como negativos desse desenvolvimento (habilidade EM13CHS403). Em consonância com a habilidade EM13CHS101, o estudo contrastado de textos de filósofos sociais e até de autores literários do século XIX, como o inglês Charles Dickens, permite compreender que já naquele século o trabalho infantil nas fábricas da Inglaterra causava espanto por parte dos intelectuais e de parte da opinião pública. Pode-se, também, suscitar um debate sobre o papel de organismos internacionais como a Unicef e a OIT para regular e combater esse problema em diferentes territórios (habilidade EM13CHS604).

A Atividade 5 – O poder da condensação (página 123) tem o objetivo de introduzir o conceito de condensador, que foi de extrema importância para aumentar o rendimento das máquinas térmicas. Sugerimos a leitura do boxe **Um pouco de História – O desenvolvimento da máquina a vapor** (página 123) para discutir como as invenções podem ser modificadas para se tornarem mais eficientes, contribuindo para a realização de tarefas com economia de recursos. Para complementar o debate sobre o assunto de máquinas térmicas e seus impactos na sociedade, pode-se exibir o vídeo “Quem inventou o motor a vapor?”, indicado em *Sugestões para o professor*, que apresenta a história da invenção do motor a vapor, seu funcionamento e como essa invenção impulsionou a Revolução Industrial. O boxe **Motor a combustão interna** (página 124) descreve a modificação nos motores a vapor que permitiram aumentar a eficiência desse tipo de motor, utilizado na grande parte dos automóveis modernos. O vídeo “Como funciona o motor do carro?”, indicado no boxe **Para saber mais** (página 134) pode ser exibido para aprofundar a discussão sobre o assunto. Pode-se exibir também o vídeo “Por dentro do cilindro”, indicado em *Sugestões para o professor*, que mostra, com uma câmera interna no motor, o funcionamento do motor de combustão interna.

Para introduzir a discussão da segunda lei da Termodinâmica, é fundamental discutir os trabalhos de Carnot, que abordam a eficiência das máquinas térmicas. Eficiência é definida como a razão entre o trabalho W realizado pela máquina e o calor Q retirado da fonte quente, W/Q . Uma máquina perfeita seria aquela com eficiência igual a 1. Era sabido, na época, que a eficiência das máquinas era afetada pelo atrito entre as peças, aquecimento, etc. Carnot

então idealizou uma máquina ideal, em que fosse possível eliminar todas as formas de atrito. Esta máquina operaria de acordo com o chamado ciclo de Carnot. A conclusão mais importante de Carnot foi que, mesmo em uma máquina ideal, a eficiência é sempre menor do que 1. Isso ocorre porque uma parte do calor recebido da fonte quente precisa ser necessariamente jogado para uma fonte fria. Esta parte da energia que não é utilizada para a realização de trabalho dá origem ao conceito de entropia, abordado no texto **7.4 – Entropia** (página 126), e relacionado à razão entre o calor e a temperatura, Q/T . O estudo de Carnot de uma máquina ideal (que é diferente da máquina perfeita cuja eficiência seria 1) o levou a introduzir o conceito de processos termodinâmicos reversíveis. Um processo reversível é aquele em que é possível inverter o sentido do tempo, ou seja, aquele no qual o sistema pode retornar ao estado inicial. Obviamente, a reversibilidade é uma idealização, já que o tempo só anda para frente. No entanto, assim como no caso da ausência de atrito, a condição de reversibilidade auxilia na construção de uma teoria que represente, com os devidos limites explicativos, a situação ideal pensada por Carnot, de uma máquina capaz de operar sem atrito.

Esta máquina ideal de Carnot funciona em ciclos, ou seja, ela parte de um estado inicial caracterizado por um conjunto de valores iniciais das variáveis termodinâmicas (V_i, T_i, P_i, S_i, U_i), passa por outros estados termodinâmicos quando conectada a fontes de calor e de trabalho externos, e retorna ao estado inicial. O ciclo idealizado de Carnot possui dois processos isotérmicos (compressão e expansão a temperatura constante) e dois processos adiabáticos (compressão e expansão sem troca de calor), conforme representado na figura abaixo. Estes dois processos são idealizações e representam aproximações de processos reais. Para esse ciclo, Carnot mostrou que a eficiência da máquina ideal é dada por $1 - \frac{T_F}{T_Q}$.



Setup/Arquivo da editora

Curvas da pressão em função do volume correspondentes ao ciclo de Carnot.

É essencial que os estudantes compreendam que o ciclo de Carnot é a referência para o maior rendimento possível de uma máquina térmica, por se tratar de um sistema idealizado. Na prática, sempre haverá perdas e o rendimento desse processo ideal não seria atingido. É importante realçar que em uma máquina real, com atrito,

aquecimento, etc., o rendimento é ainda menor do que o rendimento idealizado por Carnot. Em máquinas reais, a perda de calor para a fonte fria, que está relacionada com o aumento da entropia da fonte fria, é ainda maior do que no caso idealizado por Carnot. Pode-se concluir, portanto, que a irreversibilidade do tempo, que é algo real, está relacionada ao aumento da entropia. A leitura do boxe **Processos reversíveis e irreversíveis** (página 127) pode subsidiar um debate sobre a reversibilidade por meio de exemplos familiares aos estudantes. Existem duas maneiras de variar a entropia: por meio do calor em um processo idealizado reversível (Q/T), ou como consequência de um processo irreversível. A questão 3 do boxe **Articulação de ideias** (página 129) propõe dois exemplos muito enriquecedores para a compreensão da entropia, considerando processos reversíveis e irreversíveis. O exemplo dos dois blocos, representado na figura 7.25a, inicialmente separados e em temperaturas diferentes, e depois colocados em contato, mostra que o processo é irreversível, pois ocorreu um aumento da entropia depois do contato. O exemplo da expansão livre representado na figura 7.25b é muito sutil, e o objetivo é mostrar que a entropia é uma variável de estado termodinâmica, ou seja, é uma propriedade de um estado termodinâmico, assim como seu volume, pressão, temperatura e energia interna. Cada estado termodinâmico tem seu valor de entropia S . A diferença de entropia entre dois estados, final e inicial, depende apenas desses dois estados, e não de como ocorreu o processo que levou o sistema do estado inicial ao final. É interessante notar que os estados inicial e final são os mesmos em uma expansão livre e em uma expansão (idealizada) isotérmica. Assim, é possível determinar a variação de entropia em um processo irreversível, se for possível calcular a variação de entropia entre esses dois estados quando relacionados por processos reversíveis, como a expansão isotérmica.

Um aspecto sutil e essencial da segunda lei da Termodinâmica é que ela só vale para um sistema fechado. Isto significa que temos de incluir no sistema todas as fontes de calor e de trabalho, que chamamos de vizinhança. De uma maneira bem geral, apenas o Universo é realmente um sistema fechado. Pode ocorrer de haver a diminuição de entropia em uma parte do sistema, mas ela é necessariamente compensada pelo aumento da entropia em outra parte. A segunda lei da Termodinâmica não se aplica se considerarmos apenas uma parte do sistema. A vizinhança deve ser considerada no cálculo da entropia total. A simulação interativa “Reações reversíveis”, indicada no boxe **Para saber mais** (página 134) pode ser explorada para aprofundar a discussão sobre o assunto.

A **Atividade 6 – Funcionamento de refrigeradores** (página 130) propõe a investigação do funcionamento de refrigeradores. Esse assunto amplia a discussão da segunda

lei da Termodinâmica, do conceito de entropia, e do funcionamento de uma máquina térmica que opera por ciclos. O texto **7.5 – Geladeira** (página 131) apresenta os princípios de funcionamento dos refrigeradores, que têm como função retirar calor de uma fonte fria (interior do refrigerador) e transferi-lo para a fonte quente (ambiente). Um refrigerador perfeito realizaria esta tarefa sem a necessidade de uma fonte de trabalho, como um motor elétrico. Apesar desse processo respeitar a primeira lei da Termodinâmica, ou seja, respeitar a conservação da energia, ele não respeita a segunda lei da Termodinâmica, segundo a qual a entropia total do sistema nunca pode diminuir. O refrigerador ideal é aquele no qual a entropia total é igual a zero. Isso ocorreria se o ciclo fosse reversível. No entanto, vimos que a entropia sempre aumenta com o tempo, pois todos os processos são intrinsecamente irreversíveis.

Em relação ao fato dos refrigeradores atuarem em forma de ciclos termodinâmicos, os estudantes precisam entender sobre o funcionamento de um refrigerador, ou seja, como é o sistema com fluxo de gases que executa a tarefa de retirar calor do interior da geladeira e jogar para fora, com o auxílio de uma fonte externa de trabalho. Para isso, precisamos de energia externa para conseguir fazer um refrigerador funcionar. A figura 7.30, na página 132 do Livro do Estudante, permite identificar as partes do refrigerador e como elas se integram. As atividades em **Articulação de ideias**, na mesma página, podem auxiliar na discussão sobre o tema. Os estudantes podem registrar os pontos que ficaram em destaque durante a aula e o que foi construído em termos de conhecimento. A discussão anterior sobre processos reversíveis e irreversíveis pavimentou o caminho para a construção dos conceitos passados até aqui.

O texto **7.6 – Um pouco mais sobre entropia** (página 132) retoma o conceito de entropia. A interpretação física da entropia só foi formulada no fim do século XIX, com os trabalhos de Ludwig Boltzmann (1844-1906), um dos fundadores da chamada Mecânica Estatística. Essa área de estudo busca relacionar a Termodinâmica com a Mecânica de Newton. Boltzmann mostrou que a entropia está ligada à probabilidade de ocorrência de um fenômeno, expressa matematicamente por $S = k \ln P$, logaritmo da probabilidade P multiplicada por uma constante que leva o seu nome. É possível associar o conceito de desordem com o de estado mais provável. Em geral, é mais provável encontrarmos um sistema desorganizado do que um organizado. É mais provável que a desorganização aumente com o passar do tempo. Assim, podemos associar o conceito de entropia ao grau de desordem de um sistema ou simplesmente, seu grau de desorganização. Essa relação é explorada no texto para discutir a entropia associada aos estados da matéria. Para esclarecer esse conceito, sugerimos que realize a

Atividade Complementar 2 – Entropia e desordem. No entanto, como o texto do Livro do Estudante pontua, é necessário cuidado ao associar inequivocavelmente entropia à desordem. Para encerrar o capítulo, sugerimos a leitura dos textos indicados no boxe **Para saber mais** (página 134), “Termodinâmica e a vida” e “O caos e a ordem”.

Resolução e comentários das atividades de investigação

► Atividade 1

Aquecimento da água sem fonte de calor **p. 115**

Para que o estudante observe alguma variação de temperatura, será necessário agitar o líquido por um intervalo de tempo considerável. É importante salientar que, caso a agitação não seja suficiente, o resultado não será satisfatório. Se for possível, leve um liquidificador para a sala ou sistema similar. Com esse instrumento, a variação poderá ser de mais de 2 °C, caso a água seja agitada por, no mínimo, um minuto.

Reflexão

1. Espera-se que os estudantes observem um pequeno aumento de temperatura. O trabalho mecânico realizado pelas mãos sobre a haste do aparato se transforma em energia térmica na água, fazendo com que sua temperatura varie.
2. Sobre a elaboração de hipóteses, a resposta pode variar de estudante para estudante. É essencial utilizar essa reflexão para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Sobre o esquema, o corpo utiliza a energia produzida a partir dos alimentos para gerar o movimento das mãos. Essa energia química é convertida em energia mecânica que é, então, convertida em energia térmica.

Energia química → Energia mecânica → Energia térmica

► Atividade 2

Relação entre pressão, volume e temperatura de um gás **p. 118**

Nesta atividade os estudantes investigarão a relação entre as variáveis de estado de um gás com o uso de material de fácil acesso. Deve-se tomar cuidado com a manipulação do sistema de aquecimento.

Reflexão

1. Quando pressionamos o êmbolo (aumentamos a pressão), o volume diminui. Ou seja, pressão e volume são grandezas inversamente proporcionais.
2. Quando o ar do balão foi aquecido, ele se expandiu, portanto, podemos concluir que a temperatura e o volume são grandezas diretamente proporcionais.
3. Quando colocamos a panela de pressão fechada no fogo, aumentando a temperatura de seu conteúdo, a pressão em seu interior aumenta. Portanto, podemos concluir que temperatura e pressão são grandezas diretamente proporcionais.

Atividade 4

Máquina térmica e sociedade [p.121](#)

Nesta atividade os estudantes pesquisarão sobre os impactos das máquinas térmicas nos diversos setores da sociedade, que apresentarão no formato de um artigo de divulgação científica. Pode-se desenvolvê-la em parceria com a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e com a área de Linguagens.

Reflexão

1. Resposta advém de pesquisa realizada pelo estudante. Espera-se que o material aborde os impactos na produtividade e os aspectos relativos à modernização do modo de produção. É importante verificar se as fontes utilizadas para a pesquisa são confiáveis.

Atividade 3

Gás ideal [p.119](#)

Nesta atividade os estudantes investigarão a relação entre as variáveis de estado em transformações gasosas por meio de uma simulação virtual. Caso não haja computadores suficientes para que os estudantes realizem a simulação, pode-se sugerir o uso de *smartphones* ou, ainda, pode-se demonstrar a simulação, alternando os estudantes que a realizam.

Reflexão

1. Na transformação isotérmica, o produto da pressão e do volume deram valores próximos, sugerindo que $PV = \text{constante}$.
2. Na transformação isobárica, a razão entre o volume e a temperatura (em kelvin) ficou praticamente constante, sugerindo que $V/T = \text{constante}$.
3. Na transformação isovolumétrica, a razão entre a temperatura (em kelvin) e a pressão ficou praticamente constante, sugerindo que $T/P = \text{constante}$.
4. Inserindo partículas mais leves no recipiente as relações anteriores continuam com as mesmas condições de proporcionalidade desde que o número de moles permaneça o mesmo. Inserindo mais partículas leves ou pesadas o valor da constante mudará. As relações $P \cdot V$, V/T e P/T são dependentes do número de mols do gás.

Atividade 5

O poder da condensação [p.123](#)

Esta atividade utiliza material de fácil acesso para investigar o fenômeno da condensação, que possibilitou grandes avanços na eficiência de máquinas térmicas. Para que o efeito seja mais facilmente observado, recomendamos que a água da bacia esteja fria ou gelada. Deve-se tomar muito cuidado com a manipulação da lata quente para que não ocorra acidentes ou queimaduras.

Reflexão

1. Com o aumento da temperatura da água na lata, vapor começa a se formar. O vapor é formado por partículas que estão em um estado mais agitado e ocupam mais espaço do que o ar que estava presente na lata. Isso gera um aumento de pressão no interior da lata e o vapor tende a escapar. Quando a lata entra em contato com a água fria, ocorre a variação brusca de temperatura do ar em seu interior. O vapor é convertido novamente em água no estado líquido, ocupando menos espaço, ou seja, menos volume. Como consequência, a pressão no interior da lata diminui. A pressão externa (pressão atmosférica) torna-se maior do que a interna, fazendo com que a lata seja amassada.
2. O condensador faz com que a pressão do vapor diminua bruscamente, convertendo o vapor produzido pela turbina novamente em água, assim como foi visto no experimento da lata. Assim, a água retorna à caldeira em um ciclo fechado, contribuindo para o aumento do rendimento do sistema.

Atividade 6

Funcionamento de refrigeradores p.130

Reflexão

1. A fonte quente de um refrigerador é o meio externo, enquanto a fonte fria é o seu interior, principalmente a região do congelador.
2. O refrigerador tem um compressor que realiza trabalho sobre uma substância refrigerante e fica na parte externa dele.
3. A substância refrigerante circula em forma líquida pelo refrigerador, absorvendo calor da fonte quente. À medida em que absorve o calor, este líquido se transforma em vapor em razão do aumento de sua temperatura. Ao chegar ao compressor, este realiza trabalho, variando a pressão do líquido e convertendo-o em líquido novamente. Essa compressão faz com que o material tenha sua temperatura bruscamente reduzida para que o ciclo recomece.

Resolução e comentários das seções Articulação de ideias

■ Articulação de ideias p. 118

1. a) Não há realização de trabalho, pois o deslocamento do corpo é nulo.
b) Há realização de trabalho da força que a bola recebe no impulso e da força peso da bola.
c) A força gravitacional não realiza trabalho, pois atua como força centrípeta, sendo perpendicular ao deslocamento.
2. Para colocar o livro sobre a mesa, exercemos uma força, em módulo, igual à força peso deslocando-o de 0,7 m, sendo o ângulo entre os dois zero, e cosseno de zero = 1, temos:
$$W = F \cdot d = mg \cdot d$$

$$W = (1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$W = 7 \text{ J}$$

3. Deve-se considerar qual é a definição de trabalho utilizada para definir a primeira lei da Termodinâmica. É necessário estabelecer se W é o trabalho exercido sobre o sistema ou pelo sistema. Esta é uma grande confusão no ensino da Termodinâmica, pois o sinal da expressão da primeira lei depende desta escolha. A expressão da página 118 do Livro do Estudante apresenta o subscrito s para designar o trabalho W_s feito sobre o sistema, e o subscrito p para o trabalho W_p realizado pelo sistema. A primeira lei da Termodinâmica pode ser escrita como $\Delta U = Q + W_s$ ou como $\Delta U = Q - W_p$. Na prática, usa-se apenas a letra W e, assim, é necessário ter clareza se o W considerado é o trabalho realizado sobre ou

pelo sistema. Para aumentar a energia interna (ΔU), pode-se exercer trabalho sobre o sistema sem ceder calor a ele, empurrando um êmbolo, ou aquecendo-o com uma fonte externa de calor, mantendo o seu volume constante.

■ Articulação de ideias p.125

1. Máquinas térmicas são dispositivos que operam em ciclos, transformando energia térmica em trabalho. As máquinas térmicas executam trabalho, porém não podem converter todo o calor em trabalho. Uma parte da energia é necessariamente dissipada para um reservatório a uma temperatura mais baixa. Esta parte da energia não é utilizável. O rendimento, ou eficiência, de uma máquina térmica é determinado pela segunda lei da Termodinâmica, que estabelece que a entropia total de um sistema fechado não pode diminuir. Exemplos de máquinas térmicas presentes no cotidiano são os automóveis com motor a combustão interna, nos quais o calor gerado pela queima do combustível, seja gasolina, etanol ou diesel, realiza trabalho sobre os êmbolos dos pistões, fazendo-os se movimentarem, transmitindo esse movimento para as rodas do veículo. Outro exemplo de máquinas térmicas são as usinas termelétricas, onde o calor gerado pela queima do combustível é utilizado para realizar trabalho sobre as pás das turbinas, que transformam a energia mecânica em energia elétrica com o uso de geradores.
2. Não. Todos os motores de combustão interna (motores automotivos) seguem os princípios da segunda lei da Termodinâmica. Um motor com eficiência de 100% violaria a segunda lei da Termodinâmica.
3. Espera-se, nesta atividade, que o estudante verifique que os motores elétricos possuem um rendimento muito maior, entre 90% e 95%, em relação aos motores de combustão interna, que apresentam rendimento por volta de 30%, além da não emissão de gases de efeito estufa. Uma desvantagem é a baixa autonomia, em geral 80 km por bateria carregada; para viagens longas é necessário recarregá-la.

■ Articulação de ideias p.129

1. Exemplos de processos irreversíveis são o gelo derretendo, um ovo cru caindo no chão (ele irá quebrar e não poderá ser reconstituído), a fumaça saindo de uma chaminé. Rigorosamente, tudo na natureza é irreversível. A reversibilidade é apenas uma idealização, sem conexão com nosso mundo, onde o tempo sempre aponta para frente. Essa aproximação é útil no desenvolvimento da Termodinâmica e nos permite obter explicações razoáveis para diversos fenômenos.
2. A segunda lei da Termodinâmica estabelece que a entropia total de um sistema fechado não pode diminuir com o passar do tempo. Uma máquina térmica que pudesse transformar todo o calor que recebe em trabalho estaria violando a segunda lei da Termodinâmica.

nâmica. Por outro lado, um refrigerador perfeito, que apenas retirasse calor de uma fonte fria e jogasse numa fonte quente, sem a necessidade de uma fonte externa de trabalho (um motor), estaria também violando a segunda lei, pois ela estabelece que não existe uma máquina térmica perfeita. Mesmo se for possível eliminar toda a forma de atrito, haverá dissipação de energia ou fonte externa de trabalho, necessárias para que a entropia total não diminua, fazendo com que a segunda lei da Termodinâmica seja violada.

- 3. a)** Quando dois corpos em temperaturas diferentes são colocados em contato, ocorre a transferência de energia na forma de calor espontaneamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Após atingido o equilíbrio, o objeto frio terá recebido a quantidade de calor Q cedida pela fonte quente e aumentado sua entropia de Q/T_F . O objeto quente terá cedido a quantidade de calor Q e diminuído a sua entropia de $-Q/T_Q$. A variação total da entropia será a soma das variações das entropias dos dois objetos, ou seja $(Q/T_F - Q/T_Q)$. Esta quantidade é positiva, já que $T_F < T_Q$, como era de se esperar pela segunda lei da Termodinâmica.
- b)** O processo de expansão livre de um gás ideal não envolve nenhum trabalho mecânico externo nem fonte de calor. Assim, de acordo com a primeira lei da Termodinâmica, a energia interna do gás também não varia. No entanto, a sua entropia varia. É muito mais provável encontrar as moléculas distribuídas nas duas metades de um recipiente do que todas elas concentradas numa mesma metade. Repare que a entropia é uma propriedade do estado termodinâmico do sistema. A entropia na expansão livre aumenta não em função do calor recebido de uma fonte quente, mas sim em função do fato da expansão livre ser um processo turbulento e irreversível. Não é impossível que todas as moléculas do gás se movam espontaneamente para uma só metade do recipiente, mas este processo é improvável. Em suma, esta questão permite explorar a relação entre os conceitos de entropia e de probabilidade. A entropia aumenta em uma expansão livre porque é muito mais provável que as moléculas se distribuam nas duas metades de um recipiente do que elas ficarem em apenas uma metade do recipiente.

■ Articulação de ideias p. 132

1. Nos refrigeradores, ou máquinas frigoríficas, o fluxo de calor não é espontâneo. Se todo o calor da fonte fria fosse jogado para a fonte quente, seria violada a segunda lei da Termodinâmica. Para que isso não ocorra, é necessária a realização de trabalho mecânico, fornecido pelo motor elétrico. Ou seja, para que ocorra o fluxo de calor da fonte fria para a fonte quente, é necessário que seja realizado trabalho ex-

terno ao sistema. Nos refrigeradores, o compressor é o responsável por realizar esse trabalho.

2. A grade, ou serpentina externa do refrigerador, é responsável por fazer a transferência de calor para a fonte quente. Por este motivo, a grade é mais quente, tornando-se comum nas residências utilizá-la para secar roupas. Esta não é uma ação indicada, pois irá reduzir a troca de calor com o meio ambiente, prejudicando o funcionamento do refrigerador. É necessário que ocorra essa transferência de calor para a fonte quente para que o ciclo seja realizado de forma eficiente.

■ Articulação de ideias p. 134

1. A entropia no estado de plasma é maior do que no estado líquido da substância. No caso de um plasma, é necessário considerar que as partículas têm carga elétrica, e isto confere novas possibilidades de estados termodinâmicos. É necessário considerar as propriedades não apenas dos átomos, mas também dos elétrons e núcleos carregados.

Atividades complementares

D Atividade complementar 1

Transformações gasosas em uma bexiga

Investigação

Nessa atividade, verificaremos como é possível encher uma bexiga sem a necessidade de assoprá-la, utilizando os conhecimentos de Termodinâmica.

Deve-se tomar cuidado ao manipular o sistema de aquecimento e a água fervente, assim como a garrafa.

Material

1 garrafa de vidro de 1 litro ou mais, 1 bexiga, água, sistema de aquecimento, funil, vasilha grande.

O que fazer

- Encha a bexiga com ar para que suas paredes fiquem mais frouxas.
- Aqueça a água até ela atingir a fervura.
- Encha a garrafa de vidro com a água quente, com cuidado para não se queimar. Em seguida, esvazie a garrafa transferindo a água quente para uma vasilha e, rapidamente, encaixe a bexiga na boca da garrafa. Caso queira que o processo seja acelerado, recomendamos colocar a garrafa vazia em uma vasilha com água em temperatura ambiente.

Reflexão

- O que acontece após a bexiga ser encaixada na boca da garrafa? Utilizando o que você aprendeu sobre transformações gasosas, explique os resultados observados.

► Atividade complementar 2

Entropia e desordem

Investigação

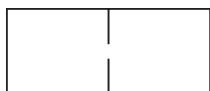
Esta atividade propõe demonstrar como a entropia pode ser interpretada como o grau de desordem de um sistema, assim como seu aumento com o tempo está associado aos processos na natureza que são irreversíveis.

Material

2 caixas de sapato, grãos de milho e de feijão, cola.

O que fazer

1. Faça um orifício nas duas caixas de modo a conectar as duas, como na figura abaixo.



Esquema representativo da atividade. As duas caixas devem ser coladas e um orifício deve ser aberto de modo a ligar os dois lados. Perspectiva de cima.

2. Coloque os grãos de milho em um lado da caixa e os grãos de feijão do outro lado, na caixa que foi colada. Feche a caixa e agite-a um pouco. Abra e observe o resultado.

Reflexão

1. A distribuição dos grãos se manteve a mesma de antes da caixa ser agitada?
2. Caso você agite mais vigorosamente, o que vai acontecer? Repita e observe o resultado. Foi similar ao que você previu?
3. Você acha que é possível fazer com que os grãos voltem à posição inicial? Justifique.

Resolução e comentários das atividades complementares

► Atividade complementar 1

Transformações gasosas em uma bexiga

Nesta atividade os estudantes investigarão a relação entre as variáveis de estados volume e temperatura, com o uso de material acessível.

Reflexão

1. Ao aquecer a garrafa com a água fervente, o ar contido nela também é aquecido. Quando

vedamos a entrada da garrafa com a bexiga, não permitimos que ar frio entre na garrafa. À medida em que o ar da garrafa esfria, a pressão dentro do vidro começará a diminuir, ficando menor do que a pressão externa. Essa pressão externa empurrará a bexiga para dentro da garrafa, fazendo ela se encher.

► Atividade complementar 2

Entropia e desordem

Esta atividade propõe um experimento que utiliza um modelo de partículas para desenvolver o conceito de entropia.

Reflexão

1. Não, a distribuição mudou após a agitação da caixa. Os grãos se espalharam e se misturaram.
2. Os grãos vão se misturar ainda mais. Assim como a entropia varia com a temperatura, ou seja, com o grau de agitação das moléculas, o sistema apresentou uma maior desordem quando as partículas foram agitadas de modo mais vigoroso.
3. Espontaneamente, não. Esse processo é similar à expansão de um gás, sendo um processo irreversível, como todos os processos da natureza.

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Leitura

• As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações Sociais

PINTO, I. K. L. S.; SILVA, A. P. B. da. *Revista Física na Escola*, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/photocadownload/Vol16-Num1/a06.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020. Esse artigo, por meio de um estudo histórico contextualizado do trabalho de Carnot e das leis da Termodinâmica, mostra que conceitos mudam com o tempo e o contexto sociocultural.

• Facilitando a compreensão da segunda Lei da Termodinâmica

OLIVEIRA, P. M. C. de e DECHOUUM, K. Facilitando a compreensão da segunda lei da termodinâmica. *Rev. Bras. Ensino Fís. [online]*. 2003, v. 25, n. 4, p. 359-363. ISSN 1806-9126. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000400004. Acesso em: 25 ago. 2020. A ideia central desse artigo é chamar a atenção para o uso do diagrama de temperatura em função da entropia na descrição das máquinas térmicas reversíveis.

• Carnot e a segunda lei da Termodinâmica

Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/268467/mod_resource/content/1/TEXTO%207%C2%A0Carnot%20e%20a%202a%20Lei.PDF. Acesso em: 25 ago. 2020.

Neste artigo são apresentados dados históricos sobre as primeiras máquinas térmicas e os avanços da Termodinâmica.

Essa discussão histórica, permeada por elementos da filosofia da ciência, pode contribuir para um melhor entendimento dos conceitos sobre a segunda lei da Termodinâmica.

● Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica

Disponível em: https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2016_Marcos_Moura/modulo1.pdf.

Material didático elaborado para o Ensino Médio que apresenta discussão detalhada sobre entropia e a segunda lei da Termodinâmica.

● A Entropia no Ensino Médio

COVOLAN, S. C. T. e SILVA, D. A entropia no Ensino Médio: utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. *Ciênc. educ.* (Bauru) [on-line]. 2005, v. 11, n. 1, p. 97-117.

Artigo fruto de uma pesquisa que pretendeu avaliar a evolução da aprendizagem de alunos do Ensino Médio, quando colocados em contato com o conceito de entropia em situações cotidianas, utilizando atividades relacionadas com o cotidiano e textos didáticos.

Páginas de internet

● Primeira lei da Termodinâmica

Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/primeira_lei.htm.

Página do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que apresenta o tema primeira lei da Termodinâmica.

● Ciclo de Carnot

Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_carnot.htm.

Página do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que apresenta o tema ciclo de Carnot.

● Máquinas Térmicas – Experimentos

Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/portalpion/index.php/noticias/54-maquinas-termicas>.

Página que reúne temas relacionados à Física. Nesse endereço, encontram-se disponíveis dois experimentos de aplicações das leis da Termodinâmica.

Acesso em: 25 ago. 2020

Vídeos

● Quem inventou o motor a vapor?

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tvJ2BDhKsaQ>. Vídeo que apresenta a história da invenção do motor a vapor e seu funcionamento e como essa invenção impulsionou a Primeira Revolução Industrial.

● Por dentro do Cilindro

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sEf8va1S7Sw>. Vídeo que mostra o funcionamento de um motor de combustão real com o uso de uma microcâmera.

● Ciclo de Otto

Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/termodynamicamotor.html>.

Simulação da combustão em um motor, que funciona segundo o ciclo de Otto, desenvolvida pelo Centro de Referência para o Ensino de Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

● Fenômenos reversíveis e irreversíveis

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=F0BAVI-Vff4o>.

Vídeo do canal do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sobre fenômenos reversíveis e irreversíveis, com exemplos familiares aos estudantes.

Acesso em: 25 ago. 2020.

Capítulo 8

Armazenando energia elétrica p. 135

Competências gerais: 1, 2, 4 e 9

Competência específica: 1

Habilidade: EM13CNT106

Objetivos do capítulo

Neste capítulo, nosso objetivo principal é que os estudantes possam compreender os modelos para as transformações químicas que envolvem transferências de elétrons, os processos de oxirredução e a produção de energia elétrica. Buscamos ainda que os estudantes sejam capazes de aplicar o modelo estudado para explicar o funcionamento de dispositivos como pilhas e baterias e os processos relacionados à eletrólise.

Orientações didáticas

O texto **8.1 – Introdução ao estudo das reações de oxirredução** (página 135) inicia as discussões sobre os processos de oxirredução apresentando exemplos cotidianos em que ocorrem. Esta leitura pode ser realizada em conjunto com a turma porque apresenta novos termos importantes para o estudo do capítulo, como, por exemplo, estado de oxidação. Neste momento você pode retomar o conceito e as representações de cátions e ânions que serão essenciais para o entendimento dos processos de oxidação e de redução.

A **Atividade 1 – Vitamina C como agente redutor: interação com iodo** (página 136) traz a reação entre o iodo e a vitamina C, perceptível pela mudança de coração do sistema. Nela ocorre a oxidação do ácido ascórbico enquanto o iodo é reduzido. Por ser facilmente oxidada, a vitamina C é adicionada a diversos produtos para atuar como um agente antioxidante, ou seja, ela impede a oxidação de determinadas espécies químicas.

O texto **8.2 – Substâncias oxidantes e redutoras** (página 137) retoma a Atividade 1 e apresenta termos importantes que merecem atenção neste momento, como substâncias oxidantes e redutoras, número de oxidação, redução e oxidação. O termo oxidação aparece em nosso cotidiano, mas geralmente não o atribuímos ao processo químico. Relacionar o termo aos materiais inoxidáveis e aqueles que oxidam pode auxiliar os estudantes a perceber que os processos de oxirredução são comuns em nosso cotidiano. Neste texto também apresentamos o cálculo para o número de oxidação (nox). Para esta abordagem, consultar a tabela

periódica e as discussões sobre elétrons de valência podem auxiliar os estudantes a não fazerem apenas a memorização dos possíveis valores de nox dos átomos. O cálculo em si é simples, mas podem ser realizados alguns exemplos com os estudantes.

O boxe **Um pouco de história** (página 140) apresenta a importância histórica da vitamina C, que teve papel fundamental na manutenção da saúde das tripulações à época das grandes navegações. Sabemos que os marinheiros e navegantes ficavam meses no mar em condições precárias. Os componentes História, Geografia e Sociologia podem contribuir para ampliar esta discussão destacando como eram realizadas as viagens marítimas, as principais rotas percorridas, as pessoas que compunham a tripulação, o tempo necessário para percorrer trechos que hoje são alcançados em tempos menores, entre outros. As condições precárias de higiene que propiciaram a transmissão de diversas doenças também são um ponto interessante a ser discutido, assim como o fato de essas viagens acabarem por intercambiar espécies da fauna e da flora entre países, contribuindo para o desequilíbrio ambiental em várias regiões e para a incorporação de espécies exóticas, inclusive no Brasil. No livro *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*, indicado na seção *Sugestões para o professor* deste capítulo (página 279) você encontrará textos que abordam como o comércio de especiarias impulsionou as navegações e como a vitamina C foi importante para que elas não parassem. Nestes textos você encontrará importantes elementos que podem enriquecer o diálogo com os componentes sugeridos. Há a possibilidade de realizar um trabalho sobre como o comércio de especiarias impactou nossa sociedade atual. Os resultados deste trabalho podem ser compartilhados com a comunidade escolar.

A **Atividade 2 – Comprendendo o quadro de potenciais de eletrodos-padrão de redução** (página 140) é um experimento simples que auxiliará na compreensão da espontaneidade das reações químicas, avaliando-se os potenciais de eletrodos-padrão. O texto **8.3 – Potenciais-padrão de redução** (página 142) retoma e explica a Atividade 2, e apresenta novos termos, como diferença de potencial. Sugerimos que seja feita a leitura conjunta com os estudantes reavaliando as respostas dadas para a atividade. Pode-se também utilizar o quadro 8.1 do Livro do Estudante para fazer comparações entre pares aleatórios para avaliar a espontaneidade das possíveis reações entre eles e quais seriam as espécies redutoras e oxidantes em cada caso. O recurso “A corrosão de aço carbono, alumínio, cobre e magnésio”, indicado nas *Sugestões para o professor*, apresenta algumas reações de oxirredução que podem ser avaliadas utilizando-se os conhecimentos agora adquiridos sobre os potenciais.

O texto **8.4 – Os constituintes da pilha comum** (página 143) apresenta a composição das pilhas que utilizamos em diversos equipamentos em nosso dia a dia e abre a discussão para a **Atividade 3 – Explorando pilhas e baterias** (página 144). Na Parte A da atividade, os estudantes poderão observar o interior de uma pilha. Caso prefira, você pode levar a pilha já aberta para a sala de aula. São necessários cuidados básicos de segurança para abrir a pilha, a fim de evitar ferimentos. Não se deve descartar os resíduos no lixo comum. Ao término da atividade, procure um local que faça o recolhimento deste tipo de material. Na Parte B os estudantes poderão construir suas próprias pilhas usando moedas e vegetais. Estas atividades costumam gerar grande interesse nos estudantes. É importante executar todas as etapas corretamente para que as pilhas produzidas funcionem de forma adequada. No vídeo “Pilhas”, indicado nas *Sugestões para o professor*, uma pilha semelhante é construída e alguns possíveis erros que podem interferir nos resultados são apresentados, além da explicação teórica para o processo. Na seção *Sugestões para o professor*, indicamos vários vídeos em que pilhas foram construídas com refrigerante, forminha de gelo, lata de refrigerante, entre outros. Inspirada nesta atividade, pode ser feita uma mostra de ciências em que os estudantes podem apresentar pilhas construídas por eles com materiais alternativos. Além dos já citados, também é possível utilizar batata, tomate, limão, água sanitária e muitos outros. Enriquece a atividade observar estas pilhas sendo utilizadas para fazer funcionar objetos como calculadoras, relógios e até um trator de brinquedo, como o feito no vídeo “Trator movido a eletricidade”, do Pontociência, indicado nas *Sugestões para o professor*. Os estudantes podem utilizar brinquedos já prontos ou até construir brinquedos como barcos, robôs, carrossel e mais. O componente curricular Arte pode fornecer importantes contribuições para a realização desta mostra.

O texto **8.5 – Explorando pilhas e baterias** (página 146) traz o aspecto histórico de construção das pilhas, passando pelas contribuições de Luigi Galvani e Alessandro Volta. O texto retoma ainda a Atividade 3, mostrando que a pilha construída foi semelhante à de Volta e como foi obtida maior voltagem após colocá-las em série.

O texto **8.6 – Células eletroquímicas, pilhas e baterias** (página 146) sistematiza as discussões feitas até o momento e discute os conceitos de cátodo, ânodo, células eletroquímicas, pilhas e baterias. Os estudantes podem ser estimulados a elaborar esquemas que reúnem e demonstram as conexões entre estes conceitos fundamentais para o estudo da eletroquímica. O texto **8.7 – Pilha de Daniell** (página 147) apresenta a pilha de mesmo nome, destacando suas partes e funcionamento. Nas *Sugestões para o professor* apresentamos alguns recursos que podem compor esta abordagem, como o vídeo “Pilha de Daniell”. Após a leitura do texto com os estudantes, você pode apresentar o vídeo para que eles vejam uma pilha real funcionando. A animação permite que você troque os metais utilizados

como eletrodos e sejam observadas as diferentes voltagens geradas por cada pilha.

O cálculo teórico da voltagem, ou ddp, é apresentado na **Atividade 4 – Um procedimento para o cálculo da diferença de potencial** (página 150). Após esta atividade, você pode utilizar o vídeo “Pilha de zinco e magnésio” indicado nas *Sugestões para o professor* para checar o entendimento dos estudantes. Nele, o zinco é utilizado em uma pilha no papel de cátodo, diferentemente do papel desempenhado por este metal na pilha de Daniell. É comum os estudantes associarem o papel do zinco apenas à oxidação em uma pilha. Para auxiliar na compreensão de que o processo que ocorrerá será dependente dos potenciais de eletrodos-padrão dos metais envolvidos, pode ser feita uma atividade como essa. O vídeo pode ser exibido sem pausas para os estudantes e você pode elaborar questões sobre o funcionamento e a constituição da pilha como: (i) qual metal atuou como cátodo e qual deles foi o ânodo; (ii) qual é o sentido da corrente; (iii) como variaram as concentrações dos íons nas soluções; (iv) os sentidos dos íons na ponte salina; (v) o cálculo da ddp teórica que pode ser comparada àquela medida no vídeo; (vi) as semirreações e a equação completa do processo; além da (vii) representação da pilha. Ou seja, a atividade pode sistematizar quase todo o conteúdo discutido até o momento. Sugerimos que seja feita em grupo para que os estudantes busquem juntos as respostas, retomando as atividades e discussões realizadas.

O texto **8.8 – Balanceamento de equações que envolvem oxidação e redução** (página 151) apresenta o procedimento para fazer o balanceamento de equações de oxirredução. Sugerimos que você faça com os estudantes os passos indicados, uma vez que as etapas iniciais são bem diferentes do procedimento de balanceamento por tentativas, já estudado.

A **Atividade 5 – Um exemplo de eletrólise** (página 152) discute a eletrólise por meio do processo realizado com o iodeto de potássio. Para esta abordagem você também pode utilizar os vídeos que indicamos na seção *Sugestões para o professor* sobre o tema. O texto **8.9 – Alguns exemplos que envolvem o uso da eletrólise para obtenção de materiais** (página 153) traz aplicações para este processo que, provavelmente, é desconhecido pelos estudantes. No texto **8.10 – Vantagens e riscos do alumínio** (página 155) discutem-se os efeitos da presença do alumínio em nosso organismo e os impactos ambientais do processo de produção do metal, que pode ser acompanhado no vídeo “De onde vem o alumínio?” do canal Manual do Mundo, indicado nas *Sugestões para o professor*. A reciclagem deste metal e outros materiais e como nossos hábitos de consumo afetam o meio ambiente também são abordados. As discussões já realizadas sobre o ciclo de vida das embalagens e produtos e os preceitos da Química Verde podem ser relembrados.

A **Atividade 6 – Baterias** (página 157) propõe uma pesquisa sobre vários tipos de baterias que são usadas

atualmente, desde os componentes que as constituem até o descarte. Incentivamos que os estudantes compartilhem com a comunidade escolar os resultados obtidos.

Resolução e comentários das atividades de investigação

D Atividade 1

Vitamina C como agente redutor: interação com iodo p. 136

Nesta atividade será realizada a reação entre o iodo e o ácido ascórbico (vitamina C). O processo pode ser visualizado pela mudança de coloração do sistema e inicia as discussões sobre os processos de oxirredução.

Como você pode constatar, esta atividade envolve o uso de substâncias minerais e orgânicas, materiais naturais (como o limão) e produzidos (como a vitamina C e o iodo). Consideremos, então, alguns aspectos desses materiais:

- Convém estarmos atentos para o fato de o limão ser um fruto complexo em sua constituição. Sabemos que contém ácido cítrico e outras substâncias ácidas, além do ácido ascórbico. Quando usamos o seu suco nesse experimento, é preciso lembrar que muitas substâncias podem interferir na reação que queremos focalizar.
- A vitamina C pode também ser comercializada em tablets efervescentes. Para o nosso caso, esse tipo não convém, principalmente por produzir soluções coloridas e gás, quando se dissolve. Tais consequências podem afetar as evidências dos fenômenos que queremos estudar. O comprimido de vitamina C, como quase todos os outros comprimidos, utiliza amido como suporte. Se você se recordar das experiências sugeridas em ciências nos anos iniciais, há um teste proposto para a identificação do amido nos vegetais. Esse teste envolve o uso de solução de iodo, que, em contato com o amido, fica azul. Isso só acontece na presença de iodeto.
- As soluções farmacêuticas de iodo são preparadas dissolvendo o iodo sólido (I_2) em álcool, solvente no qual é mais solúvel quando comparado com a água. A essa solução é acrescentado iodeto de potássio (K I) (consulte os rótulos do frasco da farmácia), em pouquíssima quantidade. A presença de iodeto garante maior estabilidade à solução de iodo. Em solução, é possível existir a associação do iodeto com o iodo, constituindo a espécie I_3^- , muitas vezes representada nas equações das reações que envolvem o iodo. De fato, é essa espécie que forma, com a molécula do amido, um complexo de cor azul.
- Para o nosso experimento, é preciso garantir uma quantidade da solução de iodo dissolvida em água suficiente para formar uma solução aquosa amarela-dada. Caso essa cor não seja obtida com apenas dez

gotas da solução alcoólica de iodo, adicione mais, até atingir a cor sugerida.

Veja a seguir alguns comentários sobre os itens 3 e 4 de **O que fazer**.

3. A cor do sistema inicial (água + solução alcoólica de iodo) é amarelada. Com a adição do comprimido de vitamina C, ocorre o descoramento gradual dessa solução, e ela se torna incolor.
4. A cor do sistema inicial passa de amarelada a quase incolor, levemente esverdeada.

Comentário: Quando apenas poucas gotas de suco de limão são adicionadas, a mudança de cor é pouco intensa, devido à menor quantidade de vitamina C no suco de limão quando comparada à do comprimido. Além disso, a coloração esverdeada do suco de limão não permite que o sistema fique completamente incolor, mesmo após a adição de várias gotas.

Reflexão

1. A cor amarelada do sistema inicial deve-se ao iodo. Como houve um descoramento das soluções, após a adição do comprimido de vitamina C e de gotas do suco de limão, pode-se dizer que houve uma reação química e que, provavelmente, as espécies reagentes foram iodo e vitamina C (presente tanto no comprimido quanto no suco de limão).
2. A presença da vitamina C em cosméticos impede ou bloqueia a oxidação de componentes da fórmula, assim tem-se maior estabilidade do produto.

Comentário: A vitamina C é incorporada aos produtos cosméticos com duas funções distintas: estabilização do produto, impedindo a oxidação dos componentes da fórmula, ou como princípio ativo, atuando no clareamento da pele e com ação anti-envelhecimento, principalmente. Dependendo da finalidade a que se destina, a incorporação da vitamina se dá de formas diferentes justamente em função da grande facilidade de oxidação da mesma.

Atividade 2

Comprendendo o quadro de potenciais de eletrodos-padrão de redução p. 140

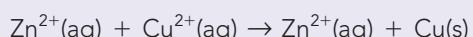
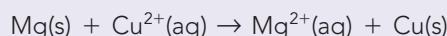
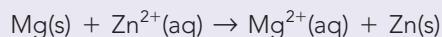
Nesta atividade serão realizados experimentos simples para que os estudantes possam compreender como os valores de potenciais de eletrodos-padrão de redução podem ser utilizados para avaliar a espontaneidade de uma reação de oxirredução e quais espécies atuarão como redutoras ou oxidantes.

Reflexão

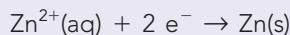
1. O magnésio reagiu com todos os outros íons metálicos testados (ou seja, à exceção dos íons Mg^{2+}), provocando a redução desses íons.

2. Os íons Cu^{2+} reagiram com todos os outros metais testados (à exceção do cobre metálico, Cu), provocando a oxidação desses metais.

3. Todas as reações que ocorreram no experimento foram:



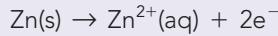
4. As reações de redução que ocorreram foram:
 $Cu^{2+}(aq) + 2 e^- \rightarrow Cu(s)$



O oxidante mais potente é o Cu^{2+} .

Comentário: O oxidante menos potente dos que foram testados é o $Mg^{2+}(aq)$, pois ele não oxidou nenhum dos metais do experimento.

5. As reações de oxidação que ocorreram foram:
 $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$



Comentário: O redutor menos potente dos que foram testados é o $Cu(s)$, pois ele não reduziu nenhum dos íons do experimento.

Atividade 3

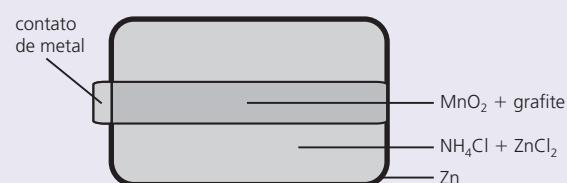
Explorando pilhas e baterias p. 144

Nesta atividade os estudantes poderão conhecer o interior de uma pilha comum e construir suas próprias pilhas feitas de moedas e vegetais.

Parte A – Dissecando uma pilha comum

Reflexão

1. **Comentário:** As substâncias constituintes da pilha estão indicadas na figura a seguir, de acordo com a descrição do texto.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Desenho para a pilha aberta e as principais partes que a compõem. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

■ Parte B – Moedas elétricas e pilhas de vegetais

Seguem comentários sobre os itens de **O que fazer:**

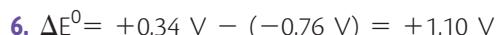
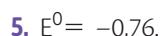
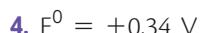
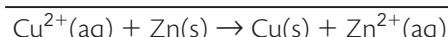
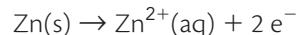
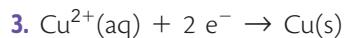
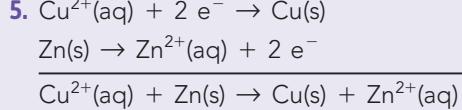
5. **Comentário:** A voltagem medida irá variar de acordo com o metal utilizado e se as placas estão bem limpas.
6. Invertendo-se as pontas de provas, o valor medido será o mesmo, mas apresentará sinal negativo. O polo positivo da pilha é o cobre.
8. A voltagem medida aumentará a cada "sanduíche" adicionado. Assim, em um sistema ideal, para dois "sanduíches metálicos" teríamos o dobro da voltagem encontrada para apenas um "sanduíche". Para três "sanduíches" teríamos o triplo.
9. A voltagem encontrada será maior do que a medida para dois "sanduíches".
10. O multímetro indicará voltagem diferente de zero.

Reflexão

1. A quantidade de pilhas depende do valor medido no experimento.

Comentário: Temos que considerar que, em um sistema ideal, pilhas associadas em série fornecem a voltagem total igual à soma da voltagem individual de cada pilha. Portanto, se a pilha construída fornecer a tensão de 0,75 V, para acender um LED de 1,8 V são necessárias, no mínimo, três destas pilhas, que nos forneceriam a voltagem teórica de 2,25 V. Já para funcionar a calculadora que utiliza uma pilha AA de 1,5 V seriam necessárias duas das pilhas preparadas.

2. O zinco é oxidado mais facilmente.
3. $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2 e^-$
4. O metal que está sendo oxidado é o zinco, cujo potencial de oxidação é $\Delta E^0 = +0,76$ V.



D Atividade 5

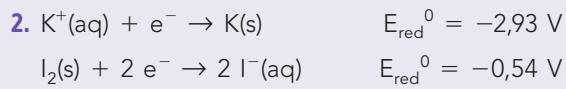
Um exemplo de eletrólise p. 152

Nesta atividade pode ser observada a eletrólise realizada em uma solução de iodeto de potássio (KI). Veja a seguir comentários sobre os itens de **O que fazer:**

2. Neutra.
5. Utilizam-se dois fios. Deve-se ligar um fio a cada polo da bateria. Em seguida, cada extremidade é conectada a um eletrodo de grafite.
6. Antes do início da eletrólise, a solução aquosa de iodeto de potássio, KI, é incolor. Iniciando-se a reação, observa-se, no eletrodo ligado ao polo positivo (ânodo), uma coloração castanha, que começa a tingir a solução. No eletrodo ligado ao polo negativo (cátodo), há intensa formação de bolhas, ao mesmo tempo que a solução começa a se tingir de rosa. Essa coloração é característica de soluções básicas, ou seja, cujo pH > 7, em presença de fenolftaleína. O pH começa a aumentar em torno do cátodo.

Reflexão

1. Íons potássio, K^+ , e íons iodeto, I^- .



Como a espécie presente no sistema inicial é o íon iodeto, I^- (aq), a possível reação é sua oxidação, representada por: $2I^-(aq) \rightarrow I_2(s) = 2e^-$.

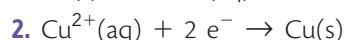
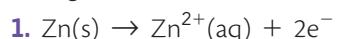
3. No eletrodo positivo, ânodo, formou-se uma coloração castanha, característica do iodo, I_2 . Assim, no ânodo, a semirreação de oxidação é: $2I^-(aq) \rightarrow I_2(s) = 2e^-$. No eletrodo negativo, cátodo, não se observou formação de depósito de qualquer sólido, indicando, portanto, que não ocorreu a redução dos íons de potássio, K^+ . A outra espécie química presente no sistema inicial é a água. A semirreação de redução envolvendo a água é: $2 H_2O(l) + 2 e^- \rightarrow H_2(g) + 2 OH^-(aq)$; $E_{red}^0 = -0,828$. Ela é coerente com as observações experimentais, a saber: formação de gases e coloração rosa da solução devido à presença de íons OH^- (aq) interagindo com a fenolftaleína.

D Atividade 4

Um procedimento para o cálculo da diferença de potencial p. 150

Nesta atividade discutiremos os procedimentos para calcular a diferença de potencial de uma reação de oxirredução.

Seguem comentários sobre os itens de **O que fazer:**



4. Tanto a semirreação de oxidação do iodeto quanto a semirreação de redução da água, conforme escritas na questão 3, envolvem dois mols de elétrons, estando balanceadas.
5. Somando-se as semirreações de redução e de oxidação, tem-se a equação global da eletrólise da solução aquosa de iodeto de potássio.
- $$2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$$
- $$2\text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) = 2\text{e}^-$$
-
- $$2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$$

Resolução e comentários das atividades de projeto

D Atividade 6

Baterias p. 157

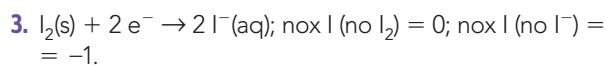
O projeto está planejado para ser desenvolvido em grupo. Como as tarefas sugeridas dependem de condições de tempo e contatos com pessoas que trabalham em lojas especiais, para cumprir a atividade é preciso planejá-la com bastante antecedência. Os temas sugeridos podem, é claro, ser modificados ou ampliados, conforme as possibilidades. É interessante que seja dada uma chance à investigação das condições de saúde em que trabalham as pessoas envolvidas na venda e na recuperação das baterias de automóveis. É sempre bom destacar quanto é importante ter cuidado na manipulação de substâncias perigosas. Talvez o trabalho dos estudantes possa contribuir para a conscientização das pessoas desse ramo sobre os riscos que assumem se não se protegerem adequadamente.

Conforme o resultado dos trabalhos, a apresentação deles pode ser ampliada para a comunidade escolar. Após a avaliação, avalie se é viável preparar painéis para exposição na escola ou, ainda, planejar um horário em que os estudantes que desenvolveram os trabalhos se revezem para ficar ao lado dos painéis, a fim de falar de seus resultados para outros estudantes.

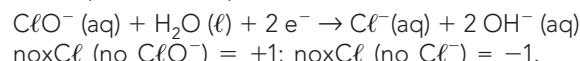
Resolução e comentários das seções Articulação de ideias

■ Articulação de ideias p. 139

1. a) O I_2 é uma substância molecular.
 - b) Porque os elétrons da ligação covalente estão igualmente compartilhados entre os dois átomos.
 - c) Porque a carga elétrica do íon iodeto é igual a -1 .
2. O I_2 é o agente oxidante, porque seus átomos ganham elétrons. A vitamina C é o agente redutor, porque um ou mais de seus átomos perdem elétrons.

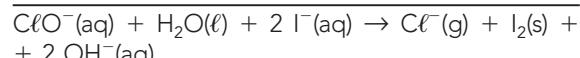
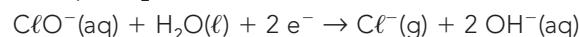


4. O hipoclorito dissolvido em água forma as espécies $\text{Na}^+(\text{aq})$ e $\text{ClO}^-(\text{aq})$:



nox Cl (no ClO^-) = $+1$; nox Cl (no Cl^-) = -1 . Como o nox do cloro variou de $+1$ para -1 , ele ganhou 2 elétrons e foi reduzido.

5. Ao somar as equações obtidas nos itens 3 e 4, deve-se inverter a equação da questão 3, pois o sistema inicial contém a espécie química iodeto (I^-). $2\text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^-$



Evidência de que a reação ocorreu: a solução passa de incolor a amarela, indicando a presença de I_2 .

Comentário: No sistema final da reação do iodo com vitamina C, os produtos são íons iodeto (I^-) e vitamina C oxidada. Como o hipoclorito de sódio é um oxidante, ele certamente não reagirá com o produto de oxidação da vitamina C, mas sim com os íons iodeto, que podem ser oxidados a iodo (I_2).

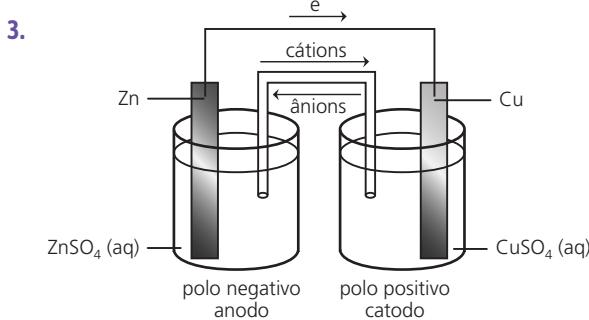
■ Articulação de ideias p. 148

1. Como houve diminuição da massa na placa de zinco, esse metal está sendo consumido, sendo, portanto, um reagente. Como as reações na pilha são de oxirredução, o zinco está se oxidando de acordo com a equação: $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$.
2. Como houve aumento de massa na placa de cobre, este metal está sendo formado, sendo, portanto, um produto da reação. Como as reações na pilha são de oxirredução, o cobre está se reduzindo de acordo com a equação: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$.
3. Como a cor da solução se deve à presença dos íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, a diminuição da intensidade da cor da solução indica que os íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ estão sendo consumidos, sendo, portanto, reagentes. Como as reações na pilha são de oxirredução, o cobre está se reduzindo de acordo com a equação: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$.
4. Após o circuito ser fechado, à medida que o tempo passa, a quantidade de íons $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ aumenta e a de íons sulfato permanece a mesma.
5. Após o circuito ser fechado, à medida que o tempo passa, a concentração dos íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ diminui e a de íons sulfato permanece a mesma.

■ Articulação de ideias p. 150

1. À medida que o zinco se oxida, há formação de íons $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$; portanto, a concentração desse íon aumenta no eletrodo de zinco (anodo). Simultaneamente, ocorre a redução dos íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, formando $\text{Cu}(\text{s})$. Portanto, a concentração desse íon diminui no eletrodo de cobre (cátodo).
2. As reações de redução do $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ e oxidação do $\text{Zn}(\text{s})$ geram uma diferença de potencial elétrico nos eletrodos, e os ânions cloreto, $\text{Cl}^-(\text{aq})$,

migram pela ponte salina do eletrodo de cobre para o eletrodo de zinco (do catodo para o anodo) e os cátions $K^+(aq)$ fazem o caminho oposto (do anodo para o catodo). Note que, se isso não ocorresse, haveria excesso de ânions no eletrodo de cobre (catodo) e excesso de cátions no eletrodo de zinco (anodo), o que não é possível, visto que toda solução é eletricamente neutra.



Esquema para uma pilha de Daniell. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.

4. Não, porque, apesar de ocorrer uma reação espontânea de oxirredução, não há geração de energia elétrica, que é a função da pilha.

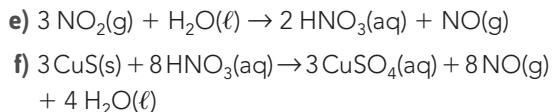
Resolução e comentários das seções Exercícios

■ Exercícios p. 142

- D. Para armazenar a solução de $NiSO_4$, o recipiente metálico não deve reagir com os cátions Ni^{2+} da solução. Assim, o Ni^{2+} tem maior potencial de redução do que o ferro (Fe) e o zinco (Zn), provocando a oxidação desses metais. Já em relação ao cobre (Cu) e à prata (Ag), o Ni^{2+} tem menor potencial de redução, não sendo capaz de oxidar esses metais. Portanto, pode ser armazenado em um recipiente feito de cobre ou de prata.
- D. O Cd^{2+} reduz, oxidando o Zn, pois o cádmio tem o maior potencial de redução. O potencial da reação é $\Delta E^0 = -0,40 - (-0,76) = 0,76 - 0,40 \Rightarrow \Delta E^0 = +0,36\text{ V}$.
- A. O eletrodo de sacrifício deve ter potencial de redução menor do que o material da estrutura que será protegida. Assim, o único metal que tem o potencial menor do que o ferro é o magnésio.

■ Exercícios p. 151

- $Pb(s) + PbO_2(s) + 2 H_2SO_4(aq) \rightarrow 2 PbSO_4(s) + 2 H_2O(\ell)$
- $5 KNO_2(aq) + 2 KMnO_4(aq) + 3 H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2 MnSO_4(aq) + 5 KNO_3(aq) + 3 H_2O(\ell)$
- $K_2Cr_2O_7(aq) + 7 H_2SO_4(aq) + 6 KI(aq) \rightarrow 4 K_2SO_4(aq) + Cr_2(SO_4)_3(aq) + 7 H_2O(\ell) + 3 I_2(s)$
- $2KMnO_4(aq) + 5SnCl_2(aq) + 16HCl(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + 2MnCl_2(aq) + 5SnCl_4(aq) + 8H_2O(\ell)$



Resolução e comentários das Questões de exames p. 158

■ Capítulo 6

1. A

- Correto.
- Falso. O termômetro é um aparelho que quantifica a agitação das moléculas de um corpo. Quanto maior a temperatura, mais agitadas estão as moléculas e maior a sua temperatura. Consequentemente, quanto menor a temperatura, menor a agitação das moléculas.
- Falso. O calor pode ser exemplificado como energia em trânsito em relação à diferença de temperatura entre 2 ou mais corpos. O calor transita de um corpo com menor temperatura para o corpo de maior temperatura. Os termômetros no Brasil então divididos em uma escala de 100 e em Celsius.
- Falso. Como dito em I, os termômetros medem o grau de agitação das moléculas.

2. A

Vamos encontrar o calor que a água libera para chegar a 0°C com $T_i = 30^\circ\text{C}$.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 200 \cdot 1 \cdot (0 - 30)$$

$$Q = -600\text{ cal}$$

Agora, iremos encontrar a quantidade de calor absorvido pelo gelo até chegar a 0°C com $T_i = -10^\circ\text{C}$.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 50 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-10))$$

$$Q = 250\text{ cal}$$

Para o gelo derreter, devemos encontrar a quantidade de calor absorvido por ele.

$$Q = m \cdot c_L$$

$$Q = 50 \cdot 80$$

$$Q = 4000\text{ cal}$$

Então o total absorvido pelo gelo será $Q = 4000 + 250 = 4250$, mostrando que o gelo derreterá.

Para encontrar o equilíbrio, temos:

$$200 \cdot 1 \cdot (T - 30) + 4250 + 50 \cdot 0,5 \cdot (T - (-10)) = 0 \\ 200T - 6000 + 4250 + 50T = 0$$

$$T = 7^\circ\text{C}$$

3. C

O calor é energia em trânsito. Portanto, quando um objeto está em contato com outro e há diferença de temperatura, esse calor é transferido. Essa transferência pode ocorrer da forma de radiação, condução, que ocorre nos sólidos, e convecção, que ocorre nos fluidos. A convecção e a condução precisam de meio material para que ocorram. No entanto, a radiação acontece inclusive no vácuo, por meio de ondas eletromagnéticas.

4. D

Sabemos que a densidade do gelo é dada por:

$$d_{\text{gelo}} = \frac{m}{V} \Rightarrow d_{\text{gelo}} = 150 \text{ cm}^3$$

E a densidade da água dada por: $d_{\text{água}} = \frac{m}{V} \Rightarrow d_{\text{água}} = 135 \text{ cm}^3$. Portanto, teremos uma variação de volume igual a: $150 \text{ cm}^3 - 135 \text{ cm}^3 = 15 \text{ cm}^3$. Calculando a quantidade de calor de fusão (de 0 °C sólido até 0 °C líquido), temos:

$$Q = m \cdot L$$

$$Q = 10800 \text{ cal}$$

De 0 °C até 4 °C:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 540 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{total}} = 11340 \text{ cal}$$

■ Capítulo 7

1. C

Para erguer uma massa de 50g, precisamos de uma força de:

$$F = m \cdot g \rightarrow F = 50 \cdot 10^{-2}$$

Na questão é dito que a contração da fibra é de 10% de $1 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-4}$.

Logo:

$$W = F \cdot d$$

$$W = 50 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}$$

$$W = 5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

2. D

Quando diminuímos o volume, os choques das moléculas passam a ser mais frequentes, o que pode ser traduzido como maior pressão e não como aumento de temperatura. Neste caso temos temperatura constante.

Quando um gás realiza trabalho, ele obedece à seguinte expressão: $W = -P \cdot \Delta V$. Isso quer dizer que temos um trabalho negativo quando o trabalho é realizado sobre o meio exterior.

3. E

i. Verdadeiro.

ii. Falso. Na transformação adiabática não existe troca de calor com o meio externo. Portanto, a variação da energia interna terá o mesmo valor que o trabalho executado ou sofrido pelo gás.

iii. Falso. Na transformação isobárica a pressão é constante e volume e temperatura são diretamente proporcionais.

iv. Falso. A transformação isotérmica ocorre quando a temperatura é constante.

4. B

Entropia geralmente é associada a dispersão de matéria e energia, e “desordem” de um sistema termodinâmico, ou seja, a energia que não pode ser transformada em trabalho. Portanto, para uma máquina ideal, sem dissipação de energia, todo o calor seria transformado em trabalho, mantendo a entropia igual. Cálculo para a eficiência da máquina de Carnot:

$$E = 1 - \frac{300}{600}$$

$$E = 0,66 \text{ ou } 66\%$$

5. B

Uma máquina térmica real nunca consegue atingir um rendimento de 100%, mesmo no ciclo de Carnot. Logo, parte dessa energia recebida é perdida para o meio externo, fazendo com que a entropia do sistema aumente.

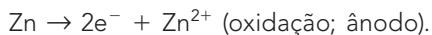
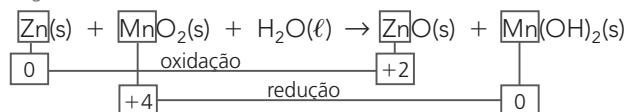
■ Capítulo 8

1. A.

Na reação, o HgO seria o cátodo.

2. E.

agente redutor



3. B.

O polo positivo de uma pilha é chamado de cátodo.

Atividade complementar

Além de todas as atividades propostas neste capítulo, sugerimos outra que envolve a realização de entrevistas. Esta é uma atividade que, sendo planejada para ser realizada fora da escola, pode contribuir muito para estimular os estudantes a refletir sobre o que já estudaram. Atividades dessa natureza favorecem a interação entre pessoas com diferentes graus de conhecimento, de forma a partilharem seu saber. O encontro dos estudantes com outras pessoas está planejado para ter um objetivo, e não para ser apenas um bate-papo. Isso estimula o desenvolvimento da **atenção deliberada**, atitude fundamental para a ocorrência de aprendizagem.

Além disso, agradáveis momentos podem acontecer. Por exemplo: uma avó gosta de falar sobre coisas do passado, sobre como faziam antigamente com relação a hábitos alimentares. Um dentista ou uma médica vão ficar satisfeitos ao falar de coisas das quais, geralmente, não têm chance de falar. Um cozinheiro, feliz com a sua profissão, vai dar muitas receitas para uma saúde melhor. Para o entrevistador, muitas questões vão aparecer.

Não se assuste, pois certamente não será possível responder a todas as dúvidas ou curiosidades surgidas. Organize aquelas que você julgar passíveis de serem investigadas e respondidas. Considere o interesse dos estudantes e, conforme o que decidirem, outro trabalho pode ser planejado.

Para desenvolver essa atividade, sugerimos que a turma seja dividida em grupos. Cada grupo pode, então, decidir quem vai entrevistar quem. Os resultados devem ser reunidos em um trabalho por grupo, e, acreditamos, é muito importante compartilhá-los. Portanto, propomos que seja favorecido um momento para a apresentação desses resultados para toda a turma. A seguir, reproduzimos um roteiro para o trabalho.

Como as pessoas compreendem a relação entre os elementos químicos e o organismo humano?

Nesta atividade, você entrevistará pessoas da sua comunidade. Organizem-se em grupos e elaborem algumas perguntas para fazer a quaisquer pessoas, para averiguar as ideias que têm sobre a presença de alguns elementos químicos na constituição de alimentos. Logo adiante, apresentamos algumas sugestões. Registre as respostas ou as ideias principais nelas contidas. Organize os dados por pessoa, por idade, por profissão ou da forma que lhe convier. Procure incluir pelo menos um médico em sua lista. Traga as informações para o seu grupo, e, reunindo todos os dados, redijam um texto que apresente os resultados. Ao final, apresente o comentário de seu grupo sobre os dados obtidos.

Sugestões

1. Você deve considerar que ferro é bom para o organismo, para o sangue, por exemplo. Como você acha que o ingerimos? Será que é como fragmentos minúsculos de limalha?
2. Dizem que feijão tem muito ferro. De que forma o ferro está no feijão, na couve, nos brócolis?
3. Dizem que é bom cozinhar feijão em panelas de ferro ou deixá-lo cozinhar com um prego de ferro. O que você acha que acontece com o ferro para que ele seja incorporado ao nosso organismo?
4. Você usaria panelas ou utensílios enferrujados? Por quê?

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Leitura

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 11, maio 2000. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo define o que são pilhas e baterias, apresentando o funcionamento das que mais frequentemente aparecem no dia a dia dos brasileiros.

FRAGAL, V. H. et al. Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais. *Química Nova na Escola*. São Paulo, vol. 33, n. 4, nov. 2011. Disponível em: http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc33_4/216-RSA-8910.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo discute os resultados da aplicação de uma sequência didática sobre eletroquímica que contempla a problematização e a experimentação investigativa a alunos do Ensino Médio. Os resultados mostram o crescimento das pessoas envolvidas – professores, licenciandos e estudantes do Ensino Médio – em termos de compreensão dos conceitos científicos abordados.

HIOKA, N. et al. Pilhas de Cu/Mg construídas com material de fácil obtenção. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 11, maio 2000. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc11/v11a09.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo relata a construção de pilhas à base dos metais cobre e magnésio, para operar pequenos equipamentos eletrônicos, com vantajosa substituição da fita de magnésio por um bastão composto deste metal, utilizado em oficinas de conserto das chamadas “rodas de magnésio”.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. Os botões de Napoleão: as 17

moléculas que mudaram a história de A. Borges. Rio de Janeiro: Zahar, 2006.

Neste livro são apresentadas a história e as aplicações de 17 moléculas importantes para a história da humanidade, incluindo a vitamina C.

LUTFI, M. *Os ferrados e os cromados – Produção social e apropriação privada do conhecimento químico*. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2013.

Neste livro, são abordados alguns aspectos da produção industrial, para além do desenvolvimento tecnológico.

MENDONÇA, R. J.; CAMPOS, A. F.; JÓFILI, Z. M. S. O conceito de oxidação-redução nos livros didáticos de Química orgânica do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 20, nov. 2004. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc20/v20a08.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Considerando o livro didático como um recurso bastante utilizado como mediador no processo ensino-aprendizagem e a relevância do conceito de oxirredução para o entendimento de diversos fatos da Química, este artigo investigou como o conceito de oxirredução é abordado nos livros de Química orgânica do Ensino Médio.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 19, maio 2004. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc19/a04.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Neste artigo foram abordados os principais aspectos da corrosão e alguns métodos de prevenção.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. Sistemas experimentais para o estudo da corrosão em metais. *Química Nova na Escola*. São Paulo, vol. 33, n. 1, fevereiro de 2011. Disponível em: http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc33_1/08-EQ6810.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

Neste artigo são apresentados experimentos simples que empregam material de baixo custo para o estudo da corrosão em metais. Esses experimentos não demandam um laboratório para sua utilização.

OKI, M. C. M. A eletricidade e a Química. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 12, nov. 2000. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc12/v12a08.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo destaca a importância da energia elétrica no desenvolvimento das sociedades humanas e nas suas relações, exaltando uma maior aproximação entre a Química e a Física.

PALMA, M. H. C.; TIERA, V. A. de O. Oxidação de metais. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 18, nov. 2003. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc18/A12.PDF>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo relata um experimento simples realizado com material de fácil aquisição e usado para ilustrar o fenômeno da oxidação dos metais.

SANJUAN, M. E. C. et al. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 31, ago. 2009. Disponível em: http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc31_3/07-RSA-2008.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo busca discutir o processo de construção e implementação de uma unidade didática sobre eletroquímica, usando como tema central o fenômeno da maresia, em duas escolas de Ensino Médio.

SARTORI, E. R.; BATISTA, E. F.; FATIBELLO-FILHO, O. Escurecimento e limpeza de objetos de prata – um experimento simples e de fácil execução envolvendo reações de oxidação-redução. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 30, nov. 2008. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc30/11-EQ-4407.pdf>. Acesso em 30 ago. 2020.

Neste artigo, é descrito um experimento simples e de fácil execução envolvendo reações de oxirredução de escurecimento e limpeza de objetos de prata, como brinco e fio de prata enrolado.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 11, maio 2000. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/>

qnesc11/v11a08.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo apresenta o contexto da invenção da pilha elétrica no final do século XVIII por Alessandro Volta, incluindo sua célebre controvérsia com Luigi Galvani.

VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 15, maio de 2002. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Este artigo define o que são as células a combustível, discute de forma resumida os princípios que determinam o seu funcionamento e apresenta alguns dos mais recentes progressos nas suas aplicações.

WARTHA, E. J. et al. A maresia no ensino de Química. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 26, nov. 2007. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc26/v26a05.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Neste trabalho são apresentadas algumas ideias e sugestões de abordagem do tema “eletroquímica”, mais especificamente da corrosão de metais em regiões litorâneas afetadas pela maresia, que podem ser abordadas no ensino de Química tanto para o Ensino Médio como no ensino superior.

Páginas de internet

A corrosão de aço carbono, alumínio, cobre e magnésio

Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/19708/corrosaoacocarbono.pdf>.

Neste endereço você vai ter acesso a um guia de um experimento sobre o processo de corrosão dos metais: as condições para que tal ação ocorra, os interferentes e as reações químicas do processo.

• Eletrólise

Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/17923/eletrolise.gif>.

Neste endereço você vai ter acesso a uma simulação que aborda a eletrólise do ácido sulfúrico.

Acesso em: 30 ago. 2020.

Vídeos

• Reações de oxirredução

Manual do Mundo – Alquimia: o cobre que vira prata e ouro – SuperQUÍMICA #26

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Kx570FbQWW4>.

Neste vídeo observamos como recobrir uma moeda de cobre com zinco metálico e depois obter uma liga metálica – o latão.

Manual do Mundo – Machado filosofal: transmutação instantânea em cobre – SuperQUÍMICA #29

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0hiwRN3fEf8>.

Neste vídeo um machado de ferro é recoberto por cobre por meio de uma reação de oxirredução.

• Pilhas

Manual do Mundo – A bateria mais simples do mundo: bateria de forminha de gelo

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=19YS4KuiK_w.

Uma bateria simples que gera 9,6 V foi construída usando uma forminha de gelo.

Manual do Mundo – Bateria de latinha de alumínio (EXPERIÊNCIA DE QUÍMICA)

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=T355v2v0SK8>.

Neste vídeo é construída uma bateria utilizando latinhas de alumínio.

Pontociência – Conhecendo o interior de uma bateria

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UkVZ>

tRfj4O0.

Quando pilhas são ligadas em série obtemos uma bateria – esta é a ideia mostrada neste vídeo.

Pontociência – Entendendo uma bateria

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4jpaW4Jj2mU>.

Neste vídeo é mostrado o funcionamento de uma bateria de chumbo e ácido como as utilizadas em veículos.

Pontociência – Pilhas (Brinca Ciência)

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Dz1ffY2EUqk>.

Neste vídeo é construída uma pilha simples com placas de cobre e zinco com potencial suficiente para acender um LED.

Pontociência – Pilha de Daniell

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=8Qxu_Pq8Ms.

Neste vídeo você vai ter acesso a um vídeo que mostra a construção de uma pilha de Daniell e duas delas ligadas em série.

Pontociência – Pilha de densidade

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=f1u7MqP_cRs.

Neste vídeo, temos uma pilha em que os dois eletrodos estão no mesmo recipiente e o que possibilita o funcionamento da pilha é a diferença de densidade das soluções adicionadas.

Pontociência – Pilha de refrigerante

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GaZF19OokLs>.

Neste vídeo foi construída uma pilha de refrigerante que faz funcionar um LED e um relógio.

Pontociência – Pilha de zinco e magnésio

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=M9IIPs3vUGY>.

Na pilha construída neste vídeo, o zinco atua como cátodo e o magnésio como ânodo.

Pontociência – Trator movido a eletricidade

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WTik7ust16c>.

Neste vídeo um trator de brinquedo é movido utilizando-se uma pilha de Daniell de cobre e magnésio.

• Eletrólise

Manual do Mundo – Bolhas explosivas – Eletrólise da água

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jmVchFkHo4M>.

Neste vídeo podemos observar a eletrólise da água.

Manual do Mundo – Turbilhão elétrico colorido – Lindo demais! SuperQUÍMICA #30

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lck6Y6vlWmw>.

Neste vídeo é feita a eletrólise da água em presença de azul de bromotímol e campo magnético gerado por ímãs.

Manual do Mundo – De onde vem o alumínio?

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EirrzjJAf8Y>.

O processo de produção de alumínio metálico a partir da bauxita é exibido neste vídeo.

Pontociência – Eletrólise por 5 centavos

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=943QOUYuWRE>.

Neste vídeo podemos observar a deposição de zinco metálico sobre uma moeda de cobre por meio do processo de eletrólise.

Acesso em: 30 ago. 2020.

ISBN: 978-65-5763-007-5

A standard linear barcode representing the ISBN number 978-65-5763-007-5.

9 786557 630075